

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFILADORA DE RODILLOS DE
CUATRO ESTACIONES PARA LÁMINAS DE ACERO GALVANIZADO
HASTA 0.9 mm DE ESPESOR Y 96 mm DE ANCHO**

AUTORES:

KLEBER ORLANDO AGUILAR NASIMBA

JUAN HUMBERTO PAREDES PILLIZA

DIRECTOR:

LUIS JUIÑA

Quito, mayo de 2015

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

Nosotros, Kleber Orlando Aguilar Nasimba y Juan Humberto Paredes Pilliza autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Kleber Orlando Aguilar Nasimba

CC. 171718778-3

Juan Humberto Paredes Pilliza

CC. 171323297-1

Certifico que el presente
trabajo de tesis ha sido
realizado en forma total
por los Señores:

Kleber Orlando Aguilar Nasimba
Juan Humberto Paredes Pilliza

Ing. Luis Juiña

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.

Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre me han apoyado y me han brindado todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo.

Kleber Orlando Aguilar Nasimba

DEDICATORIA

Dedico a Dios, mis padres y a mis hermanos, pilares fundamentales en mi vida quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera.

Que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba. A mis sobrinos por llenarme de alegría cada día de mi vida.

A todos ustedes los amo.

Juan Humberto Paredes Pilliza

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, institución que nos brindó la oportunidad de realizar los estudios de Ingeniería y de la cual siempre hemos recibido el apoyo incondicional tanto de autoridades como de catedráticos y compañeros.

Especial mención al Director de la tesis Ing. Luis Juiña, por el apoyo que ha dedicado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas que ha facilitado que la misma llegue a su culminación.

Kleber y Juan.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| CONFORMADO | 2 |
| Definiciones | 2 |
| 1.2 Factores que intervienen en el conformado. | 3 |
| 1.2.1 La temperatura en el conformado | 3 |
| 1.2.2 Conformado en frío | 3 |
| 1.2.3 Fricción | 4 |
| 1.2.4 Recuperación elástica..... | 4 |
| 1.3 Proceso de perfilado. | 5 |
| 1.3.1 Concepto | 5 |
| 1.3.2 La velocidad de deformación durante el conformado..... | 6 |
| a) Velocidad angular del rodillo..... | 6 |
| b) Velocidad | 7 |
| 1.3.3 Fuerzas que actúan en el perfilado | 7 |
| a) Fuerza de perfilado..... | 7 |
| b) Presión máxima de contacto entre dos elementos cilíndricos..... | 7 |
| 8d) Fuerzas tangencial que ejerce el rodillo..... | 8 |
| e) Torque de rodillos. | 9 |
| 1.4 Máquina perfiladora | 9 |
| 1.4.1 Concepto | 9 |
| 1.4.2 Elementos de la máquina. | 10 |
| a) Base o bancada..... | 10 |
| b) Soporte | 10 |
| c) Rodillos | 11 |
| d) Placa móvil | 12 |
| 1.5 Estructura | 13 |
| 1.5.1 Concepto | 13 |
| 1.5.2 Factores de diseño estructural | 13 |
| a) Cálculo estructural | 13 |

| | |
|--|-----------|
| b) Tipos de cargas | 14 |
| c) Cargas estáticas | 14 |
| d) Cargas dinámicas | 15 |
| 1.6 Uniones | 16 |
| 1.6.1 Concepto | 16 |
| 1.6.2 Tipos de uniones. | 16 |
| a) Desmontables | 16 |
| b) Fijas o no desmontables | 17 |
| 1.7 Soldadura | 18 |
| 1.7.1 Concepto | 18 |
| 1.7.2 Tipos de soldaduras | 18 |
| a) Soldadura de cordón..... | 18 |
| b) Soldadura ondeada..... | 18 |
| c) Soldadura de ranura | 19 |
| d) Soldadura de filete | 19 |
| 1.7.3 Resistencia de las soldaduras | 20 |
| 1.7.4 Ventajas de la soldadura..... | 21 |
| CAPÍTULO II | 22 |
| 2 DISEÑO DE ELEMENTOS | 22 |
| 2.1 Método de diseño | 22 |
| 2.1.1 Esfuerzo: | 22 |
| 2.1.2 Tensión..... | 23 |
| 2.1.3 Compresión. | 24 |
| 2.1.4 Flexión. | 24 |
| 2.1.5 Torsión | 25 |
| 2.2 Sistema motriz..... | 26 |
| 2.2.1 Concepto | 26 |
| 2.2.2 Tren de engranajes | 27 |
| a)Tren de engranajes de ejes fijos | 27 |
| 2.2.3 Transmisión por cadena | 28 |
| a) Potencia de trabajo en ejes | 30 |
| 2.2.3.2 Potencia para selección del motor..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.3.2.1 Potencia de entrada | 30 |
| 2.2.3.3 Cálculo de distancia entre centros..... | 31 |
| 2.2.3.3.1 Número de pasos Cp. | 31 |
| 2.2.3.3.2 Longitud de la cadena. | 32 |
| 2.2.3.3.3 Diámetro exterior del piñón | 32 |
| 2.2.3.3.4 Diámetro primitivo del piñón..... | 33 |
| 2.2.3.3.5 Espesor de piñón | 33 |
| 2.2.3.3.6 Diámetro interior del piñón..... | 33 |
| 2.2.3.3.7 Radio del diente de piñón..... | 33 |
| 2.4 Rodamientos..... | 34 |
| 2.4.1 Concepto | 34 |
| a) Soporte de ejes | 34 |
| b) Soporte de árboles..... | 34 |
| CAPÍTULO III..... | 35 |
| CÁLCULO DE DISEÑO..... | 35 |
| 3.1 Introducción | 36 |
| 3.1.1 Cálculo pesos de los rodillos..... | 36 |
| 3.1.2 Sistema geométrico de conformado..... | 38 |
| 3.2 Fuerzas actuantes para el proceso de perfilado | 40 |
| 3.2.1 Fuerza de doblado | 40 |
| a) Fuerza de doblado lateral | 42 |
| 3.2.2 Cálculo de fuerzas de contacto..... | 44 |
| 3.2.3 Cálculo de presión máxima..... | 46 |
| 3.2.4 Cálculo de fuerza máxima..... | 47 |
| 3.2.5 Fuerza de rozamiento | 48 |
| 3.2.6 Determinación del diámetro exterior máximo del fleje | 49 |
| 3.2.7 Fuerza máxima de arrastre | 51 |
| 3.2.8 Velocidad lineal del acero galvanizado..... | 52 |
| 3.2.9 Cálculo de volumen del material..... | 52 |
| 3.3 Velocidad angular del rodillo..... | 52 |
| 3.3.1 Diseño de rodillos | 54 |
| a) Inercia de un eje redondo macizo | 54 |

| | |
|--|----|
| b) Mitad del diámetro del rodillo | 54 |
| c) Distancia entre centros de ejes | 54 |
| d) Fuerza del cilindro | 55 |
| Comprobación en inventor | 57 |
| 3.3.1.2 Cálculo de torque del rodillo..... | 57 |
| 3.3.1.3 Cálculo de potencia del rodillo | 58 |
| 3.4 Potencia de selección del motor..... | 59 |
| 3.5 Diseño de sistema de transmisión | 61 |
| 3.5.1 Características del motor reductor | 61 |
| 3.5.2 Cálculo de relación de transmisión $Z2/Z1$ | 62 |
| 3.5.2.1 Diseño y selección de engranajes..... | 63 |
| 3.5.2.2 Par de fuerza transmitida del diente..... | 65 |
| 3.5.2.3 Esfuerzo ejercido sobre el diente | 64 |
| 3.5.2.4 Esfuerzo de flexión del diente..... | 66 |
| 3.5.3 Cálculo de la velocidad de cadena | 67 |
| 3.5.4 Número de pasos de la cadena (NP) | 69 |
| 3.5.5 Longitud de la cadena | 69 |
| 3.6 Diseño del eje de los rodillos | 71 |
| 3.6.1 Diagrama de cuerpo libre del eje | 72 |
| 3.6.1.2 Cálculo de la deflexión del eje..... | 77 |
| 3.7 Selección de rodamientos..... | 78 |
| 3.7.1 Análisis previo: | 79 |
| 3.7.2 Tiempo de vida del rodamiento..... | 79 |
| 3.7.3 Cálculo de carga básica dinámica | 79 |
| 3.7.3.1 Carga básica estática | 81 |
| 3.8 Cálculo de chavetas..... | 82 |
| 3.8.1 Comprobación de resistencia de la chaveta | 84 |
| 3.9 Análisis estructural..... | 86 |
| 3.9.1 Comportamiento estructural..... | 87 |
| 3.9.2 Estado de cargas de los soporte de ejes..... | 89 |
| 3.9.3 Diseño soporte móvil | 88 |
| 3.9.4 Diseño de soporte fijo | 91 |

| | |
|--|------------|
| a) Desplazamiento | 93 |
| 3.10 Diseño de la bancada..... | 94 |
| 3.10.1 Diseño de la placa | 98 |
| 3.11 Diseño de los resortes..... | 101 |
| 3.11.1 Índice del resorte | 102 |
| 3.11.2 Selección de material del resorte | 103 |
| 3.12 Diseño de pernos | 105 |
| 3.12.1 Fuerza precarga | 106 |
| 3.12.2 Resistencia a cortante | 107 |
| 3.13 Diseño por soldadura..... | 108 |
| 3.13.1 Análisis de soldadura | 108 |
| 3.13.1.1 Características del electrodo escogido | 109 |
| CAPITULO IV | 113 |
| CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA | 103 |
| 4.1. Construcción de rodillos y ejes..... | 113 |
| 4.2. Construcción de soportes fijos y móviles..... | 114 |
| 4.3. Construcción de la estructura..... | 116 |
| 4.4. Construcción de elementos sistema motriz..... | 116 |
| 4.5. Montaje general de los elementos de la máquina..... | 117 |
| CAPÍTULO V | 120 |
| COSTOS ESTIMADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PERFILADORA | 120 |
| 5.1.- Introducción | 120 |
| 5.2 Análisis de costos directos. | 120 |
| 5.2.1 Costos de materia prima..... | 121 |
| 5.2.2 Costos de elementos por catálogo. | 122 |
| 5.2.3 Costo de construcción. | 123 |
| 5.2.4 Costos directo total..... | 124 |
| 5.3 Análisis de costos indirectos. | 125 |
| 5.3.1 Costo de materiales indirectos. | 126 |
| 5.3.2 Costo de diseño. | 126 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 5.3.3 Gastos indirectos..... | 127 |
| 5.3.4 Costo total indirecto..... | 127 |
| 5.4 Costo total de la máquina..... | 127 |
| CONCLUSIONES..... | 128 |
| RECOMENDACIONES..... | 129 |
| LISTA DE REFERENCIAS..... | 130 |
| ANEXOS..... | 132 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Curva de Esfuerzo vs Deformación de acero dúctil..... | 2 |
| Figura 2 Tensión vs Deformación..... | 5 |
| Figura 3 Flor de perfilado para la obtención de un perfil en C..... | 5 |
| Figura 4 Proceso de perfilado | 9 |
| Figura 5 Base | 10 |
| Figura 6 Soporte..... | 11 |
| Figura 7 Rodillos..... | 11 |
| Figura 8 Placa móvil | 12 |
| Figura 9 Esquema de fuerzas y momentos..... | 14 |
| Figura 10 Esquema de deflexión..... | 15 |
| Figura 11 Tornillo y tuerca | 16 |
| Figura 12 Esfuerzo del perno | 17 |
| Figura 13 Soldadura de cordón | 18 |
| Figura 14 Soldadura ondeada..... | 19 |
| Figura 15 Soldadura de ranura | 19 |
| Figura 16 Soldadura de filete | 20 |
| Figura 17 Cordón de la soldadura | 20 |
| Figura 18 Gráfica de tensiones de un cuerpo..... | 23 |
| Figura 19 Gráfica de tensiones de un cuerpo..... | 24 |
| Figura 20 Diagrama de fuerzas y momentos..... | 25 |
| Figura 21 Esfuerzo de torsión | 26 |
| Figura 22 Tren de engranajes de ejes fijos..... | 28 |
| Figura 23 Transmisión por cadena..... | 29 |
| Figura 24 Partes de una transmisión por cadena..... | 29 |
| Figura 25 Partes principales de un piñón | 29 |
| Figura 26 Partes de un rodamiento..... | 29 |
| Figura 27 Paso 1 del rodillo | 29 |
| Figura 28 Paso 2 del rodillo | 29 |
| Figura 29 Paso 3 del rodillo | 29 |
| Figura 30 Paso 4 del rodillo | 40 |
| Figura 31 Fuerza paso 1 | 41 |
| Figura 32 Fuerza paso 2 | 41 |
| Figura 33 Fuerza paso 3 | 42 |
| Figura 34 Fuerza paso 4 | 43 |
| Figura 35 Fuerzas de contacto..... | 44 |
| Figura 36 Fuerza de rozamiento..... | 48 |
| Figura 37 Diametro exterior del eje | 50 |
| Figura 38 Rodillo con todas sus medidas..... | 56 |

| | |
|--|-----|
| Figura 39 Comprobación de Inventor/tabla de resultados | 57 |
| Figura 40 Motor VS Transmisión | 59 |
| Figura 41 Motor reductor | 61 |
| Figura 42 Analisis de transmisión..... | 63 |
| Figura 43 Analisis de transmisión..... | 65 |
| Figura 44 Esfuerzo del diente | 65 |
| Figura 45 Diagrama de cargas..... | 71 |
| Figura 46 Diagrama de cuerpo libre del eje | 72 |
| Figura 47 Diagrama de momentos | 73 |
| Figura 48 Inercias..... | 74 |
| Figura 49 Diseño del eje | 76 |
| Figura 50 Deflexión del eje..... | 77 |
| Figura 51 Lugar de rodamientos | 78 |
| Figura 52 Chavetas..... | 82 |
| Figura 53 Esquema de chavetas | 83 |
| Figura 54 Esquema de la mesa..... | 86 |
| Figura 55 Diseño de soportes | 87 |
| Figura 56 Soporte móvil | 88 |
| Figura 57 Área de corte del soporte móvil..... | 89 |
| Figura 58 Distancia en corte soporte móvil | 90 |
| Figura 59 Análisis de fuerza máxima en el soporte movil(Inventor)..... | 90 |
| Figura 60 Tabla de resultados soporte móvil | 91 |
| Figura 61 Soporte fijo | 91 |
| Figura 62 Medidas del soporte fijo | 93 |
| Figura 63 Análisis de desplazamiento del soporte móvil(Inventor) | 93 |
| Figura 64 Tabla de resultados soporte fijo | 94 |
| Figura 65 Análisis de fuerzas en la bancada | 94 |
| Figura 66 Análisis de diagrama de momentos de la bancada | 95 |
| Figura 67 Análisis de la bancada con carga distribuida..... | 96 |
| Figura 68 Esquema de cargas distribuidas en la placa plana | 98 |
| Figura 69 Diseño de resortes..... | 101 |
| Figura 70 Zona críticas de soldadura | 110 |
| Figura 71 Puntos críticos de soldadura de la bancada(inventor)..... | 112 |
| Figura 72 Resultados de análisis de soldadura críticas en inventor | 112 |
| Figura 73 Forma del rodillo conformador..... | 113 |
| Figura 74 Forma del eje | 114 |
| Figura 75 Forma del soporte fijo..... | 115 |
| Figura 76 Forma del soporte móvil..... | 115 |
| Figura 77 Forma de la estructura de la mesa..... | 116 |
| Figura 78 Elementos del sistema motriz(piñón dentado)..... | 117 |
| Figura 79 Montaje general de la máquina..... | 118 |
| Figura 80 Proceso de perfilado | 119 |

Figura 81 Lámina confomada 119

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Coeficiente de rozamiento | 41 |
| Tabla 2 Transmisión de cadena de rodillos..... | 60 |
| Tabla 3 Factores de corrección k | 63 |
| Tabla 4 Potencia de cadena | 68 |
| Tabla 5 Factores K | 70 |
| Tabla 7 Factores de seguridad n..... | 75 |
| Tabla 8 Propiedades mecánicas (Limite Elástico) | 76 |
| Tabla 9 Valores fl para rodamientos de bolas..... | 79 |
| Tabla 10 Valores Fn para rodamientos de rodillos | 80 |
| Tabla 11 Factor estático | 81 |
| Tabla 12 Tabla de tipos de rodamientos | 82 |
| Tabla 13 Diámetro del eje VS Dimensiones de la chaveta | 83 |
| Tabla 14 Dimensiones de la chaveta..... | 84 |
| Tabla 15 Características del acero 1045..... | 85 |
| Tabla 16 Resistencia mínima a la tensión y fluencia del acero 1045..... | 92 |
| Tabla 17 Tabla de selección de tubos cuadrado..... | 97 |
| Tabla 18 Carga distribuida para placas planas | 99 |
| Tabla 19 Factor de corrección k1 | 100 |
| Tabla 20 Cálculo de espesor de la placa | 101 |
| Tabla 21 Combinaciones diámetro del alambre..... | 102 |
| Tabla 22 Diseño de los resortes | 103 |
| Tabla 23 Resistencia a la tensión del resorte | 104 |
| Tabla 24 Fuerza máxima del resorte | 105 |
| Tabla 25 Grado del perno..... | 108 |
| Tabla 26 Límite elástico del tornillo | 109 |
| Tabla 27 Diámetro del tornillo..... | 109 |
| Tabla 28 Propiedades del material de aporte | 109 |
| Tabla 29 Características del electrodo E-601 | 109 |
| Tabla 30 Carga constante permisible..... | 110 |
| Tabla 31 Costo de materia prima..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 32 Costo por catálogos..... | 121 |
| Tabla 33 Costo de cosntrucción..... | 121 |
| Tabla 34 Costo directo total..... | 121 |
| Tabla 35 Materiales indirectos..... | 121 |
| Tabla 36 Costo total indirectos..... | 121 |
| Tabla 37 Costo total de la máquina..... | 121 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1 Tabla de Valores de los coeficientes. | 133 |
| Anexo 2 Tabla de selección de número de dientes catarinas | 134 |
| Anexo 3 Selección paso de la cadena | 134 |
| Anexo 4 Selección de potencia de diseño y velocidad del piñón | 135 |
| Anexo 5 Selección del valor K para la longitud de la cadena..... | 136 |
| Anexo 6 Tabla de Momentos de inercia | 136 |
| Anexo 7 Selección del rodamiento | 137 |
| Anexo 8 Selección de dimensiones de la chaveta..... | 138 |
| Anexo 9 Selección del filete de soldadura | 140 |
| Anexo 10 Selección del material para la soldadura | 141 |
| Anexo 11 Selección del tipo de carga para la soldadura..... | 141 |
| Anexo 12 Facturas..... | 142 |
| Anexo 13 Planos | 156 |

SIMBOLOGÍA

\emptyset_{mayor} = diámetro mayor del rodillo (mm)

\emptyset_{menor} = diámetro menor del rodillo (mm)

V_p = velocidad de producción (perfiles/min)

V_{AG} = velocidad de acero (m/s)

P = peso de los rodillos

V = volumen del rodillo

ρ = densidad del material (kg/m^3)

g = gravedad (m/s^2)

F_d = fuerza de doblado

a = ancho de la lámina o fleje (mm)

e = espesor del fleje (mm)

S_{ut} = resistencia última a la tensión del acero (MPa)

$C_{m1} = C_{m2}$ = constante del material del rodillo

ν = razón de Poisson

E = módulo de elasticidad (Pa)

B = constante del material

R = radios de los rodillos (mm)

a_m = semi ancho de la huella de contacto (mm)

F_d = fuerza de doblado (N)

a = ancho de la lámina o fleje (mm)

P_{max} = presión máxima (Pa)

A = área (mm^2)

F_{max} = fuerza máxima (N)

F_r = fuerza de rozamiento (N)

μ = coeficiente

N = fuerza normal (N)

ar_i = radio interior del fleje real (mm)

r_o = radio exterior del fleje (mm)

ρ = densidad (Kgf/m^3)

r_o^2 = radio exterior del anillo (mm)

r_i^2 = radio interior del anillo (mm)

m = masa (Kgf)

x^2 = distancia de la lámina (mm)

v = velocidad lineal (m/s)

l = largo del material

V = volumen del material (m^3)

e = espesor del material (mm)

w = velocidad angular (rad/s)

n = revoluciones por minuto (rev/min)

d = largo del material (mm)

F_{cl} = fuerza del cilindro (N)

S_y = resistencia a la fluencia (MPa)

I = momento de inercia (mm^4)

C = mitad del diametro del rodillo (mm)

D_c = distancia entre centros de eje a eje (mm)

T = torque (Nmm)

F_{arr} = fuerza de arrastre (N)

P = potencia (HP)

T = torque (Nmm)

P_r = potencia rodillos (HP)

P_e = potencia de entrada (PH)

P_s = potencia de salida (PH)

n_r = rendimiento del reductor

R_{trasm} = relación de transmisión

Z_2 = número de dientes catarina conductor

Z_1 = número de dientes catarina conducida

Z = número de dientes de la catarina

v = velocidad lineal de la cadena (m/s)

p = paso en función del numero de cadena (plg)

s = suma de números de dientes piñon rueda

D = resta de número de dientes piñon rueda

L_p = pasos de la cadena

NP = número de pasos

F_{HY} = fuerza resultante eje horizontal (N)

F_{HX} = fuerza resultante eje vertical (N)

σ_x = esfuerzo a la deflexión del eje

τ = esfuerzo de tensión del eje

f_s = factor de servicio o seguridad

Me = momento máximo del eje (Nm)

f_l = coeficiente dinámico (min)

Cr = carga básica dinámica (N)

Ct = carga total (N)

f_n = factor de velocidad (rpm)

Cor = carga básica estática (N)

f_c = factor de velocidad (N)

r = radio de eje (mm)

σ''' = esfuerzo de tensión (MPa)

F = fuerza aplicada (N)

e = espesor (mm)

S = volumen del material del tubo (plg^3)

y_m = deflexión máxima (mm)

k_1 = factor de corrección

W_d = carga distribuida

R = mayor dimensión de la placa (mm)

E = módulo de elasticidad (MPa)

t = espesor de la placa (mm)

F_M = fuerza precarga

A_s = área o sección resistente del perno

R_p = límite de fluencia del acero

R_m = mayor dimensión de la placa

A_c = área del cordón de soldadura

h = tamaño del cateto (garganta)

l = longitud del cordón (tubo cuadrado)

GLOSARIO

Conformado.- El formado de metales incluye varios procesos de manufactura en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas.

Fluencia.- Es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

Ductilidad.- Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse, permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material

Micro-estructura.- Son los micro componentes que está conformado el acero. Estos son los constituyentes metálicos que pueden presentarse en los aceros al carbono son: ferrita, cementita, perlita, sorbita, troostita, martensita, bainita, y rara vez austenita, aunque nunca como único constituyente. También pueden estar presentes constituyentes no metálicos como óxidos, silicatos, sulfuros y aluminatos.

Recristalización.- Cuando se somete a muy altas temperaturas un metal trabajado en frío previamente, el metal recristalizado tiene una resistencia baja pero una gran ductilidad.

Fuerza.- Es toda acción que tiende a producir o produce un cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo

Flexión.- Es el tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Torsión.- Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes

Tracción.- Es el esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Compresión.- La compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete un material a una fuerza de flexión, cizalladura o torsión, actúan simultáneamente fuerzas de tensión y de compresión.

Pandeo.- Es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Motriz.- Es la capacidad de una o varias partes mecánicas para darle movimiento a un vehículo o partes de una máquina.

Doblado.- Es un proceso de conformado sin separación de material y con deformación plástica utilizado para dar forma a chapas.

Fuerza de rozamiento.- Es una fuerza que aparece cuando hay dos cuerpos en contacto y es una fuerza muy importante cuando se estudia el movimiento de los cuerpos.

Inercia.- Es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimiento, mientras la fuerza sea igual a cero, o la resistencia que opone la materia a modificar su estado de reposo o movimiento.

Torque.- Es la capacidad de una fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto.

Deformación plástica.- Es el cambio de forma que sufre un cuerpo bajo carga, el cual no se elimina al suprimir la carga que lo origina, obteniéndose una deformación permanente.

Rodamiento.- Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

RESUMEN

El presente proyecto se basa en brindar un apoyo didáctico enfocado hacia el laboratorio de sin arranque de viruta de la Universidad Politécnica Salesiana (sede Quito) con la que se podrán realizar ensayos de deformación plástica del material utilizando rodillos.

El objetivo del "Diseño y construcción de una perfiladora de rodillos de cuatro estaciones para láminas de acero galvanizado hasta 0.9 mm de espesor y 96 mm de ancho." Servirá para realizar prácticas con los estudiantes en los temas de procesos de mecanizado sin arranque de viruta, deformación y elasticidad de materiales y poder palpar las bondades del sistema de rodillos para la deformación de planchas y observar cómo se realiza este tipo de trabajo.

En primer lugar se procederá a analizar el marco teórico de la máquina en el que se adquieren los conocimientos generales correspondientes al proceso de conformado por rodillos.

Una vez realizado el análisis anterior se procederá a realizar los cálculos de los diferentes elementos que conforman la máquina perfiladora.

Adicionalmente se desarrollará un plan de mantenimiento para el correcto funcionamiento de la perfiladora.

ABSTRACT

This project is based on providing educational support focused laboratory without chip Salesiana Polytechnic University (home Quito) with which you can perform tests of plastic deformation of the material using rollers.

The aim of "Design and construction of a profiling roller four seasons for galvanized steel sheets up to 0.9 mm thick and 96 mm wide. "Serve for practice with students on issues of machining processes without chip, deformation and elasticity of materials and to feel the benefits of roller system for deformation plate and observe how this kind of work is done.

First we will proceed to analyze the theoretical framework of the machine on which the general knowledge for the roll forming process is acquired. Once the above analysis performed proceeded to perform the calculations of the different elements of the profiling machine.

Additionally a maintenance plan for the proper functioning of the profiling will forming machine.

INTRODUCCIÓN

La construcción de esta maquinaria es importante para garantizar el aprendizaje del comportamiento mecánico tanto de los elementos mecánicos que componen este equipo como el análisis de deformación del material.

Para la realización de este proyecto se propone utilizar el método deductivo e inductivo en el manejo de información pertinente a nuestro tema.

Con la ayuda de esta máquina se complementará los conceptos ya adquiridos en la materia de resistencia de materiales tales como son deformación y elasticidad de elementos sometidos a esfuerzos por medio de rodillos con lo que se va a obtener un concepto más claro sobre los temas tratados en clase.

Con esta máquina en el laboratorio de procesos sin arranque de viruta se va a realizar prácticas en las que se observará como actúan los elementos de transmisión de fuerzas como las catarinas, cadenas y su ayuda a perfilar en frío una lámina de acero galvanizado.

De acuerdo al modelo de la máquina los estudiantes podrán apreciar mediante los software Autodesk Inventor, AutoCAD Mechanical y MDSolid 3.5 como se realiza la comprobación de cálculos del proceso de conformado sin arranque de viruta.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Definiciones

Los procesos de conformado de metales comprenden un amplio grupo de procesos de manufactura, en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar las formas de las piezas metálicas.

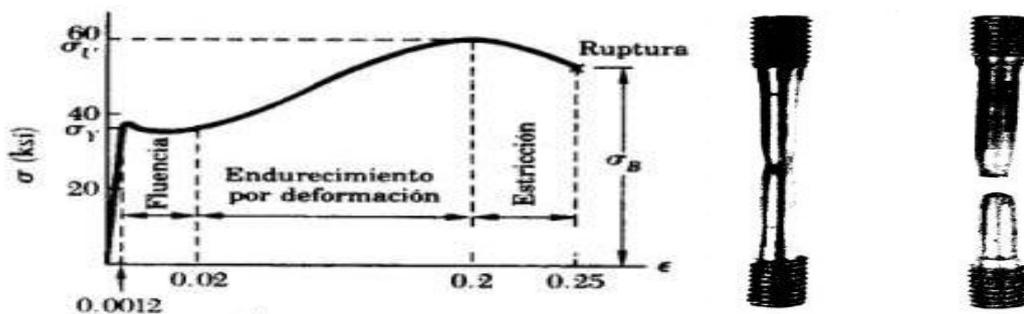
En los procesos de conformado, las herramientas, usualmente dados de conformación, ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que las obligan a tomar la forma de la geometría del dado.

Debido a que los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico, es necesario superar el límite de fluencia para que la deformación sea permanente.

Por lo cual, el material es sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos, estos límites se elevan consumiendo así la ductilidad y provocando la ruptura del acero. (Jimdo, 2012, p 312)

En la figura 1 se puede observar las etapas que se producen cuando se somete a un acero dúctil a diferentes cargas.

Figura 1 Curva de Esfuerzo vs Deformación de acero dúctil.



Fuente: (Osorio, 2004 p. 3,4)

1.2 Factores que intervienen en el conformado.

Los principales factores que intervienen en el conformado mecánico en general son: la temperatura en el conformado, velocidad de deformación durante el conformado, micro-estructura.

Además para el proceso de perfilado se debe tomar en cuenta otros factores, como la fricción y la recuperación elástica.

1.2.1 La temperatura en el conformado

Los dos tipos principales de trabajo mecánico en los cuales el material puede sufrir una deformación plástica y transformarse son trabajos en caliente y trabajos en frío.

El trabajo en caliente de los metales toma lugar por encima de la recristalización o rango de endurecimiento por trabajo.

El trabajo en frío debe hacerse a temperaturas abajo del rango de recristalización y frecuentemente es realizado a temperatura ambiente.

Para el acero, la recristalización permanece alrededor de 500 a 700 °C, aunque la mayoría de los trabajos en caliente del acero se hacen a temperaturas considerablemente arriba de este rango, con lo que no existe tendencia al endurecimiento por trabajo mecánico pues se trabaja con temperaturas menores a las ya mencionadas. (Laminación, 2014 , p. 112)

1.2.2 Conformado en frío

El material conformado en frío, con temperatura de formación no llega a producir cambios en su micro-estructura, lo que se incrementa es la dureza superficial del metal.

Efectos: Proporciona mejor precisión, tolerancias más estrechas, buenos acabados superficiales. Incrementa la resistencia y dureza de la parte deformada del material.

Requiere mayor potencia que el trabajo en caliente para desempeñar las operaciones.

Se debe tener cuidado para asegurar que las superficies de la pieza de trabajo inicial estén libres de incrustaciones y suciedad.

Hay ciertas limitaciones cuando se realizan trabajos en frío como la ductilidad y el endurecimiento por deformación del metal, el trabajo limita la cantidad de conformado que se puede hacer sobre la parte a deformar, en algunos casos se debe recurrir a recocerse el metal.

En la industria se combina los dos procesos aprovechando la ventajas de cada uno; en caliente hay mayor deformación y en frío mejor precisión y mejores acabados superficiales (Fortino, 2011, p 28).

1.2.3 Fricción

El rozamiento aumenta la resistencia y es bastante difícil de cuantificar, constituye uno de los factores más inciertos en las operaciones de conformado.

El valor de las fuerzas de rozamiento depende del material que se trabaja, de la rugosidad, de la lubricación, de la velocidad de deformación y la temperatura. (Saul, 2007, p 88-91)

1.2.4 Recuperación elástica.

Cuando una pieza es sometida a una fuerza de tensión uniaxial, se produce una deformación del metal.

Si el metal vuelve a sus dimensiones originales cuando la fuerza es suspendida, se dice que el metal ha experimentado una deformación elástica.

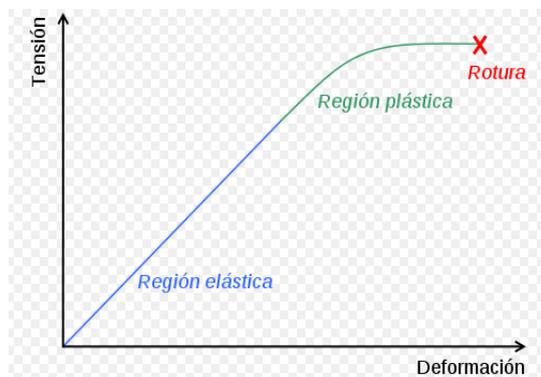
En materiales dúctiles, al realizar el proceso de conformado, se toma en cuenta la recuperación elástica del material, para obtener la dimensión final.

Sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que existe un límite, llamado límite elástico donde al desaparecer la carga quedan deformaciones remanentes y el cuerpo no vuelve exactamente a su forma.

Es decir, aparecen deformaciones no reversibles. (Krieg, 1980, p. 3)

En la figura 2 se muestra las regiones elástica y plástica de un acero dúctil.

Figura 2 Tensión vs Deformación



Fuente. (Krieg, 1980, p. 3)

1.3 Proceso de perfilado.

1.3.1 Concepto

El perfilado es un proceso de conformado por deformación plástica, que consiste en una operación de plegado que se realiza de forma gradual en sucesivas estaciones, en cada una de las cuales tiene lugar una pasada, operación o etapa de dicho conformado.

De este modo, la sección transversal de la chapa se va aproximando, etapa a etapa al perfil a obtener.

El diagrama que se muestra en la figura 3 contiene las secciones transversales correspondientes a todas las estaciones de un determinado proceso de perfilado que se denomina flor y es uno de los puntos clave a la hora de diseñarlo.

Figura 3 Flor de perfilado para la obtención de un perfil en C.



Fuente (Fernández, 2010, p. 3)

Las herramientas de perfilado son diferentes rodillos divididos entre las estaciones que componen el proceso.

En cada una de ellas, el contorno de los mismos reproduce la sección que la chapa debe adoptar al final de esa etapa.

Además, el giro de los rodillos se encuentra accionado, por lo que mediante rozamiento o fricción hacen avanzar a la chapa de estación en estación.

Para facilitar la fabricación de las herramientas y su montaje en las estaciones, los rodillos de cada etapa están distribuidos en diferentes ejes.

En el caso más habitual existen dos ejes horizontales (ejes superior e inferior), pero en ocasiones se añaden ejes verticales (ejes laterales) o incluso ejes en otras direcciones (ejes accesorios) para facilitar el conformado. (Fernández, 2010, p. 3)

1.3.2 La velocidad de deformación durante el conformado

La velocidad de deformación tiene poca influencia en los procesos de conformación, a menos que se realizan a grandes velocidades, ya que pueden aparecer regiones de deformación no uniforme. (Arias, 2013 p. 66)

Si la velocidad de deformación es grande puede dar lugar a que se produzcan regiones de deformaciones no uniformes o marcas de deformación, las mismas que podrían ser eliminadas al disminuirse esta velocidad.

Las fórmulas básicas para este cálculo son:

a) Velocidad angular del rodillo.

$$w = \frac{v}{r} \qquad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

w = velocidad angular.

v = velocidad lineal.

r = radio del rodillo.

b) Velocidad

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

V = velocidad

d = es la distancia recorrida en milímetros.

t = es el tiempo en segundos. (Figueroa, 2010, p. 34)

1.3.3 Fuerzas que actúan en el perfilado

Durante la operación, las fibras externas del material están en tensión, mientras que las interiores están en compresión. El conformado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica.

a) Fuerza de perfilado

La fuerza de perfilado requerida para mantener la separación entre los rodillos y la lámina se puede calcular con la ecuación número 1.3 en donde como datos es necesario saber el ancho de la lámina, su espesor y su resistencia a la tensión. (Tandazo, 2008, p.40)

$$F_d = \frac{S_{ut} \cdot a \cdot e}{3} \quad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

F_d = fuerza de doblado

a = ancho de la lámina o fleje

e = espesor del fleje

$S_{ut} = 31.6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ resistencia última a la tensión del acero

b) Presión máxima de contacto entre dos elementos cilíndricos.

$$P_{\text{max contacto}} = \frac{4F}{\pi wb} = \sqrt{\frac{F}{b\pi} \frac{(1/r_1 \pm 1/2)}{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}} \quad \text{Ec. 1.4}$$

ν_1^2 y ν_2^2 = Relación de Poisson e los rodillos de menor a mayor respectivamente.

E_1 y E_2 = son los módulos de elasticidad del material de menor a mayor respectivamente.

F = fuerza de compresión.

P max contacto = presión máxima.

w = ancho del rodillo.

b = largo del rodillo.

r = radio

c) Fuerzas de rozamiento

$$F_r = \mu N \quad \text{Ec. 1.5}$$

Nomenclatura para calcular la fuerza de rozamiento.

F_r = fuerza de rozamiento

N = fuerza normal

μ = coeficiente de rozamiento

d) Fuerzas tangencial que ejerce el rodillo.

$$F_t = \mu^* F_r \quad \text{Ec. 1.6}$$

F_t = fuerza tangencial.

u = coeficiente de rozamiento.

F_r = fuerza radial.

e) Torque de rodillos.

$$T = F_t * r \quad \text{Ec. 1.7}$$

T = torque

F_t = fuerza tangencial.

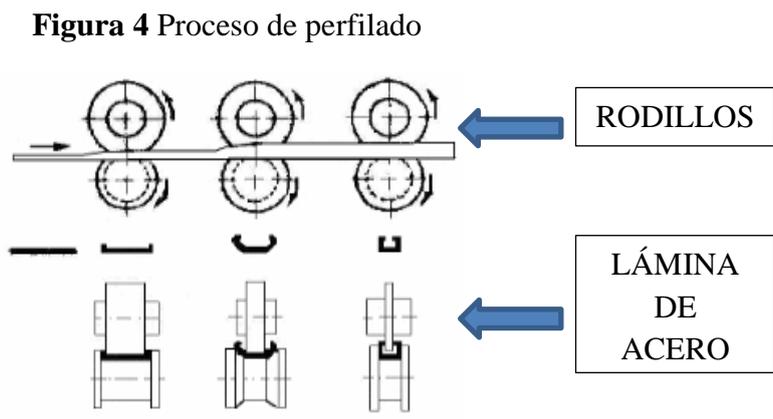
r = radio del rodillo. (Figueroa, Figueroa, 2010, p. 41)

1.4 Máquina perfiladora

1.4.1 Introducción

Es un proceso de conformado mecánico por arranque de viruta en frío, que consiste en fabricar perfiles de longitud considerable por medio de curvado o doblado de tiras de láminas metálicas. (Fortino, 2011, p 28)

En la figura 4 se muestra el proceso de perfilado realizado por rodillos a una lámina de acero.



Fuente (Fortino, 2011, p 28)

1.4.2 Elementos de la máquina.

a) Base o Bancada

Es el soporte de todo el equipo, que le da cuerpo y forma a la máquina, debe ser lo suficientemente rígida y estable para facilitar su operación; además debe evitar que los elementos que sobre ella están sufran algún daño si se produce una caída.

Sobre la misma se montan los rodillos y demás mecanismos.

En la figura 5 se muestra el tipo de base que se va utilizar para la construcción de la bancada.

Figura 5 Base



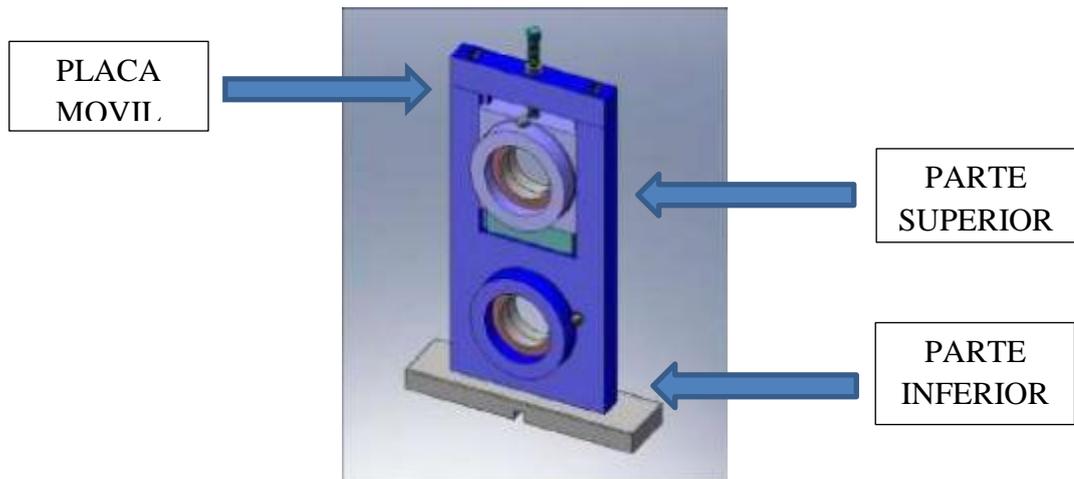
Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

b) Soporte

Es el elemento donde van asentados los ejes de los rodillos, tanto superior como inferior, en la parte inferior tiene acoplado el rodamiento que permita girar el rodillo, mientras que en la parte superior tiene una forma de riel donde van montados la placa móvil para el rodillo superior. (Fortino, 2011, p 28)

En la figura 6 se muestran las partes donde se alojaron los ejes que conducen los rodillos.

Figura 6 Soporte



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

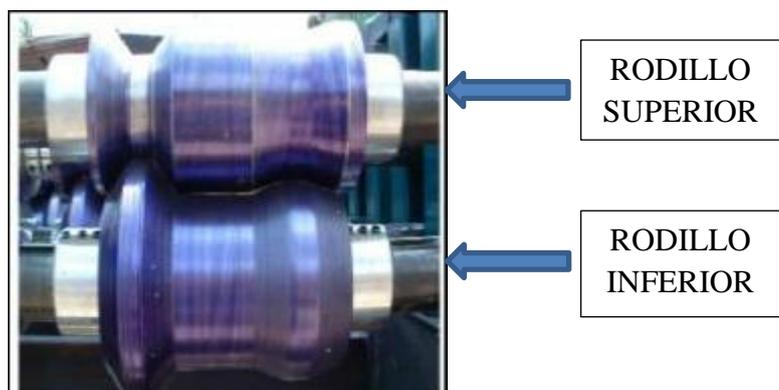
c) Rodillos

Estos son la parte fundamental de la máquina ya que son los encargados de deformar plásticamente el material a perfilar.

Para su funcionamiento actúan dos rodillos que pueden ser de una o de varias etapas, esto depende el perfil que se desea conformar (Fortino, Reyes, 2011, p27).

En la figura 7 se muestra tanto el rodillo superior como el inferior, acoplados y listo para realizar el perfilado.

Figura 7 Rodillos



Fuente (Fortino, Reyes, 2011, p27)

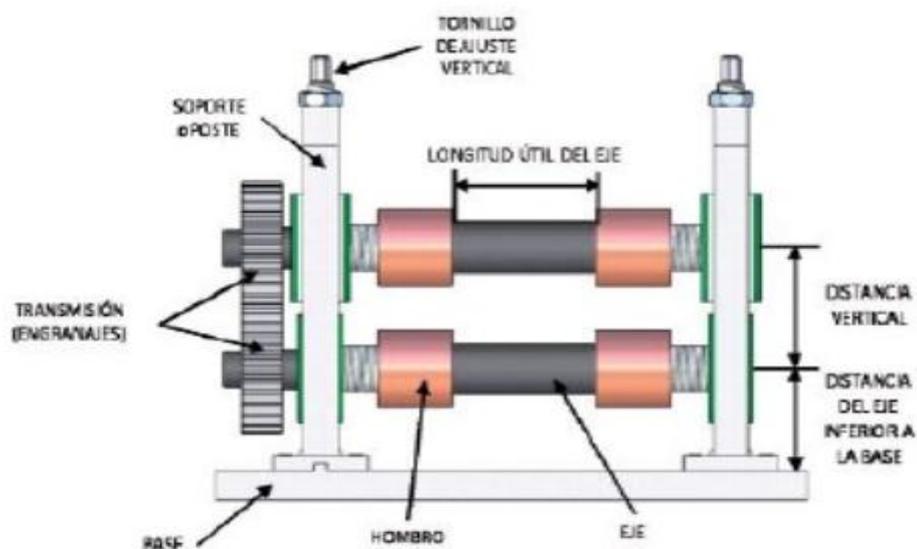
d) Placa móvil

En la placa móvil se encuentran los rodillos y sus ejes superior e inferior, los que necesitan cumplir con algunas características en su diseño, tales como:

- Número de pasadas disponibles.
- Distancia entre estaciones o distancia entre centros horizontales.
- Distancia entre los ejes superior e inferior de una misma estación o distancia vertical.
- Distancia entre el eje inferior y la base de la máquina.
- Longitud útil de los ejes o espacio para rodillos.
- Relación de transmisión entre los ejes superior e inferior, si existe la posibilidad de accionar el superior. La velocidad de rotación de los rodillos superiores puede ser la misma o menor que la de los inferiores. Además, también son relevantes el diámetro de los ejes y las dimensiones de los chaveteros que transmiten la potencia de los ejes a los rodillos. (Fortino, 2011, p 28)

En la figura 8 se muestran las partes que integran la placa móvil.

Figura 8 Placa móvil



Fuente (Fortino, 2011, p 28)

1.5 Estructura

1.5.1 Concepto

”Definen a los cuerpos capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a otra. Por ello la función de una estructura consiste en transmitir las fuerzas de un punto a otro en el espacio, resistiendo a su aplicación sin perder la estabilidad.” (Gómez Lera, Torroja,1992 p.324)

1.5.2 Factores de diseño estructural

a) Cálculo estructural

Son los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizarán los cálculos de ingeniería que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción, en la cual se describen los cálculos y los procedimientos que se llevaran a cabo para determinar las secciones de los elementos estructurales.

Así mismo se determinan mediante las especificaciones ASD y LRFD

a) ASD

Especificación para construcción de estructuras de acero en base al esfuerzo admisible de diseño, **ASD** (Specification for Structural Steel Buildings-Allowable Stress Design)

b) LRFD

Especificación para construcción de estructuras de acero en base a un factor de carga y resistencia, **LRFD** (Specification for Structural Steel Buildings Load and Resistance Factor Design). (Roger, 1997, p.155-158)

b) Tipos de cargas

El tipo de carga tiene una influencia considerable sobre el comportamiento de la estructura en la cual actúa.

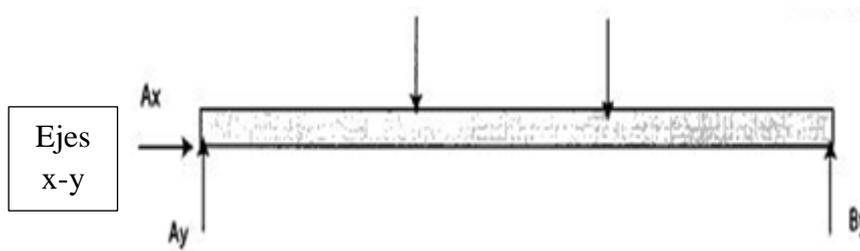
De acuerdo con esta influencia las cargas pueden clasificarse en estáticas, dinámicas.

- Cargas estáticas

Las cargas estáticas son aquellas que se aplican tan lentamente que el efecto del tiempo puede ignorarse. Todas las estructuras están sometidas a alguna carga estática, por ejemplo, su propio peso. Sin embargo, hay muchas cargas que usualmente se aproximan a cargas estáticas por conveniencia. Las cargas de ocupación y las cargas de viento con frecuencia se suponen estáticas.

En la figura 9 se muestra como se analiza un diagrama de cuerpo libre en un eje o soporte estático.

Figura 9 Esquema de fuerzas y momentos



Fuente: (estática, 2014, p. 3)

Las siguientes fórmulas muestran el análisis previo que se debe realizar para un cuerpo libre en equilibrio.

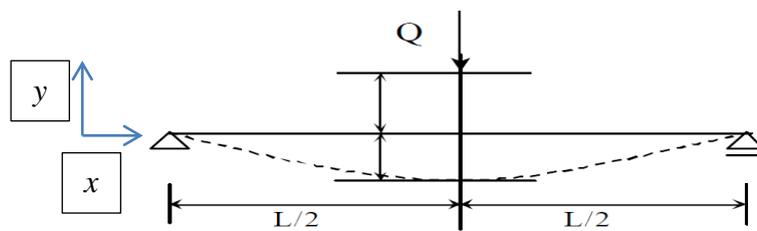
$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0 \quad \text{Ec. 1.8}$$

- **Cargas dinámicas**

Carga que se aplica a una estructura, a menudo acompañada de cambios repentinos de intensidad y posición; bajo la acción de una carga dinámica, la estructura desarrolla fuerzas inerciales y su deformación máxima no coincide necesariamente con la intensidad máxima de la fuerza aplicada.

En la figura 10 se muestra un esquema de deflexión producido por el peso puntual en el centro de la barra.

Figura 10 Esquema de deflexión



Fuente (dinamica, 2006, p. 4)

Su fórmula inicial es:

$$\rho = -\frac{y}{\epsilon} \quad \sigma = -\frac{M}{I} = -\frac{M}{S} \quad \text{Ec. 1.9}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad S = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ec. 1.10}$$

$$\delta = \rho(1 - \cos\theta) \quad \text{Ec. 1.11}$$

σ = esfuerzo de flexión normal

M = momento flector

I = momento de inercia transversal

ρ = radio de la curvatura

S = módulo de sección

ϵ = módulo de la elasticidad

δ = deflexión

Q = peso

y = distancia de curvatura.

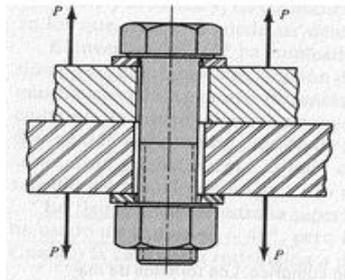
1.6 Uniones

1.6.1 Concepto

Las uniones son aquellas que reúnen varias piezas de manera solidaria y forman con ellas una misma pieza; pero que permiten, en todo momento, la separación de las piezas unidas, mediante una maniobra fácil que no deteriora los elementos.

En la figura 11 se muestra cómo actúan las fuerzas en un tornillo con tuerca.

Figura 11 Tornillo y tuerca



Fuente (Imagen, 2014, p 1)

1.6.2 Tipos de uniones.

Las uniones pueden ser de dos tipos:

a) Desmontables

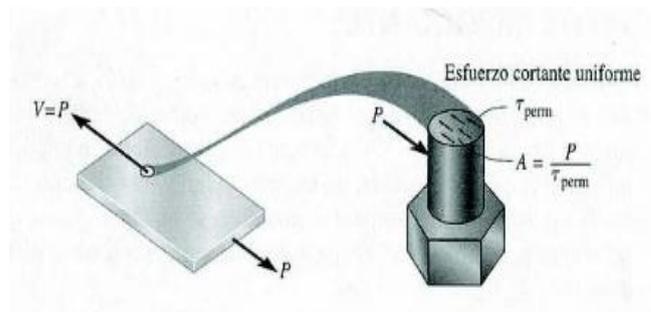
Permiten separar las piezas con facilidad, sin romper el medio de unión ni las propias piezas. Entre las más destacadas están las roscas, chavetas, lengüetas y pasadores.

b) Fijas o no desmontables

Se realizan con piezas cuyo desmontaje no es necesario durante la vida útil de la máquina o estructura o, en otros casos, por seguridad o exigencia del diseño. Para la separación de las piezas necesitamos romper el elemento de unión o, en muchos casos, deteriorar alguna de las piezas. Destacan el roblonado, el remache tubular y los diferentes tipos de soldaduras.

En la figura 12 se muestra análisis gráfico del esfuerzo cortante de un perno.

Figura 12 Esfuerzo del perno



Fuente (hibbeler, 2006, p. 51)

Fórmula para cálculo de tensión en juntas atornilladas:

$$P = \tau_{per} * A \quad \text{Ec. 1.12}$$

Donde:

P = fuerza Inicial de Apriete.

τ_{per} = Tensión Permisible.

A = área nominal de la porción roscada.

1.7 Soldadura

1.7.1 Concepto

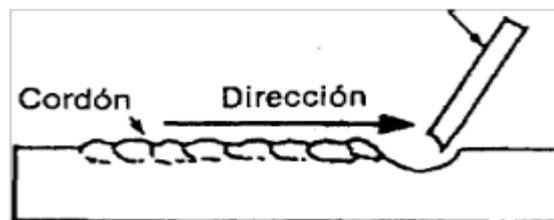
La soldadura es otro sistema para unir piezas de manera fija, de tal modo que no se pueden desarmar o desmontar sus elementos constitutivos. Soldar es unir piezas metálicas de la misma o semejante composición hasta formar una sola pieza, se puede realizar con aportación o adición de un material que suele ser de la misma naturaleza que las piezas a soldar o también sin aportación de material. (soldadura p. , 2014, p. 472)

1.7.2 Tipos de soldaduras

- a) **Soldadura de cordón.-** Se la realiza solamente en una pasada y sin el movimiento del material de aporte hacia los lados. El uso de este tipo de soldadura es limitado para reconstrucción de superficies mas no se usa para juntas.

En la figura 13 se muestra como se realiza la soldadura por cordón.

Figura 13 Soldadura de cordón

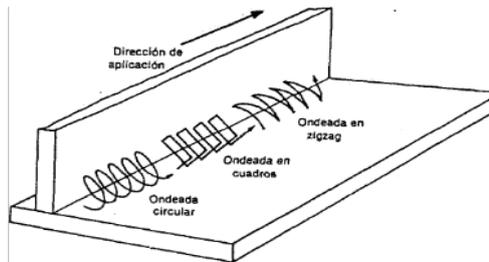


Fuente: (soldadura, 2014, p.36)

- c) **Soldadura ondeada.-** Este tipo de soldadura se la realiza con movimientos laterales del material de aporte, el ancho del cordón depende de la necesidad y es manejado por los movimientos hacia los lados. Su aplicación también se limita a la reconstrucción de superficies.

En la figura 14 se muestra la dirección de la aplicación de la soldadura como lo ondeado de su colocación.

Figura 14 Soldadura ondeada



Fuente (soldadura, 2014, p.36)

- d) **Soldadura de ranura.**- Para soldar con ranura debe dejarse un espacio entre los metales base, hay factores que inciden en el diseño dentro de este tipo de soldadura como son: el ángulo de la ranura, la cara de la ranura y el radio de la ranura.

En la figura 15 se muestra como se realiza la soldadura con ranura.

Figura 15 Soldadura de ranura

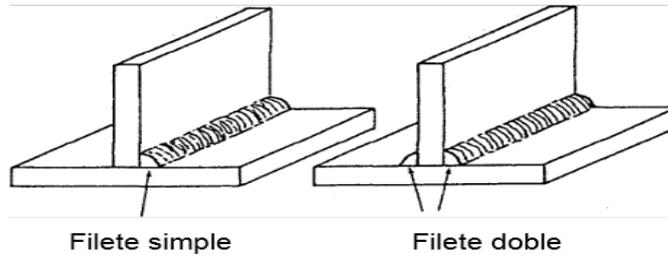


Fuente (soldadura, 2014, p.37)

- e) **Soldadura de filete.**- En este tipo de soldadura no hay ranura, es decir, las placas bases se hallan juntas es por eso que se la realiza a mayor velocidad que las de ranura, este tipo de soldadura es usada en las mismas condiciones que la soldadura de ranura cuando se piensa en economía pero no se debe olvidar que la soldadura de filete presenta resistencia menor.

En la figura 16 se muestra la diferencia entre filete simple y filete doble.

Figura 16 Soldadura de filete



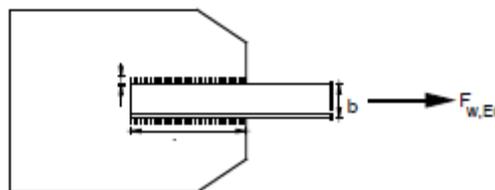
Fuente (soldadura, 2014, p.37)

1.7.3 Resistencia de las soldaduras

El esfuerzo en una soldadura se considera igual a la carga efectiva aplicada en la misma, dividida entre el área de la garganta efectiva de la soldadura, este método para el tipo de filete se usa sin tomar en cuenta la dirección de la carga con el fin de simplificar los cálculos.

En la figura 17 se muestra el ancho del filete de soldadura, distancia y el ancho de la placa soldada.

Figura 17 Cordón de la soldadura



Fuente (Mccormac, 2004, p.449)

$$F_v = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Ec. 1.14

Donde:

F_v = esfuerzo de soldadura

f_u = resistencia a tracción del acero de las chapas a soldar

γ_{M2} = 1,25 coeficiente parcial de seguridad de la unión soldada

β_w = coeficiente de correlación en función del tipo de acero de las piezas a soldar, cuyo valor se obtiene a partir del límite elástico del acero (McCormac, 2004, p.449)

1.7.2 Ventajas de la soldadura

La superficie soldada queda limpia y sin escoria.

Permite soldar con mayor facilidad espesores delgados.

El arco es visible y se puede soldar en cualquier posición.

De todos los métodos de soldadura, el MIG es el que mantiene concentrado el material de aporte a través del arco.

La velocidad de fusión del material de aporte es muy alta (se pueden lograr hasta 100 in/min) por lo cual se presenta menos distorsión en el material.

La densidad de corriente es más alta que con otros métodos.

Con la soldadura MIG se consigue mayor penetración que con otros métodos.

Grandes cordones sin interrupción.

Eficiencia del electrodo del 98%.

Hay un menor número de empalmes en cordones largos y hay pocas salpicaduras. (ZABARA, 1989, p. 1-2-3)

CAPÍTULO II

2 MÉTODO DE DISEÑO DE ELEMENTOS

2.1 Método de diseño

El diseño mecánico, es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos.

A parte de las ciencias fundamentales se requieren de piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos.

Al construir una máquina se necesita tanto de un diseño adecuado como de unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas, cargas y acciones a las que va a estar sometida.

Los tipos de esfuerzos que deben soportar los diferentes elementos de las estructuras para este tipo de máquinas son:

- Flexión
- Compresión
- Flexión
- Torsión.

2.1.1 Esfuerzo:

Se caracteriza la intensidad de las fuerzas que causan el estiramiento, aplastamiento o torsión, generalmente con base en una "fuerza por unidad de área". (Hibbeler, 2006, p.25)

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

Ec. 2.1

Donde:

σ = esfuerzo

P = carga

A= área del material.

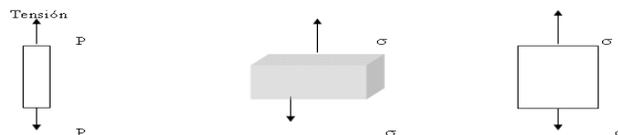
2.1.2 Tensión.

La tensión es una acción que puede modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo; por lo tanto, puede acelerar o modificar la velocidad, la dirección o el sentido del movimiento de un cuerpo dado.

La tensión, por su parte, es el estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen.

Los tensores son elementos resistentes que aguantan muy bien este tipo de esfuerzos como se puede observar en la figura 18.

Figura 18 Gráfica de tensiones de un cuerpo.



Fuente (monografias, 2014, p.1)

$$\sigma_t = F/A$$

Ec. 2.2

Donde:

σ_t = esfuerzo a tensión.

F = fuerza

A = área

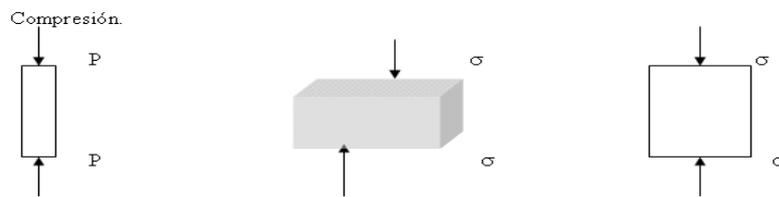
2.1.3 Compresión.

Un cuerpo se encuentra sometido a compresión cuando las fuerzas aplicadas tienden a aplastarlo o comprimirlo.

Cuando se somete a compresión una pieza de gran longitud en relación a su sección, se arquea recibiendo este fenómeno el nombre de pandeo.

Los pilares y columnas son ejemplo de elementos diseñados para resistir esfuerzos de compresión como se puede observar en la figura 19.

Figura 19 Gráfica de tensiones de un cuerpo.



Fuente (monografias, 2014, p.1)

$$\sigma_c = F/A$$

Ec. 2.3

Donde:

σ_c = esfuerzo a Compresión

F = fuerza

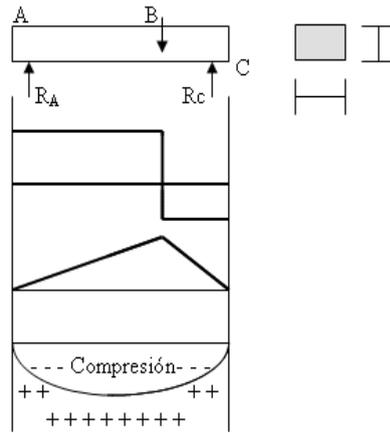
A = área.

2.1.4 Flexión.

Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Ha este tipo de esfuerzo se ven sometidas las vigas de una estructura como se demuestra en la figura 20 donde se observa el análisis de fuerzas y momentos en un elemento sometido a flexión.

Figura 20 Diagrama de fuerzas y momentos



Fuente (monografías, 2014, p.1)

$$\sigma_f = Mc/I \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

σ_f = esfuerzo a flexión

Mc = momento flexionante, distancia desde el centro hasta un extremo de una sección.

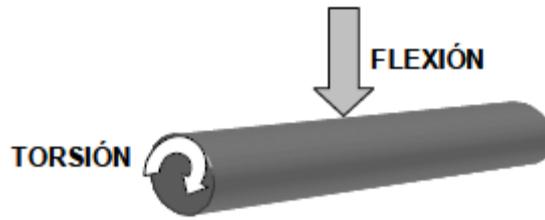
I = momento de inercia.

2.1.5 Torsión

Un cuerpo sufre esfuerzos de torsión cuando existen fuerzas que tienden a retorcerlo. Es el caso del esfuerzo que sufre una llave al girarla dentro de la cerradura.

En la figura 21 se observa cómo actúan en un eje las fuerzas de torsión y flexión.

Figura 21 Esfuerzo de torsión



Fuente (ejes, 2014, p.3)

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{I} = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ec. 2.5}$$

$$\tau = \frac{T \cdot \frac{d}{2}}{J} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ec. 2.6}$$

σ = torsión esfuerzo normal

τ = torsión de esfuerzo tangencial

M = momento flector en la sección crítica

I = momento de inercia transversal del eje $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$

J = momento de inercia polar del eje $\frac{\pi \cdot d^4}{32}$

d = diámetro del eje

T = momento torsor en la sección

2.2 Sistema motriz

2.2.1 Concepto

El sistema motriz es aquel sistema que está constituido fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica

transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.

Se caracterizan por presentar elementos o piezas sólidas, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza.

En ocasiones, pueden asociarse con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica.

En los sistemas mecánicos se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento.

Como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se utilizan mecanismos. En general el sentido de movimiento puede ser circular (movimiento de rotación) o lineal (movimiento de translación) los motores tienen un eje que genera un movimiento circular. (Mecánicos, 2012, p. 1).

2.2.2 Tren de engranajes

Un tren de engranajes es un sistema formado por varios engranajes conectados entre sí. Los trenes de engranajes se emplean para conseguir mecanismos de transmisión con características que no podrían conseguirse con un sólo engranaje (por ejemplo una relación de transmisión elevada).

Cada engranaje del tren se denomina etapa del tren de engranajes. En función de los movimientos de los ejes que componen el tren de engranajes, éstos se clasifican en:

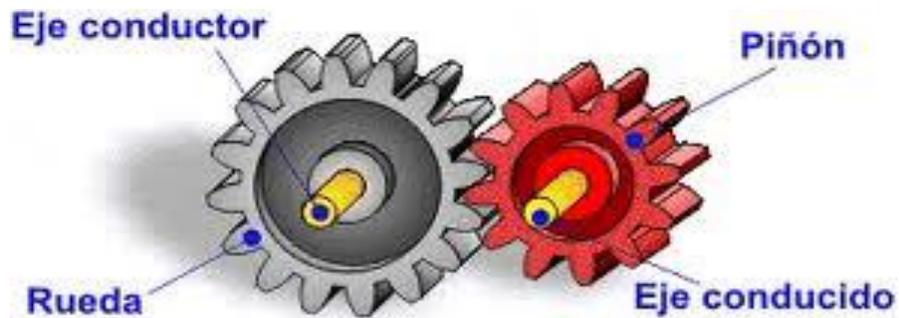
- a) **Tren de engranajes de ejes fijos:** es aquél en el que todos los ejes de las ruedas dentadas permanecen fijos en el espacio durante el movimiento del mecanismo. (Gonzalez, 2008, p. 18)

En la figura 22 se muestra las partes de un tren de engranajes que son:

- Eje conductor.

- Eje conducido.
- Rueda.
- Piñón.

Figura 22 Tren de engranajes de ejes fijos.



Fuente (engranajes, 2014, p.1)

$$n_1 * Z_1 = n_2 * Z_2 \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

Z_1 : número de dientes de la rueda conductora

Z_2 : número de dientes de la rueda conducida

n_1 : número de revoluciones de la conductora

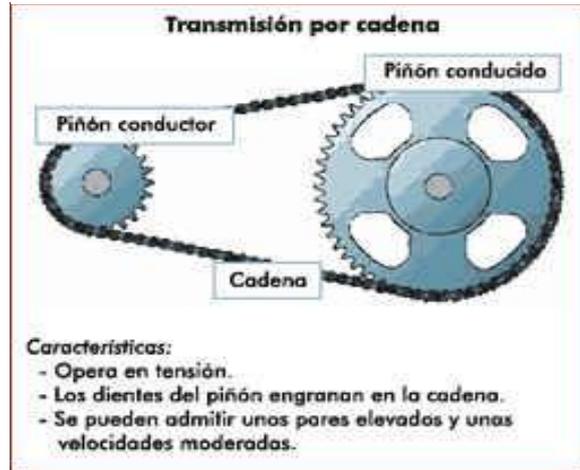
n_2 : número de revoluciones de la conducida

2.2.3 Transmisión por cadena

Sirven para la transmisión de movimiento de una rueda dentada a otra rueda dentada, cada rueda va montada en un eje. Consiste en dos ruedas dentadas de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de la otra, que giran simultáneamente por efecto de

una cadena metálica o correa dentada de neopreno engranada a ambas. Permite transmitir elevadas potencias sin pérdida de velocidad, ya que la cadena o correa va enganchada a los dientes del engranaje y no existe posibilidad de deslizamiento entre cadena y rueda como se puede observar en la figura 23. (Arenales, 2013, p. 5)

Figura 23 Transmisión por cadena



Fuente (cadenas, 2014, p.2)

$$v_1 * Z_1 = v_2 * Z_2 \quad \text{Ec. 2.8}$$

La relación de transmisión se define como:

$$i = \frac{v_2}{v_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde:

i : relación de transmisión

Z_1 : número de dientes de la rueda conductora

Z_2 : número de dientes de la rueda conducida

v_1 : velocidad de giro de la conductora

v_2 : velocidad de giro de la conducida

a) Potencia de trabajo en ejes

$$P = T * w \quad \text{Ec. 2.10}$$

P = potencia

T = torque

w = velocidad angular.

2.2.3.2 Potencia para selección del motor

$$P_e = \frac{P_s}{N_c * N_r} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde:

P_e = potencia de entrada.

P_s = potencia de salida.

N_c = rendimiento por cadena.

N_r = rendimiento del reductor.

2.2.3.2.1 Potencia de entrada

La potencia de entrada se determina con la relación de la potencia del motor inicial y la potencia de salida del motor teniendo en cuenta el tipo de transmisión por cadena, el número de cadenas y la potencia de salida que se requieren.

$$P_e = \frac{P_s * 0.746}{n_{cadenas}} \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

n_{cadenas} = número de cadena

2.2.3.3 Cálculo de distancia entre centros.

El factor de selección se toma en base a las características de la maquinaria conductora y conducida, tomando en cuenta el número de dientes de los piñones.

$$P_{\text{selección}} = P_e * F_s \quad \text{Ec. 2.13}$$

Donde:

F_s = factor de selección

P_e = potencia de entrada del motor

2.2.3.3.1 Número de pasos C_p .

El número de pasos se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación, este valor debe estar en el rango de $30 \leq C_p \leq 50$ pasos.

$$C_p = \frac{a}{p} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Donde:

a = distancia entre centros

p = 25.4 mm (1 plg)

2.2.3.3.2 Longitud de la cadena.

La longitud de la cadena se determina por medio de las siguientes ecuaciones:

$$L_{(m)} = \frac{L_p * P_{(mm)}}{1000} \quad \text{Ec. 2.15}$$

$$L_p = \frac{s}{2} + 2c_p + \frac{K}{C_p} + y \quad \text{Ec. 2.16}$$

Donde:

S= suma de números de dientes piñón- rueda $N_p + N_r$

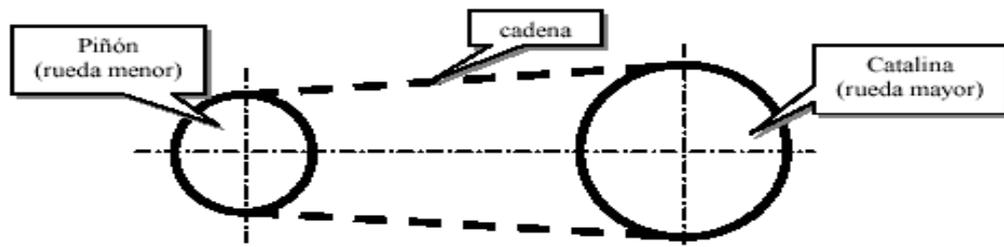
D= resta de números de dientes piñón- rueda $D_r + D_p$

K= valor constante se utiliza mediante tablas

L_p = pasos de la cadena

En la figura 24 se muestra las partes que constituyen una relación de transmisión básica.

Figura 24 Partes de una transmisión por cadena



Fuente (Correa, 2010, p 22)

2.2.3.3.3 Diámetro exterior del piñón

$$d_{ex}=P \left[0.6 + \cotg \left(\frac{180^\circ}{N_p} \right) \right] \quad \text{Ec. 2.17}$$

Donde:

P = paso de la cadena

N_p = números de dientes del piñón

2.2.3.3.4 Diámetro primitivo del piñón

$$d_p = P * \csc \frac{\theta}{2} = \frac{P}{\sin \frac{\theta}{2}} \quad \text{Ec. 2.18}$$

$$d_p = \frac{360^\circ}{N_p}$$

2.2.3.3.5 Espesor de Piñón

$$F = 0.9 * P \quad \text{Ec. 2.19}$$

2.2.3.3.6 Diámetro interior del piñón

$$d_l = d_p - 2F \quad \text{Ec. 2.20}$$

2.2.3.3.7 Radio del diente de piñón.

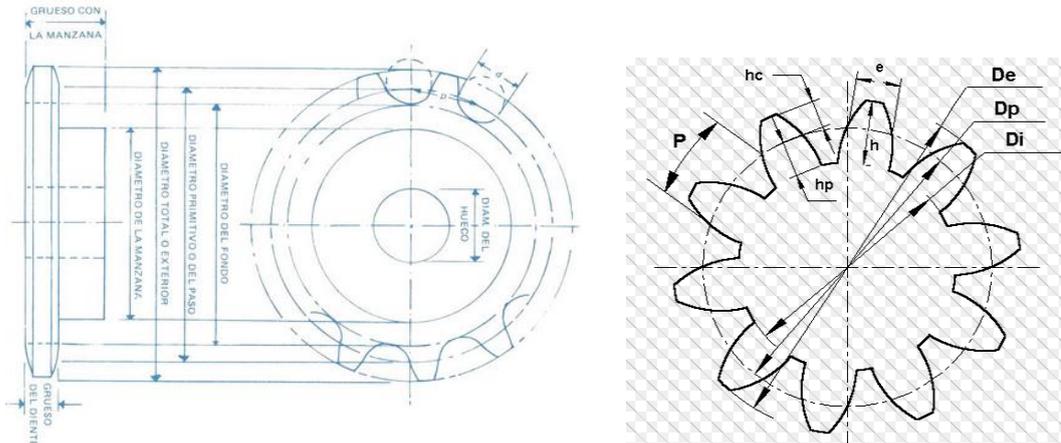
$$R = 0.4 * S \quad \text{Ec. 2.21}$$

Donde:

S = espesor del alma

En la figura 25 se muestra las partes principales que está constituido un piñón.

Figura 25 Partes principales de un piñón



Fuente (INTERMEC, 2005, p 1)

2.4 Rodamientos

2.4.1 Concepto

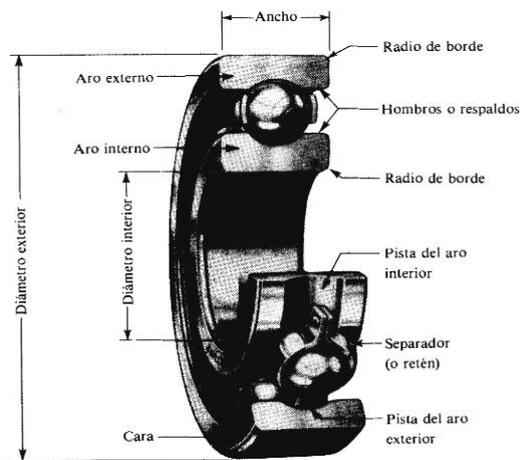
El rodamiento o cojinete de rodadura es un elemento mecánico que se sitúa entre dos componentes de una máquina, con un eje de rotación común, de forma que un componente puede girar respecto al otro como se observa en la figura 26.

Se utiliza en las máquinas rotativas como apoyo o soporte de los elementos portadores:

Soporte de ejes: anillo interior fijo y anillo exterior móvil

Soporte de árboles: anillo exterior fijo y anillo interior móvil

Figura 26 Partes de un rodamiento



Fuente (rodamientos, 2012, p. 8)

Fórmula general:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde:

P_o = carga estática equivalente, kN

F_r = carga radial real del rodamiento, kN

F_a = carga axial real del rodamiento, kN

X_o = factor de carga radial del rodamiento

Y_o = factor de carga axial del rodamiento

CAPÍTULO III

CÁLCULO DE DISEÑO

3.1. Introducción

Se procede a calcular dimensiones y resistencias, de los diferentes elementos que componen la máquina, tomando en cuenta los siguientes aspectos: pesos de los rodillos, número de pasos de conformado, número de revoluciones, potencia requerida, torque.

En el caso de número de revoluciones se procede a redondearlas para facilidad de los cálculos.

Para la realización de los cálculos necesarios para el diseño de la máquina se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Diámetro mayor del rodillo, $\phi_{\text{mayor}}=120\text{mm}$

Diámetro menor del rodillo, $\phi_{\text{menor}}=70\text{ mm}$

Separación entre rodillos, $x=0.9\text{mm}$

Largo del perfil = 1.6 metros

Velocidad de producción $v_p=9 \frac{\text{perfiles}}{\text{min}}$

Ancho del perfil = 96mm. Entonces se producirá, $14,4 \frac{\text{mt}}{\text{min}}$ de perfil esto quiere decir que la velocidad del acero galvanizado será $V_{AG}=0.24 \frac{\text{mt}}{\text{s}}$

3.1.1. Cálculo pesos de los rodillos

$$P=V* \rho* g \qquad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

P= peso de los rodillos

V= volumen del rodillo

ρ = densidad del material acero SAE 4340 (7900 kg/m^3)

g = gravedad (9.8 m/s^2)

Para calcular el peso de los rodillos primero se encuentra el volumen de los rodillos mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$V = \frac{\pi (0.12\text{m})^2}{4} \times 0.108\text{m}$$

$$V = 0.0012 \text{ m}^3$$

Se reemplaza valores de la Ec. 2.2 en la Ec. 2.1 para los rodillos tanto superior como inferior

$$P = V \times \rho \times g \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$P = 0.0012\text{m}^3 \times 7900 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 92.904 \text{ kg m/s}^2 \approx 92.904 \text{ N}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L$$

$$V = \frac{\pi (0.07\text{m})^2}{4} \times 0.108\text{m}$$

$$V = 0.00042 \text{ m}^3$$

$$P = V \times \rho \times g$$

$$P = 0.00042\text{m}^3 \times 7900 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 32.516 \text{ N} \approx 33\text{N}$$

3.1.2. Sistema geométrico de conformado.

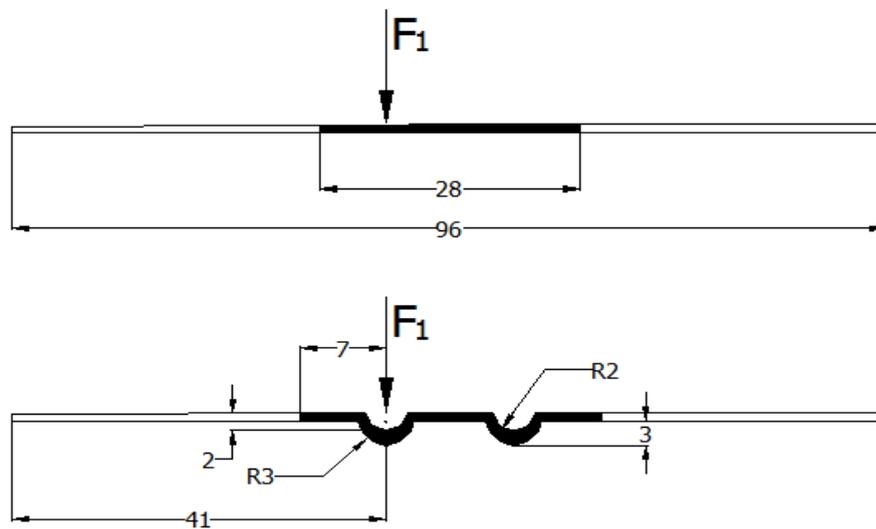
El sistema de conformado para el perfil se lleva a cabo pasar el fleje por 4 pasos de rodillos que deforman al material dándole las dimensiones y la forma deseada.

Estos pasos se detallan a continuación.

PASO 1

Al pasar el fleje por estos rodillos se obtiene un doble semi redondo como muestra la figura 27.

Figura 27 Paso uno del rodillo

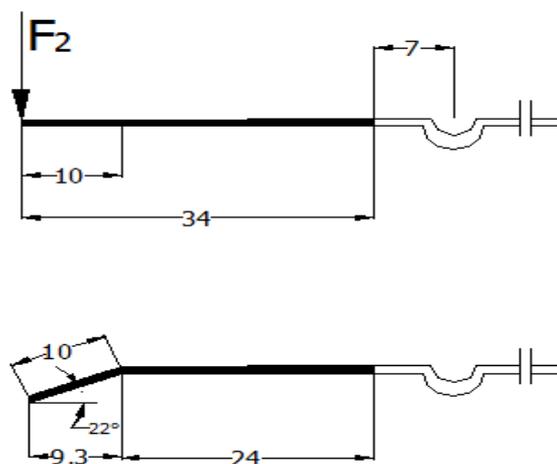


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

PASO 2

Al pasar el fleje por estos rodillos se obtiene un doble en el borde con una inclinación a 22° como muestra la figura 28.

Figura 28 Paso dos del rodillo

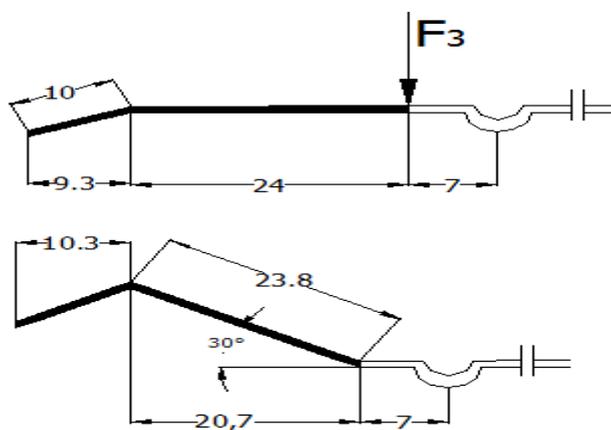


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

PASO 3

Al pasar el fleje por estos rodillos se obtiene un doble en el borde con una inclinación de 30° como muestra la figura 29.

Figura 29 Paso tres del rodillo

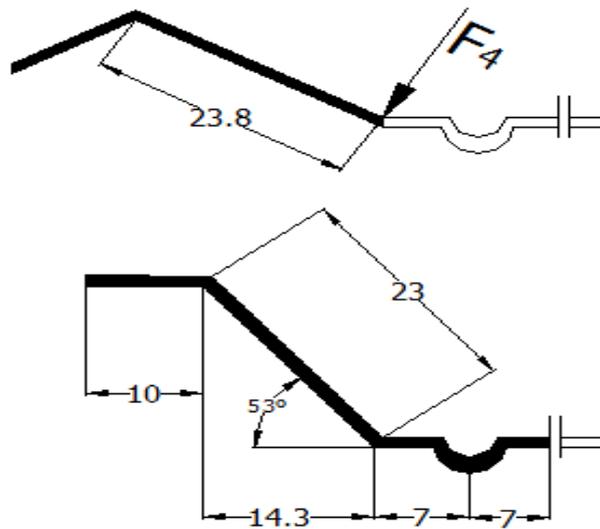


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

PASO 4

En este paso el fleje sufre una gran deformación para alcanzar el ángulo de 53° que se desea obtener el perfil terminado como muestra la figura 30

Figura 30 Paso cuatro del rodillo



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.2 Fuerzas actuantes para el proceso de perfilado

3.2.1 Fuerza de doblado

$$F_d = \frac{S_{ut} \cdot a \cdot e}{3} \quad \text{Ec. 3.4}$$

F_d =fuerza de doblado

a =ancho de la lámina o fleje

e =espesor del fleje

$S_{ut} = 31.6 \text{ kg/mm}^2$ resistencia última a la tensión del acero

Tabla 1 Coeficiente de rozamiento

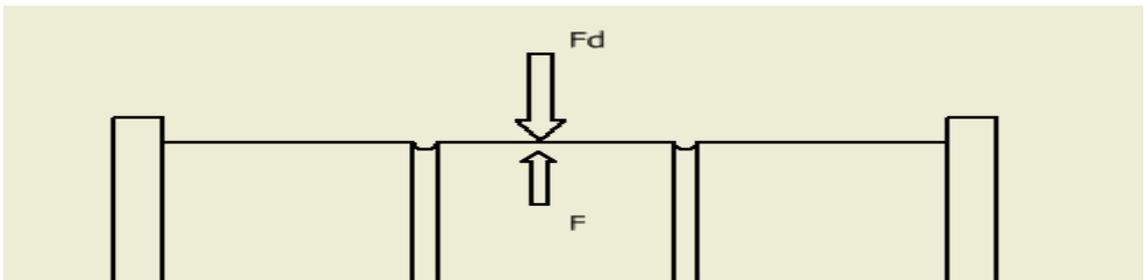
Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales

| Superficies en contacto | m_f |
|-------------------------|-------|
| Acero sobre acero | 0.18 |

Fuente (rozamiento, 2014, p.1)

Paso 1

Figura 31 Fuerza paso 1

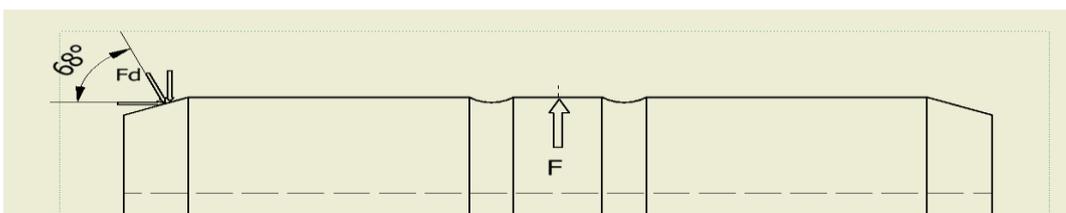


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$F_d = 2 \frac{S_{ut} * a * e}{3}$$
$$F_d = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 * 2,56\text{mm} * 0.9\text{mm}}{3}$$
$$F_d = 119 \text{ kgf} \approx 1166,87 \text{ N} \approx 1167\text{N}$$

Paso 2

Figura 32 Fuerza paso 2



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$F_{d\perp} = 2 \frac{Sut \cdot a \cdot e}{3} \text{ sen } 68^\circ$$

$$F_{d\perp} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot 0.9 \text{ mm}}{3} \text{ sen } 68^\circ$$

$$F_{d\perp} = 176 \text{ kgf} \approx 1725 \text{ N}$$

a) Fuerza de doblado lateral

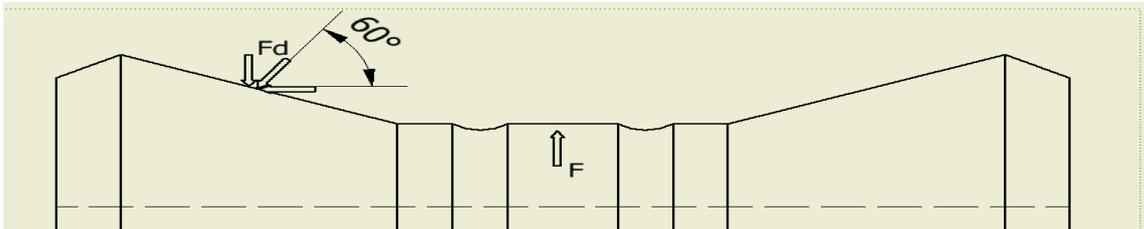
$$F_{d\parallel} = 2 \frac{Sut \cdot a \cdot e}{3} \text{ cos } 68^\circ$$

$$F_{d\parallel} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot 0.9 \text{ mm}}{3} \text{ cos } 68^\circ$$

$$F_{d\parallel} = 72 \text{ kgf} \approx 706 \text{ N}$$

Paso 3

Figura 33 Fuerza paso 3



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$F_{d\perp} = 2 \frac{Sut \cdot a \cdot e}{3} \text{ sen } 60^\circ$$

$$F_{d\perp} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 0.9 \text{ mm}}{3} \text{ sen } 60^\circ$$

$$F_{d\perp} = 411 \text{ kgf} \approx 4028 \text{ N}$$

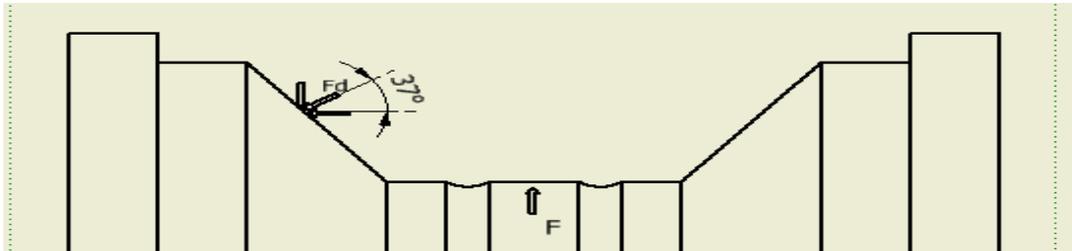
b) Fuerza de doblado lateral

$$F_{d\perp} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 * 25 \text{ mm} * 0.9 \text{ mm}}{3} \cos 60^\circ$$

$$F_{d\perp} = 237 \text{ kgf} \approx 2323 \text{ N}$$

Paso 4

Figura 34 Fuerza paso 4



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$F_{d\perp} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 * 30 \text{ mm} * 0.9 \text{ mm}}{3} \text{ sen} 37^\circ$$

$$F_{d\perp} = 342.31 \text{ kgf} \approx 3355 \text{ N}$$

c) Fuerza de doblado lateral

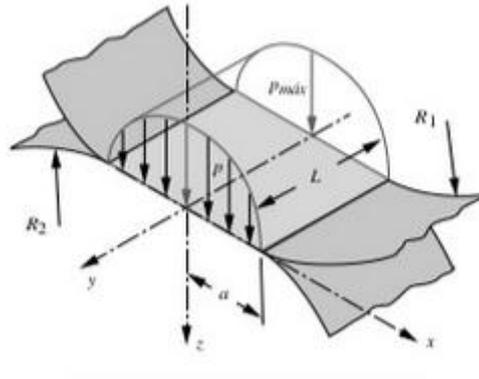
$$F_{d\perp} = 2 \frac{31.6 \text{ kg/mm}^2 * 30 \text{ mm} * 0.9 \text{ mm}}{3} \cos 37^\circ$$

$$F_{d\perp} = 454.26 \text{ kgf} \approx 4452 \text{ N}$$

3.2.2 Cálculo de fuerzas de contacto

La fuerza de contacto de los rodillos sobre la lámina, surge de la necesidad de lograr que los rodillos empujen la lámina en todo el proceso como se observa en la figura 35.

Figura 35 Fuerzas de contacto



Fuente (Norton, 1999, p 367-375)

$$C_{m1} = C_{m2} = \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

$C_{m1} = C_{m2}$ = constante del material

ν_1^2 = razón de poisson

E_1 = módulo de elasticidad

$$C_{m1} = \frac{1 - (0.3)^2}{2.1 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2}$$

$$C_{m1} = 4.33 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$$

Al tomar en cuenta el caso de un cilindro sobre un plano, R_2 se convierte en infinito haciendo $1/R_2 = 0$ "Las dimensiones del área de contacto de los rodillos son muy

pequeñas comparadas con los radios de curvatura de los cuerpos, lo cual permite que los radios se consideren constantes en el área de contacto, sin importar las pequeñas deformaciones que ocurran ahí.” (Norton, 1999, p 367-375)

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \infty \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

B= constante del material

R_1 = radios de los rodillos

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{\infty} \right)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} \right)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{60\text{mm}} \right)$$

$$B = 8.33 \cdot 10^{-3} \text{mm}$$

Al calcular el semi ancho de la huella de contacto se considera la siguiente ecuación:

Donde:

a_m = semi ancho de la huella de contacto

F_d = fuerza de doblado

a = ancho de la lámina o fleje

$$a = \sqrt{\frac{2 C_{m1} + C_{m2}}{\pi B}} \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$a_m = \sqrt{\frac{2}{\pi} * \frac{(4.33*10^{-7} + 4.33*10^{-7}) \text{ mm}^2/\text{N}}{8.33*10^{-3} \text{ mm}} * \frac{8918.98 \text{ N}}{96 \text{ mm}}}$$

$$a_m = 0.078 \text{ mm}$$

3.2.3 Cálculo de presión máxima

Con los datos obtenidos de las ecuaciones 3.4 y 3.6 la presión máxima del perfilado viene dada por cada paso del rodillo o estación:

$$P_{\max} = \frac{2 F_d}{\pi * a_m * L} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

F_d = fuerza de doblado

L = largo de la lámina

a_m = semi ancho de la huella de contacto

Paso 1

$$P_{\max} = \frac{2 * 1167 \text{ N}}{\pi * 0.078 \text{ mm} * 96 \text{ mm}}$$

$$P_{\max} = 99 \text{ N/mm}^2$$

Paso 2

$$P_{\max} = \frac{2 * 1864 \text{ N}}{\pi * 0.078 \text{ mm} * 96 \text{ mm}}$$

$$P_{\max} = 159 \text{ N/mm}^2$$

Paso 3

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot 4650 \text{ N}}{\pi \cdot 0.078 \text{ mm} \cdot 96 \text{ mm}}$$

$$P_{\max} = 396 \text{ N/mm}^2$$

Paso 4

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot 5575 \text{ N}}{\pi \cdot 0.078 \text{ mm} \cdot 96 \text{ mm}}$$

$$P_{\max} = 474 \text{ N/mm}^2$$

3.2.4 Cálculo de fuerza máxima

Con el dato de la ecuación 3.8 de la presión máxima, se obtiene la fuerza máxima o de contacto que viene dada así mismo por cada paso de los rodillos:

Donde:

P_{\max} = presión máxima.

Área = área de contacto del rodillo con la lámina

Paso 1

$$F_{\max} = P_{\max} \cdot \text{Área}$$

Ec. 3.9

$$F_{\max} = 99 \text{ N/mm}^2 \cdot (2 \cdot 0.078 \cdot 96 \text{ mm})$$

$$F_{\max} = 1483 \text{ N}$$

Paso 2

$$F_{\max} = 159 \text{ N/mm}^2 \cdot (2 \cdot 0.078 \cdot 96 \text{ mm})$$

$$F_{\max} = 2381 \text{ N}$$

Paso 3

$$F_{\max} = 396 \text{ N/mm}^2 \cdot (2 \cdot 0.078 \cdot 96 \text{ mm})$$

$$F_{\max} = 5930 \text{ N}$$

Paso 4

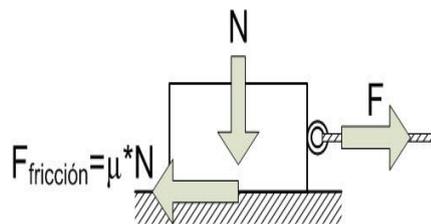
$$F_{\max} = 474 \text{ N/mm}^2 * (2 * 0.078 * 96 \text{ mm})$$

$$F_{\max} = 7099 \text{ N}$$

3.2.5 Fuerza de rozamiento

La fuerza de rozamientos entre dos cuerpos en contacto es proporcional a la normal N entre los dos cuerpos como se observa en la figura 36, en nuestro caso está compuesta por la fuerza de doblado y la fuerza de contacto entre los dos rodillos y la lámina.

Figura 36 Fuerza de rozamiento



Fuente (rozamiento, 2014, p.1)

$$F_r = \mu N$$

Ec. 3.10

Donde:

F_r = fuerza de rozamiento

μ = coeficiente

N = fuerza normal ($F_{\text{doblado}} + F_{\text{máxima}}$)

Paso 1

$$F_r = \mu N$$

$$F_r = \mu * (F_{\text{doblado}} + F_{\text{máxima}})$$

$$F_{r1} = 0.18 * (1167 \text{ N} + 1483 \text{ N})$$

$$F_{r1} = 477 \text{ N}$$

Paso 2

$$F_r = \mu * (F_{\text{doblado}} + F_{\text{doblado lateral}} + F_{\text{contacto}})$$

$$F_{r2} = 0.18 * (1725\text{N} + 706 + 2381\text{ N})$$

$$F_{r2} = 866\text{ N}$$

Paso 3

$$F_{r3} = 0.18 * (4028\text{N} + 2323 + 5930\text{ N})$$

$$F_{r3} = 2211\text{N}$$

Paso 4

$$F_{r4} = 0.18 * (3355\text{ N} + 4452 + 7099\text{ N})$$

$$F_{r4} = 2683\text{ N}$$

3.2.6 Determinación del diámetro exterior máximo del fleje

A continuación de la figura 37, se procede a determinar primero el diámetro exterior máximo del fleje acero galvanizado SAE 1010, para después encontrar la fuerza máxima de arrastre que a continuación se da a conocer:

ρ =densidad del material 7850 kg/m^3

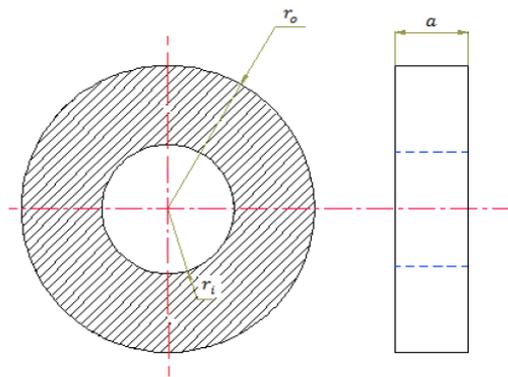
a =ancho de la lámina o fleje 96mm

r_i =radio interior del fleje real 500 mm

r_o =radio exterior del fleje

P_{max} =peso máximo 1000 kg (m)

Figura 37 Diámetro exterior del eje



Fuente (Saul, 2007, p 88-91)

Por definición la densidad de un material cualquiera está dada por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde:

ρ = densidad

m = masa

v = volumen

El volumen del fleje, se puede determinar con el producto del área de la corona circular por el ancho del mismo.

Donde:

r_o^2 = radio inicial de un anillo

r_i^2 = radio final de un anillo

a = ancho de la lámina

$$V = \pi (r_o^2 - r_i^2) * a \quad \text{Ec. 3.12}$$

Al sustituir en la ecuación 3.11, permite encontrar el radio exterior del fleje

$$r_o = \sqrt{r_i^2 + \frac{m}{\pi \rho a}} \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$r_o = \sqrt{(0.5 \text{ m})^2 + \frac{1000 \text{ kg}}{\pi \left(7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.096 \text{ m}}}$$

$$r_o = \sqrt{0.673}$$

$$r_o(R^2) = 0.820 \text{ m}$$

3.2.7 Fuerza máxima de arrastre

Para el siguiente cálculo es necesario primero encontrar los siguientes datos:

Inercia del rodillo:

Donde:

I=Inercia

m=masa

x^2 = distancia de la lámina

$$I = m(\text{kg}) * x^2 \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$I = 1000 \text{ kg} * (1,5 \text{ m})^2$$

$$I = 2250 \text{ kgm}^2$$

3.2.8 Velocidad lineal del acero galvanizado

$$v = \frac{d}{t} = \frac{12 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0.2 \text{ m/s} \quad \text{Ec. 3.15}$$

v= velocidad lineal

d= longitud del material “acero galvanizado”

t=tiempo

3.2.9 Cálculo de volumen del material

Densidad del material galvanizado = 7850 kg/m^3

$$V=l \times a \times e \quad \text{Ec.3.16}$$

Donde:

l=largo del material

V= volumen del material

a= ancho de la lámina

e=espesor del material

$$V=(1.5 \times 0.096 \times 0.009) \text{m}^3$$

$$V=1.296 \times 10^{-03} \text{m}^3$$

3.3 Velocidad angular del rodillo

Se procede a calcular la velocidad angular del rodillo, mediante la siguiente ecuación:

$$w = \frac{v}{r} = \frac{0.24 \text{m/s}}{0.06 \text{m}} = 4 \text{ rad/s} \text{ para transformar a } \text{rev/min} \quad \text{Ec. 3.17}$$

para transformar a rev/min

$$n = \frac{60(w)}{2\pi} = \frac{60(4 \text{ rad/s})}{2\pi} = 38,21 \text{ rev/min} \approx 38 \text{ rev/min}$$

Con los datos de ecuación 3.16 se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$\frac{w_f}{\Delta t} = \alpha$$

$$\alpha = \frac{\frac{V_{AG}}{r}}{\Delta t} = \frac{\frac{0.24 \text{ m/s}}{0.820 \text{ m}}}{5 \text{ s}} = 0.058 \text{ rad/s}^2$$

Con los datos de las ecuaciones 3.14, 3.15 y 3.17 se reemplaza en la siguiente ecuación de la fuerza máxima de arrastre para todos los pasos de los rodillos:

$$F_{\text{arrastre } 1} = \frac{I^*\alpha + F_{r1}}{r_{\text{fleje}}} \quad \text{Ec. 3.18}$$

Paso 1

$$F_{\text{arrastre } 1} = \frac{I^*\alpha}{r_{\text{fleje}}} \quad \text{Ec. 3.19}$$

$$F_{\text{arrastre } 1} = \frac{2250 \text{ kgm}^2 * 0.058 \text{ rad/s}^2}{0.820 \text{ m}} + 477 \text{ N}$$

$$F_{\text{arrastre } 1} = 132 \text{ N} + (477 \text{ N})$$

$$F_{\text{arrastre } 1} = 609 \text{ N}$$

Paso 2

$$F_{\text{arrastre } 2} = 132 \text{ N} + F_{r2}$$

$$F_{\text{arrastre } 2} = 132 \text{ N} + (866 \text{ N})$$

$$F_{\text{arrastre } 2} = 998 \text{ N}$$

Paso 3

$$F_{\text{arrastre } 3} = 132 \text{ N} + F_{r3}$$

$$F_{\text{arrastre } 3} = 132 \text{ N} + (2211 \text{ N})$$

$$F_{\text{arrastre } 3} = 2343 \text{ N}$$

Paso 4

$$F_{\text{arrastre } 4} = 132 \text{ N} + F_{r4}$$

$$F_{\text{arrastre } 4} = 132 \text{ N} + (2683 \text{ N})$$

$$F_{\text{arrastre } 4} = 2815 \text{ N}$$

3.3.1 Diseño de rodillos

Para realizar el diseño del rodillo se partirá con datos conocidos tales como la inercia del material, resistencia a la fluencia y la distancia entre ejes de estación a estación.

a) Inercia de un eje redondo macizo

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad \text{Ec.3.20}$$

$$I = \frac{\pi \cdot (0.12 \text{ m})^4}{64}$$

$$I = 1.02 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

b) Mitad del diámetro del rodillo

Donde:

d= diámetro del rodillo

$$C = \frac{d}{2} \quad \text{Ec.3.21}$$

$$C = \frac{0.12 \text{ m}}{2}$$

$$C = 0.06 \text{ m}$$

c) Distancia entre centros de ejes

$$L = 0.091 \text{ m (dato del ítem 3.12 Análisis Estructural)}$$

d) Fuerza del cilindro

Resistencia a la fluencia (S_y) = $680 * 10^6$ MPa

$$F_{cl} = \frac{4 * S_y * I}{C * l} \quad \text{Ec.3.22}$$

Donde:

F_{cl} = Fuerza del cilindro

S_y = Resistencia a la fluencia

I = Inercia

C = mitad del diámetro del rodillo.

l = Distancia entre centros de eje a eje de cada estación.

$$F_{cl} = \frac{4 * 680 * 10^6 \text{ MPa} * 1.02 * 10^{-5} \text{ m}^4}{0.06 \text{ m} * 0.091 \text{ m}}$$

$$F_{cl} = 5.08 * 10^6 \text{ N}$$

Se determina el del diámetro del rodillo según la siguiente ecuación:

Presión máxima = 474 N/mm^2 (dato de la ecuación 3,8)

A = Área.

$$P_{max} = \frac{F_{cl}}{A} \quad \text{Ec.3.23}$$

$$A = \frac{F_{cl}}{P_{max}}$$

$$A = \frac{5.08 * 10^6 \text{ N}}{474 \text{ N/mm}^2}$$

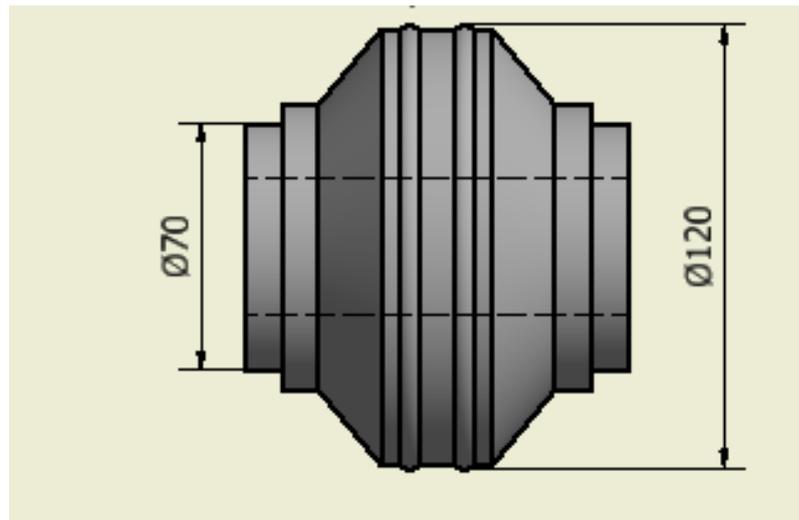
$$A = 10713 \text{ mm}^2$$

Se despeja de la siguiente fórmula el diámetro:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{Ec.3.24}$$
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10713 \text{ mm}^2}{\pi}}$$
$$d = 117 \text{ mm}$$

Para el sistema de rodillos se diseña mediante autodesk inventor en la cual se utilizó los cálculos de fuerzas de arrastre y rozamiento y sus medidas que se muestran en la figuras 38, 39 y 40.

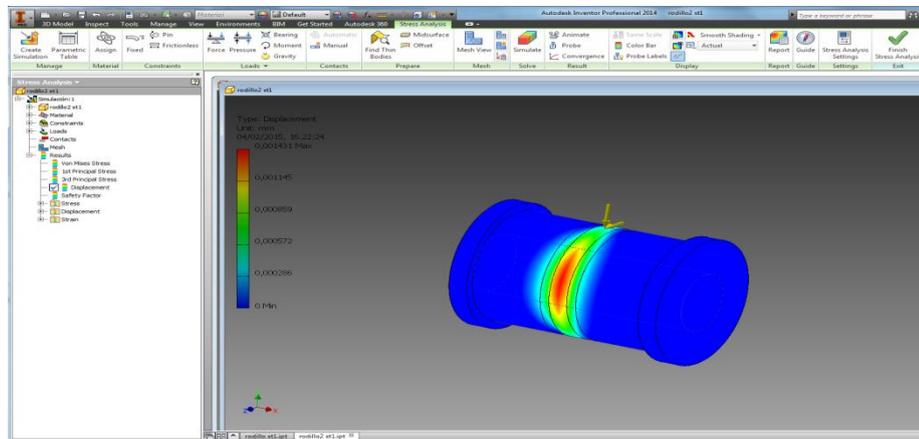
Figura 38 Rodillo con todas sus medidas.



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Comprobación en inventor

Figura 39 Comprobación inventor



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Figura 40 Tabla de resultados

☐ Result Summary

| Name | Minimum | Maximum |
|---------------|------------------------|---------------|
| Volume | 390720 mm ³ | |
| Mass | 3,06715 kg | |
| Displacement | 0 mm | 0,00143087 mm |
| Safety Factor | 9,56391 ul | 15 ul |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.3.1.2 Cálculo de torque del rodillo

Con los datos de las ecuaciones 3.10 y 3.19 se reemplaza en la ecuación 3.25 por los radios de los rodillos superior e interior.

a) Torque de Rodillo superior

$$T = (\text{Fuerza de arrastre} - \text{fuerza de rozamiento}) * r \quad \text{Ec. 3.25}$$

$$SI r = 0,06$$

$$T=(2815-2683)N*60 \text{ mm}$$

$$T=7920 \text{ Nmm}$$

b) Torque de Rodillo inferior

$$SI r = 0,06$$

$$T=(2815-2683)N*60\text{mm}$$

$$T=7920 \text{ Nmm}$$

$$T=7920+7920=15840 \text{ Nmm}$$

$$\text{Torque total}=(15,85*4)=63360\text{Nmm}$$

3.3.1.3 Cálculo de potencia del rodillo

Con los datos de las ecuaciones 3.25 se calcula el paso de los rodillos:

$$P=T*W_{\text{mayor}} \quad \text{Ec. 3.26}$$

$$P=(63360)\text{Nmm}*4 \text{ rad/seg}$$

$$P=253440 \text{ Nmm/seg}$$

$$\text{Transformación de unidades } P=253440 \frac{\text{Nmm}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ kgf}}{9,8\text{N}} * \frac{1 \text{ hp}}{76024,21 \text{ kgfmm/s}}$$

$$P=0,34 \text{ HP}$$

Para obtener la potencia de los rodillos se multiplica por 2 pues el perfilado se realiza con 2 rodillos y por 4 por ser el número de estaciones de la perfiladora.

Pr= Potencia rodillos

$$Pr = 2 * P \quad \text{Ec. 3.27}$$

$$Pr = 2 * 0,34 \text{ HP}$$

$$Pr = 0,68 \text{ HP}$$

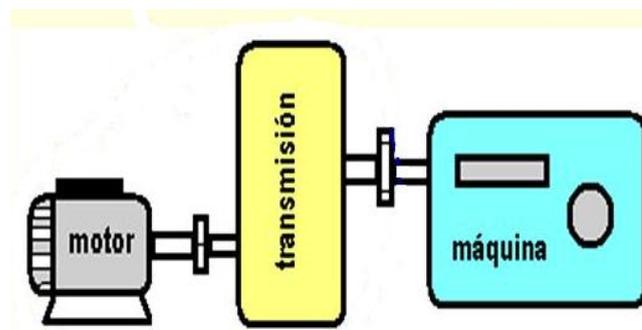
$$Pr *4= 0,68 * 4 \quad \text{Ec. 3.28}$$

$$Pr = 2,72 \text{ HP}$$

3.4 Potencia de selección del motor

Para la selección de un motor en nuestro caso, es un motor reductor helicoidal eléctrico que se utiliza en el área industrial, además fácil de encontrar el mercado nacional ver figura 41.

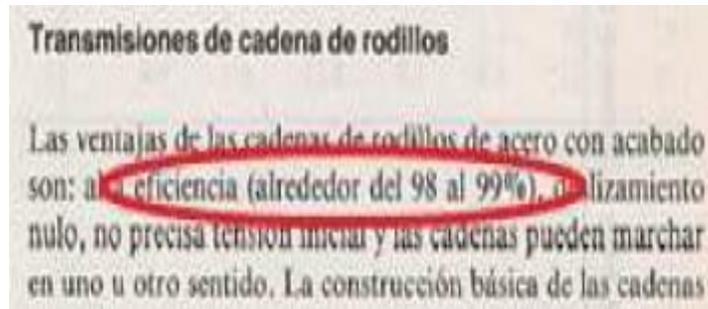
Figura 41 Motor VS Transmisión



Fuente (Arenales, 2013, p. 5)

Para calcular la potencia del motor se requiere el rendimiento de la transmisión por cadena que está en un rango de 98-99%, ver tabla 2

Tabla 2 Transmisión de cadena de rodillos



Fuente (Saul, 2007, p 88-91)

$$P_e = \frac{P_s}{n_r} \quad \text{Ec. 3.29}$$

Donde:

P_e = Potencia de entrada

P_s = Potencia de salida o potencia de rodillos

n_r = Rendimiento del reductor

Con los datos de la ecuación 3.28 se reemplaza en la ecuación 3.29

$$P_e = \frac{2,72 \text{ HP}}{0,98}$$

$$P_e = 2,77 \text{ HP}$$

Potencia requerida para el motor (P_{rm}) = P_e * factor de servicio

$$P_{rm} = 2,77 \text{ HP} * 1 \quad \text{Ec.3.30}$$

$$P_{rm} = 2,77 \text{ HP.}$$

Con la potencia requerida se determina el número de la cadena y piñones.

3.5 Diseño de sistema de transmisión

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante, puesto que no se involucra al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia.

Antes de escoger el tipo de cadena y piñones es necesario mencionar las RPM (Revoluciones por minuto) que necesitamos según el resultado de los HP calculados.

Potencia del motor = 2,77 HP≈3HP

RPM = 1730rpm

Datos:

| | |
|-------------------------|----------|
| Potencia Entrada | 3 hp |
| Revoluciones de Entrada | 1730 rpm |
| Revoluciones de Salida | 34 rpm |
| Relación | 1:44,95 |

3.5.1 Características del motor reductor

Figura 42 Motor reductor



Fuente. Motor reductor marca MOTOVARIO (ITALIA)

Descripción: Motor reductor transversal

Marca: Motovario

Modelo: HA62 i=44,95

Potencia: 3HP/4P(1731 RPM)

Revoluciones de servicio: 34RPM

Torque de servicio:438Nm

Voltaje:220-440 V,60 HZ, trifásico

Protección: IP 55 cerrado contra el polvo y agua

Aislamiento: Clase F

Montaje: Cualquier posición

Factor de Servicio: 1

Diámetro del eje de salida: 40 mm

3.5.2 Cálculo de relación de transmisión $Z2/Z1$

Donde:

Rst= relación de transmisión

Z2= catarina conductor

Z1= catarina conducido

$$Rst = \frac{Z2}{Z1} \quad \text{Ec.3.31}$$

$$Rst = \frac{38}{38}$$

$$Rst = 1$$

En la tabla 3 se muestra el número de dientes de la Catarina que corresponden según a la relación de transmisión calculada.

Tabla 3 Factores de corrección k

Tabla 17-22
Factores de corrección
de dientes, K_f

| Número de dientes en catarina impulsora | Potencia preextremo, K_f | Potencia posextremo, K_f |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| 11 | 0.62 | 0.52 |
| 12 | 0.69 | 0.59 |
| 13 | 0.75 | 0.67 |
| 14 | 0.81 | 0.75 |
| 15 | 0.87 | 0.83 |
| 16 | 0.94 | 0.91 |
| 17 | 1.00 | 1.00 |
| 18 | 1.06 | 1.09 |
| 19 | 1.13 | 1.18 |
| 20 | 1.19 | 1.28 |
| N | $(N_f/17)^{1.08}$ | $(N_f/17)^{1.5}$ |

Fuente (Shigley, 2008, p 893)

El número de dientes de la catarina $Z_1=17$ y $Z_2= 17$

3.5.2.1 Diseño y selección de engranajes

Los engranajes es un mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica, están formados por dos ruedas dentadas de las cuales se los denomina rueda y piñón, una aplicación importante de los engranajes es la transmisión de movimiento desde el eje de una fuente de energía.

Los parametros a utilizarse son:

Potencia del motor reductor $P = 2.77$ HP

Revoluciones por minuto $n = 34$ rpm

Número de dientes del piñones $Z_p = 23$

Para de terminar el cálculo del diámetro primitivo, el módulo y el diámetro exterior se expresa mediante la fórmula de distancia entre centros.

$$A = \frac{Z_r + Z_p}{2} \times M \quad \text{Ec. 3.32}$$

Donde.

A = distancia entre centros (92 mm).

Z_r = números de dientes rueda.

Z_p = números de dientes piñon (23 dientes) .

M = módulo .

Se despejara el módulo.

$$M = \frac{A \times 2}{Z_p + Z_r}$$

$$M = \frac{92 \times 2}{23 + 23}$$

$$M = 4$$

Luego se calcula el diámetro primitivo mediante la siguiente fórmula.

D_p = diámetro primitivo.

$$D_p = M \times Z_p \quad \text{Ec. 3.33}$$

$$D_p = 4 \times 23$$

$$D_p = 92 \text{ mm}$$

Ya calculados el diámetro primitivo y el módulo se determina el diámetro exterior del piñón

D_e = diámetro exterior.

$$D_e = D_p + M \times 2 \quad \text{Ec. 3.34}$$

$$D_e = 92 + 2 \times 4$$

$$D_e = 100 \text{ mm}$$

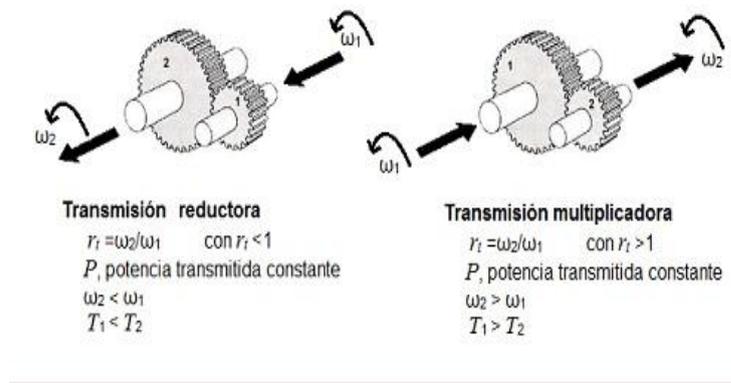
3.5.2.2 Par de fuerza transmitida del diente.

En este diseño de engranajes, se requiere mencionar que el eje de entrada y el eje de salida y que la potencia de entrada y salida son iguales, porque se consideran nulas

las pérdidas ya que el movimiento que estos producen son los mismos que los ejes y rodillos por lo tanto su rendimiento es igual a 1.

En la figura 43 se observa la analogía y relaciones que se considera para la transmisión.

Figura 43 Análisis de transmisión.

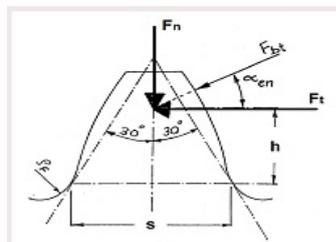


Fuente. (Ingemecanica, 2015, p151)

3.5.2.3 Esfuerzo ejercido sobre el diente

Se procede a calcular la fuerza del diente tanto tangencial y normal ver figura 44.

Figura 44 Esfuerzo del diente



Fuente. (Ingemecanica, 2015, p151)

$$F_t = \frac{P}{W \times r}$$

Ec. 3.35

Donde:

T = par de fuerza.

Ft = esfuerzo tangencial.

r = radio de la circunferencia primitiva.

W = velocidad angular

P = potencia transmitida del diente

Fn = fuerza normal del diente

$$F_t = \frac{2.77 \text{ HP}}{4 \text{ rad/s} \times 46 \text{ mm}} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg f}} * \frac{76024.21 \text{ kg F mm/s}}{1 \text{ HP}}$$

$$F_t = 11.2 \text{ KN}$$

Por último la fuerza normal y tangencial están relacionados a través del ángulo de presión (α)

$$F_n = F_t \times \text{tg}(\alpha) \quad \text{Ec. 3.36}$$

$$F_n = 11.2 \text{ KN} \times \text{tg}(20^\circ)$$

$$F_n = 4.07 \text{ KN}$$

3.5.2.4 Esfuerzo de flexión del diente.

El esfuerzo de flexión del diente se calcula mediante la resistencia a la tensión del material SAE 4140 como esfuerzo admisible y del resultado de la fuerza tangencial y normal

Sut = 1075 MPa material 4140.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 3.37}$$

$$\sigma = \frac{F}{\frac{\pi \times d^2}{4}}$$

$$\sigma = \frac{11916.58 \text{ N}}{\frac{\pi \times 100 \text{ mm}^2}{4}}$$

$$\sigma = 1572 \text{ MPa}$$

a) **Esfuerzo admisible.**

$$\sigma_{adm} = 0.45 \times \sigma_{ut} \quad \text{Ec. 3.38}$$

$$\sigma_{adm} = 0.45 \times 1075 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm} = 483.75 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{adm}}$$

$$FS = \frac{1572 \text{ MPa}}{483.75 \text{ MPa}}$$

$$FS = 3.2$$

3.5.3 Cálculo de la velocidad de cadena

La velocidad de la cadena se calculará utilizando la siguiente ecuación :

$$v = \frac{Z \cdot P \cdot n}{12} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Ec. 3.39}$$

Donde:

Z= número de dientes de la catarina

v= velocidad lineal de la cadena

n= número de revoluciones

P= paso en función del número de cadena

$$v = \frac{17 \cdot 15.8 \cdot 38}{12}$$

$$v = 851 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Con este resultado se obtiene el tipo de cadena que se va usar:

Tipo de cadena: Número 40 (Cadena DE 1/2 paso 12,7 mm)

3.5.4 Número de pasos de la cadena (NP)

$$NP = \frac{Dc}{p} \quad \text{Ec. 3.42}$$

Donde:

Dc = distancia entre centros

p = paso.

$$NP = \frac{600 \text{ mm}}{12,7 \text{ mm}}$$

$$NP = 47 \text{ pasos.}$$

3.5.5 Longitud de la cadena

La longitud de cadena se determina por medio de las siguientes ecuaciones:

$$L = \frac{Lp * P}{1000} \quad \text{Ec. 3.43}$$

$$Lp = \frac{s}{2} + 2NP + \frac{K}{Np} \quad \text{Ec. 3.44}$$

Donde:

S = suma de número de dientes piñón y rueda $Np + Nr$

D = resta de numero de dientes piñón y rueda $Nr - Np$

K = valor constante se utiliza mediante tablas.

Lp = pasos de la cadena.

Np = número de piñón

Nr = número de rueda

Se determina primero la suma del piñón más rueda.

$$S = Np + Nr \quad \text{Ec. 3.45}$$

$$S = 17 + 17 = 34$$

Para determinar el valor K se utiliza la tabla 5.

Tabla 5 Factores K

| D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K |
|----|------|----|-------|----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 13 | 4.28 | 37 | 34.68 | 61 | 94.25 | 85 | 183.01 | 109 | 300.95 | 133 | 448.07 | 157 | 604.37 | 181 | 809.85 |
| 14 | 4.96 | 38 | 36.58 | 62 | 97.37 | 86 | 187.34 | 110 | 306.50 | 134 | 454.83 | 158 | 632.35 | 182 | 839.04 |
| 15 | 5.70 | 39 | 38.53 | 63 | 100.54 | 87 | 191.73 | 111 | 312.09 | 135 | 461.64 | 159 | 640.38 | 183 | 848.29 |
| 16 | 6.48 | 40 | 40.53 | 64 | 103.75 | 88 | 196.16 | 112 | 317.34 | 136 | 468.51 | 160 | 648.46 | 184 | 857.58 |
| 17 | 7.31 | 41 | 42.58 | 65 | 107.02 | 89 | 200.64 | 113 | 323.44 | 137 | 475.42 | 161 | 656.59 | 185 | 866.93 |
| 18 | 8.21 | 42 | 44.68 | 66 | 110.34 | 90 | 205.18 | 114 | 329.19 | 138 | 482.39 | 162 | 664.77 | | |
| 19 | 9.14 | 43 | 46.84 | 67 | 113.71 | 91 | 209.76 | 115 | 334.99 | 139 | 489.41 | 163 | 673.00 | | |

Fuente (INTERMEC, 2005, p 1)

K = 7,31

En la ecuación 3.37 se reemplaza los datos:

$$Lp = \frac{s}{2} + 2NP + \frac{K}{NP} \quad \text{Ec. 3.46}$$

$$Lp = \frac{34}{2} + 2 * 47 \text{ pasos} + \frac{7,31}{47}$$

$$Lp = 17 + 94 + 0.16$$

$$Lp = 111 \text{ pasos.}$$

Se reemplaza el resultado en la siguiente ecuación:

$$L = \frac{Lp * P}{1000} \quad \text{Ec. 3.47}$$

$$L = \frac{111 \cdot 12.7 \text{ mm}}{1000}$$

$$L = 1409 \text{ mm}$$

3.6 Diseño del eje de los rodillos

Se realiza el cálculo para el cuarto paso en el rodillo superior porque tiene mayor peso y mayores fuerzas de contacto, doblado, arrastre, rozamiento y mayor área de contacto con el material que se va ocupar para realizar el perfil.

La conformación del eje a calcular es de la siguiente manera:

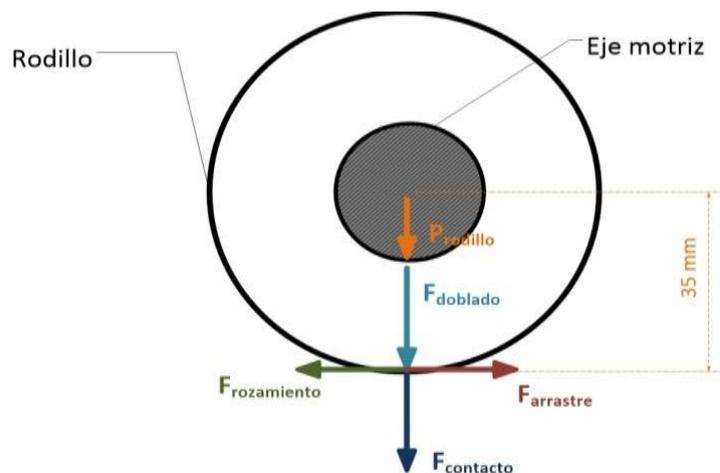
| Fuerza (N) | |
|---------------|------|
| De contacto | 7099 |
| De doblado | 5575 |
| De arrastre | 2815 |
| De rozamiento | 2683 |

Parámetros adicionales:

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Torque de trabajo (N.m) | 63,36 |
| Velocidad angular del rodillo (rpm) | 38 |

Diagrama de cargas (rodillo – eje – material a laminar) ver en la figura 45.

Figura 45 Diagrama de cargas



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

a) **Fuerza resultante eje horizontal:**

$$\begin{aligned} F_{H_y} &= F_{\text{arrastre}} - F_{\text{rozamiento}} && \text{Ec. 3.48} \\ &= 2815 - 2683 \\ F_H &= 132 \text{ N} \end{aligned}$$

b) **Fuerza resultante eje vertical:**

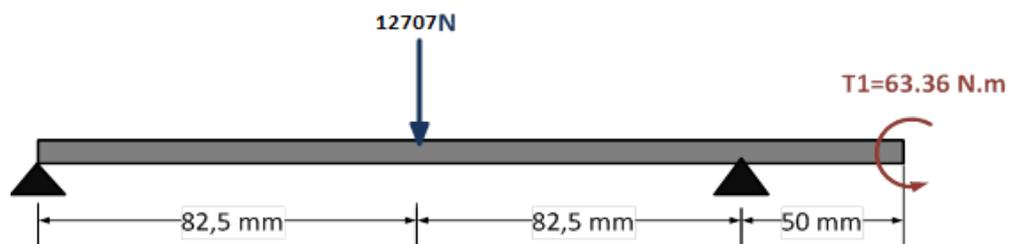
$$\begin{aligned} F_{H_x} &= F_{\text{doblado}} + F_{\text{contacto}} + P_{\text{rodillo}} && \text{Ec. 3.49} \\ &= 5575 + 7099 + 33 \\ F_V &= 12707 \text{ N} \end{aligned}$$

3.6.1 Diagrama de cuerpo libre del eje

Para dimensionar el eje, se traslada estas fuerzas al eje como se observa en la figura 46.

El eje es un elemento mecánico sometido a esfuerzos combinados: flexión + torsión.

Figura 46 Diagrama de cuerpo libre del eje



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Donde:

$T_1 = \text{torque de trabajo} = 63,36 \text{ N.m}$

Se dimensionará usando la teoría de la distorsión.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{zx}^2} \quad \text{Ec. 3.50}$$

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 3.51}$$

$$\tau_{zx} = \frac{Tr}{J} \quad \text{Ec. 3.52}$$

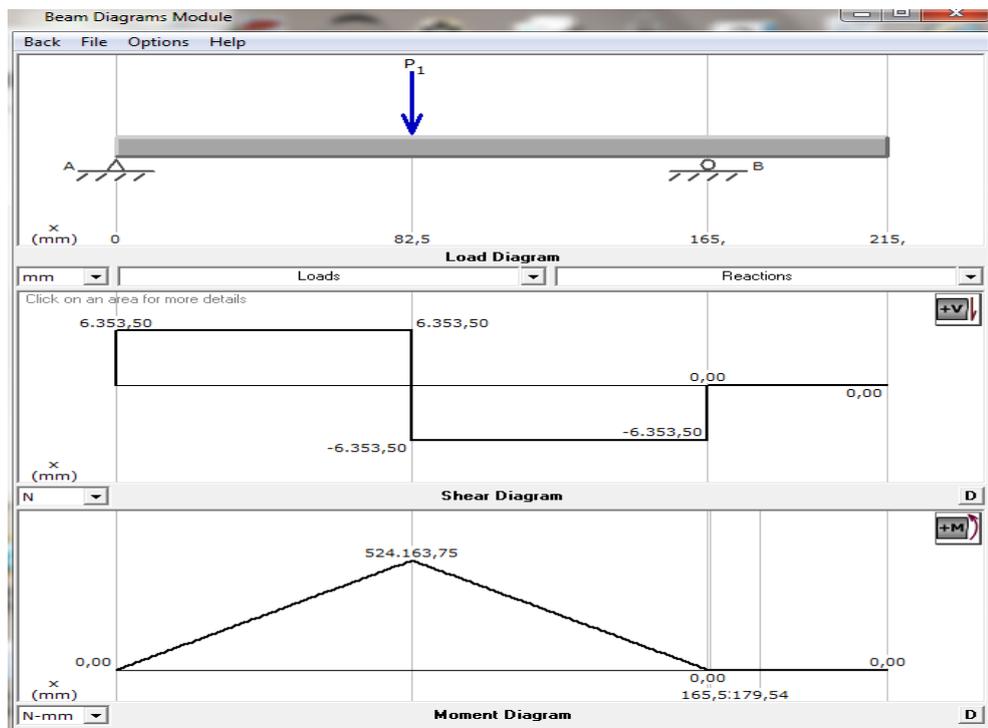
$$\sigma' = \frac{S_y}{f_s} \quad \text{Ec. 3.53}$$

Donde:

f_s = factor de seguridad

Se calcula el momento máximo con MDSolids 4.0 ver figura 47:

Figura 47 Diagrama de momentos



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Donde:

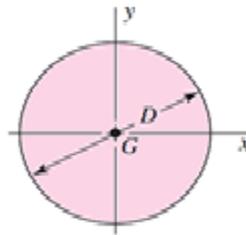
$$M_{\text{máx}} = 524163,75 \text{ N.mm} = 524,1 \text{ N.m}$$

$$R1 = 6353.5 \text{ N}$$

$$R2 = 6353.5 \text{ N}$$

Los valores de momento de inercia de sección circular se obtienen de la figura 48.

Figura 48 Inercias



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Fuente. (Budynas & Nisbett, 2006,p 564)

Al reemplazar la ecuación 3.43 en la ecuación 3.44:

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\tau_{zx} = \frac{Tr}{J}$$

Y sabiendo que:

$$c = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{D}{2}$$

Se obtiene:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi D^3}$$

$$\tau_{zx} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

Al calcular σ'

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi D^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi D^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{1}{D^3} \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{1}{D^3} \sqrt{\left(\frac{32 \times 524,16}{\pi}\right)^2 + 3\left(\frac{16 \times 63,63}{\pi}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{5371,19}{D^3}$$

Se calcula σ' , con un factor de seguridad 2 según como indica la tabla 7 y el límite elástico del acero SAE 4340 ver tabla 8.

Tabla 7 Factores de seguridad n (fs)

| Casos | Aplicaciones | [n] |
|--|---|-----------|
| Choques pequeños en el arranque | Motores eléctricos, bombas centrífugas. | 1,0 - 1,1 |
| Choques de nivel medio | Máquinas y motores alternativos. | 1,2 - 1,5 |
| Choques fuertes con frecuencia media de aplicación | Máquinas de punzonado y corte. | 1,5 - 2,0 |
| Choques fuertes con frecuencia alta de aplicación | Prensas de martillo, molinos de bolas. | 2,0 - 3,0 |

Fuente (Cujae, 2005, p 675)

Tabla 8 Propiedades mecánicas (Límite elástico)

| Propiedades Mecánicas (aprox. a temperatura ambiente) | Resistencia a la Tensión Mpa (Lb / in ²) | Límite Elástico Mpa (Lb / in ²) | % Elongación en 2.0" | Dureza HBN (HRC) |
|--|---|--|----------------------|-------------------------|
| | 850 a 1,000 (123,000 a 142,000) | 680 (98,000) | 12 | 247 - 301 (~24 a 32) |

Fuente (Norton, 1999, p 367-375)

$$\sigma' = \frac{S_y}{f_s} \quad \text{Ec.3.54}$$

$$\sigma' = \frac{680 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{2}$$

$$\sigma' = 340 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

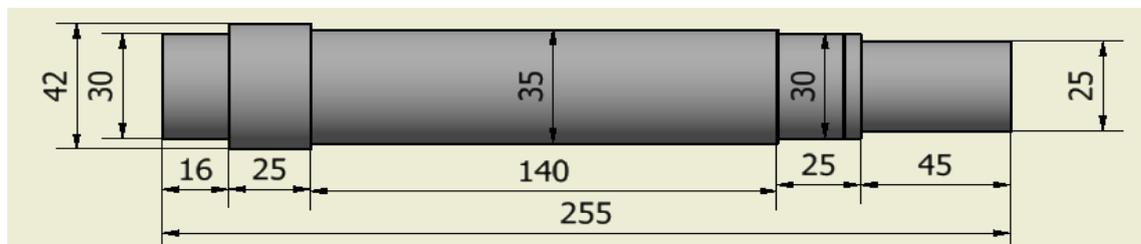
Se calcula el diámetro:

$$D = \sqrt[3]{\frac{5371,19}{340 \times 10^6}}$$

$$D = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

Al calcular el diámetro del eje se procede a diseñar con un diámetro de 25 mm ya que es la distancia mínima para el diámetro interno del rodillo como se observa en la figura 49

Figura 49 Diseño del eje



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.6.1.2 Cálculo de la deflexión del eje

Para el siguiente cálculo es necesario conocer cuáles son las fórmulas que se aplicarían para al calcular la deflexión del eje:

Donde:

σ_x = esfuerzo a la deflexión de eje

M_e = momento del eje

I_e = inercia del eje

S_y = resistencia de fluencia a la tracción (tablas)

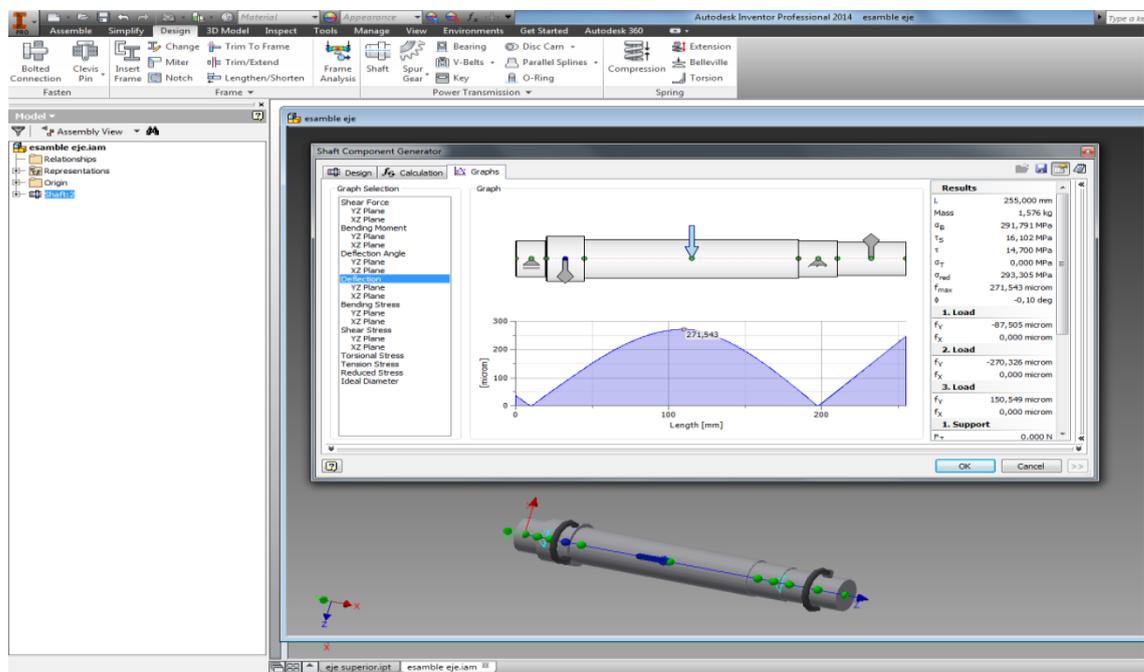
f_s = factor de Seguridad (tablas)

$$\sigma_x = \frac{M_e}{I_e} \quad \text{Ec.3.55}$$

$$\sigma' = \frac{S_y}{f_s} \quad \text{Ec.3.56}$$

En la figura 50 indica la comprobación en Autodesk Inventor utilizando los parámetros anteriormente mencionados:

Figura 50 Deflexión del eje



Elaborado por: Kleber Aguilar & Juan Paredes

Como se puede notar el software, da resultados de deformación lineal (deflexión) de 160 micras, y $0,17^\circ$. Con lo que se puede concluir que el eje no sufrirá deformaciones considerables, y el diseño es seguro.

3.7 Selección de rodamientos

Como indica la figura 51, los rodamientos no se diseñan se seleccionan y los parámetros fundamentales para la selección de dicho elemento son:

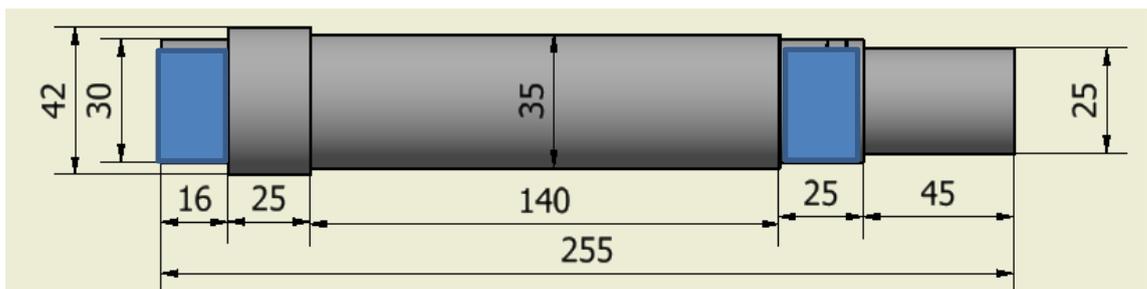
Carga estática

Carga dinámica

Velocidad angular

Tiempo vida

Figura 51 Lugar de rodamientos en el eje



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.7.1 Análisis previo:

Según la recomendación de distribuidores de rodamientos, catálogos y libros de diseño mecánico, para estos casos es recomendable trabajar con rodamientos de bolas ya que el eje está sometido tanto a cargas axiales como radiales y este tipo de rodamiento es perfecto para soportar dichas cargas.

Se tomara en cuenta también que la velocidad de rotación del eje es relativamente baja (38 rpm), lo que indica que los parámetros para tomar en cuenta son la carga estática y dinámica y el tiempo de vida.

3.7.2 Tiempo de vida del rodamiento

Se estima un tiempo de vida útil de los rodamientos de 720 horas analizando que se trabajara 3 horas en 240 días por ser una máquina con fines didácticos.

3.7.3 Cálculo de carga básica dinámica

Antes de realizar este cálculo es necesario conocer los siguientes datos de las tablas 9 y 10

Fl=factor de esfuerzo dinámico

Fn= factor de velocidad de giro (rodamientos FAG)

Tabla 9 Valores fl para rodamientos de bolas

| 31: Valores de f_L para rodamientos a bolas | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| L_h | f_L | L_h | f_L | L_h | f_L | L_h | f_L | L_h | f_L |
| h | | h | | h | | h | | h | |
| 100 | 0,585 | 420 | 0,944 | 1 700 | 1,5 | 6 500 | 2,35 | 28 000 | 3,83 |
| 110 | 0,604 | 440 | 0,958 | 1 800 | 1,53 | 7 000 | 2,41 | 30 000 | 3,91 |
| 120 | 0,621 | 460 | 0,973 | 1 900 | 1,56 | 7 500 | 2,47 | 32 000 | 4 |
| 130 | 0,638 | 480 | 0,986 | 2 000 | 1,59 | 8 000 | 2,52 | 34 000 | 4,08 |
| 140 | 0,654 | 500 | 1 | 2 200 | 1,64 | 8 500 | 2,57 | 36 000 | 4,16 |
| 150 | 0,669 | 550 | 1,03 | 2 400 | 1,69 | 9 000 | 2,62 | 38 000 | 4,24 |
| 160 | 0,684 | 600 | 1,06 | 2 600 | 1,73 | 9 500 | 2,67 | 40 000 | 4,31 |
| 170 | 0,698 | 650 | 1,09 | 2 800 | 1,78 | 10 000 | 2,71 | 42 000 | 4,38 |
| 180 | 0,711 | 700 | 1,12 | 3 000 | 1,82 | 11 000 | 2,8 | 44 000 | 4,45 |
| 190 | 0,724 | 750 | 1,14 | 3 200 | 1,86 | 12 000 | 2,88 | 46 000 | 4,51 |

Fuente (FAG, rodamientos, 2010, p.21)

Fl= 1,14

Para la elección de la velocidad de giro se trabaja con las RPM de salida del motor reductor que son 38 RPM y se verifican en la siguiente tabla 10. (rodamientos FAG).

Tabla 10 Valores f_n para rodamientos de rodillos

| 34: Valores de f_n para rodamientos de rodillos | | | | | | | | | |
|---|----------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| n | f_n | n | f_n | n | f_n | n | f_n | n | f_n |
| min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | | min^{-1} | |
| 10 | 1,44 | 55 | 0,861 | 340 | 0,498 | 1 800 | 0,302 | 9500 | 0,183 |
| 11 | 1,39 | 60 | 0,838 | 360 | 0,49 | 1 900 | 0,297 | 10000 | 0,181 |
| 12 | 1,36 | 65 | 0,818 | 380 | 0,482 | 2 000 | 0,293 | 11000 | 0,176 |
| 13 | 1,33 | 70 | 0,8 | 400 | 0,475 | 2 200 | 0,285 | 12000 | 0,171 |
| 14 | 1,3 | 75 | 0,784 | 420 | 0,468 | 2 400 | 0,277 | 13000 | 0,167 |
| 15 | 1,27 | 80 | 0,769 | 440 | 0,461 | 2 600 | 0,270 | 14000 | 0,163 |
| 16 | 1,25 | 85 | 0,755 | 460 | 0,455 | 2 800 | 0,265 | 15000 | 0,16 |
| 17 | 1,22 | 90 | 0,742 | 480 | 0,449 | 3 000 | 0,259 | 16000 | 0,157 |
| 18 | 1,2 | 95 | 0,73 | 500 | 0,444 | 3 200 | 0,254 | 17000 | 0,154 |
| 19 | 1,18 | 100 | 0,719 | 550 | 0,431 | 3 400 | 0,25 | 18000 | 0,151 |
| 20 | 1,17 | 110 | 0,699 | 600 | 0,42 | 3 600 | 0,245 | 19000 | 0,149 |
| 22 | 1,13 | 120 | 0,681 | 650 | 0,41 | 3 800 | 0,242 | 20000 | 0,147 |
| 24 | 1,1 | 130 | 0,665 | 700 | 0,401 | 4 000 | 0,238 | 22000 | 0,143 |
| 26 | 1,08 | 140 | 0,65 | 750 | 0,393 | 4 200 | 0,234 | 24000 | 0,139 |
| 28 | 1,05 | 150 | 0,637 | 800 | 0,385 | 4 400 | 0,231 | 26000 | 0,136 |
| 30 | [1,03] | 160 | 0,625 | 850 | 0,378 | 4 600 | 0,228 | 28000 | 0,133 |
| 32 | 1,01 | 170 | 0,613 | 900 | 0,372 | 4 800 | 0,225 | 30000 | 0,13 |
| 34 | 0,994 | 180 | 0,603 | 950 | 0,366 | 5 000 | 0,222 | 32000 | 0,127 |
| 36 | 0,977 | 190 | 0,593 | 1 000 | 0,36 | 5 500 | 0,216 | 34000 | 0,125 |
| 38 | 0,961 | 200 | 0,584 | 1 100 | 0,35 | 6 000 | 0,211 | 36000 | 0,123 |

Fuente (FAG, rodamientos, 2010, p.21)

$f_n = 0.961$

De la siguiente ecuación se despeja la carga básica dinámica:

Donde:

f_l = coeficiente dinámico

C_r = carga básica dinámica

P = carga total

f_n = factor de velocidad.

$$f_l = \frac{C_r}{P} * f_n \quad \text{Ec.3.57}$$

$$C_r = \frac{f_l}{f_n} * P$$

$$Cr = \frac{1,14}{0,961} * 12707N$$

$$Cr = 15073N$$

3.7.3.1 Carga básica estática.

Para encontrar la carga básica estática se aplica la siguiente ecuación: (ver tabla 11 y 12).

$$Cor = Fs * Po \quad \text{Ec.3.58}$$

Donde:

Cor= carga básica estática

Po= carga total

Fs= factor de esfuerzo estática

Tabla 11 Factor estático

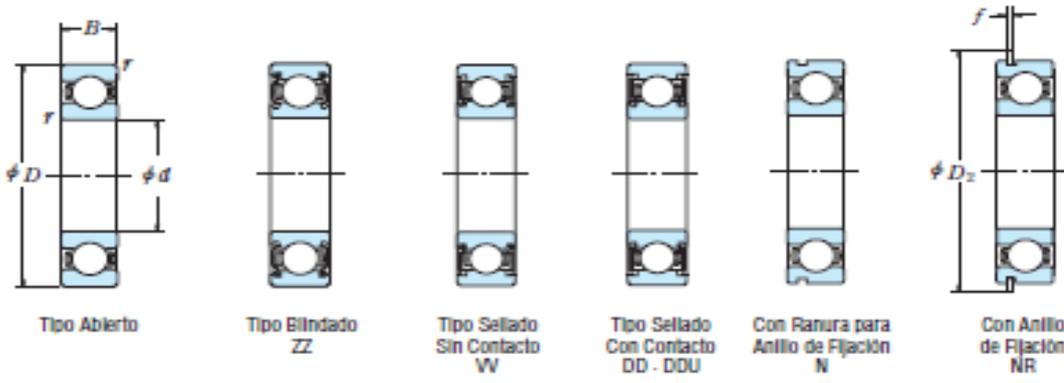
El factor estático f_s es un medida de la seguridad contra las excesivas deformaciones plásticas en las áreas de contacto de los elementos rodantes. Los rodamientos de los rodillos de laminación generalmente no están verificados frente a la seguridad estática. En este caso, sería conveniente: $f_s = 1,8...2$

Fuente. (FAG, rodamientos, 2010, p. 18)

$$Cor = 1,8 * 12707N$$

$$Cor = 22877N$$

Tabla 12 Tabla de tipos de rodamientos



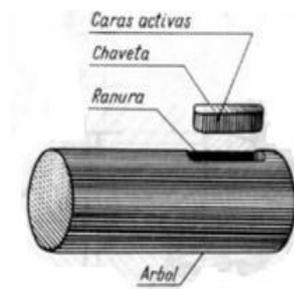
| Dimensiones (mm) | | | | Indicadores de Carga Básica (N) | | | | Factor f_0 | Velocidad Límite (rpm) | | | Números de Rodamiento | | |
|------------------|-----|-----|----------|---------------------------------|----------|-------|----------|-------------------|------------------------|-----------|--------|-----------------------|----------|---------|
| d | D | B | r mín. | C_r | C_{0r} | C_r | C_{0r} | | Grasa | | Aceite | Abierto | Blindado | Sellado |
| | | | | | | | | Abierto Z-ZZ V-VV | DU DDU | Abierto Z | | | | |
| 25 | 37 | 7 | 0.3 | 4 500 | 3 150 | 455 | 320 | 16.1 | 18 000 | 10 000 | 22 000 | 6805 | ZZ | DD |
| | 42 | 9 | 0.3 | 7 050 | 4 550 | 715 | 480 | 15.4 | 16 000 | 10 000 | 19 000 | 6905 | ZZ | DDU |
| | 47 | 8 | 0.3 | 8 850 | 5 600 | 905 | 570 | 15.1 | 15 000 | — | 18 000 | 16005 | — | — |
| | 47 | 12 | 0.6 | 10 100 | 5 850 | 1 030 | 585 | 14.5 | 15 000 | 9 500 | 18 000 | 6005 | ZZ | DDU |
| | 52 | 15 | 1 | 14 000 | 7 850 | 1 430 | 800 | 13.9 | 13 000 | 9 000 | 15 000 | 6205 | ZZ | DDU |
| 28 | 62 | 17 | 1.1 | 20 600 | 11 200 | 2 100 | 1 150 | 13.2 | 11 000 | 8 000 | 13 000 | 6305 | ZZ | DDU |
| | 52 | 12 | 0.6 | 12 500 | 7 400 | 1 270 | 755 | 14.5 | 14 000 | 8 500 | 16 000 | 60/28 | ZZ | DDU |
| | 58 | 16 | 1 | 16 600 | 9 500 | 1 700 | 970 | 13.9 | 12 000 | 8 000 | 14 000 | 62/28 | ZZ | DDU |
| | 68 | 18 | 1.1 | 26 700 | 14 000 | 2 730 | 1 430 | 12.4 | 10 000 | 7 500 | 13 000 | 63/28 | ZZ | DDU |
| 30 | 42 | 7 | 0.3 | 4 700 | 3 650 | 480 | 370 | 16.4 | 15 000 | 9 000 | 18 000 | 6806 | ZZ | DD |
| | 47 | 9 | 0.3 | 7 250 | 5 000 | 740 | 510 | 15.8 | 14 000 | 8 500 | 17 000 | 6906 | ZZ | DDU |
| | 55 | 9 | 0.3 | 11 200 | 7 350 | 1 150 | 750 | 15.2 | 13 000 | — | 15 000 | 16006 | — | — |
| | 55 | 13 | 1 | 13 200 | 8 300 | 1 350 | 845 | 14.7 | 13 000 | 8 000 | 15 000 | 6006 | ZZ | DDU |
| | 62 | 16 | 1 | 19 500 | 11 300 | 1 990 | 1 150 | 13.8 | 11 000 | 7 500 | 13 000 | 6206 | ZZ | DDU |
| 32 | 72 | 19 | 1.1 | 26 700 | 15 000 | 2 720 | 1 530 | 13.3 | 9 500 | 6 700 | 12 000 | 6306 | ZZ | DDU |
| | 58 | 13 | 1 | 15 100 | 9 150 | 1 530 | 935 | 14.5 | 12 000 | 7 500 | 14 000 | 60/32 | ZZ | DDU |
| | 65 | 17 | 1 | 20 700 | 11 600 | 2 120 | 1 190 | 13.6 | 10 000 | 7 100 | 12 000 | 62/32 | ZZ | DDU |
| | 75 | 20 | 1.1 | 29 900 | 17 000 | 3 050 | 1 730 | 13.2 | 9 000 | 6 300 | 11 000 | 63/32 | ZZ | DDU |

Fuente. (rodamientos, NSK, 2008, p.7)

3.8 Cálculo de chavetas

Las chavetas son uniones fácilmente desmontables, y por lo tanto muy utilizadas en las máquinas que tienen movimiento de giro tal como se observa en la figura 52.

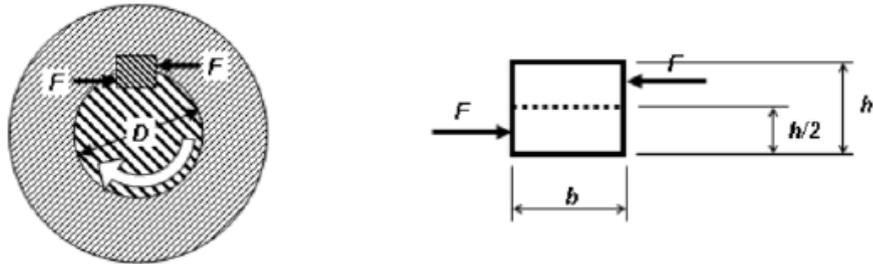
Figura 52 Chavetas



Fuente (chavetas, 2014, p 1)

La chaveta a diseñar ira acoplada entre las catarinas y el rodillo y para su diseño se utiliza la tabla 13, como se muestra la figura 53.

Figura 53 Esquema de chavetas



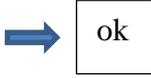
Fuente (Mecánicos, 2012, p. 1)

Según la norma DIN las dimensiones de la chaveta son según el diámetro del eje:

Diámetro del eje calculado = 25mm

Tabla 13 Diámetro del eje vs Dimensiones de la chaveta

| Ø eje d mm desde-hasta | Medidas chaveta b x h mm |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 17-22 | 6x6 |
| 22-30 | 8x7 |
| 30-38 | 10x8 |
| 38-44 | 12x8 |
| 44-50 | 14x9 |



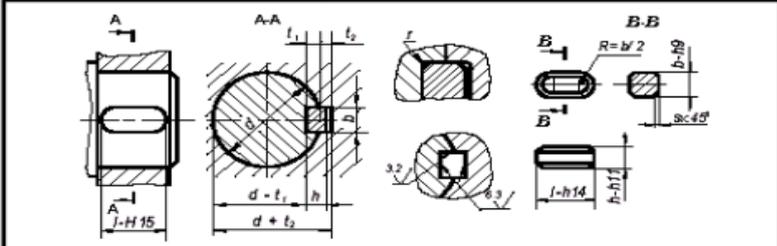
Fuente (dimensiones, 2014, p.1)

Las dimensiones de la chaveta son las siguientes:

$b \times h = 8 \times 7 \text{ mm}$

En la tabla 14 se comprueba que las dimensiones de la chaveta están acorde con el diámetro del eje que es de 25 mm.

Tabla 14 Dimensiones de la chaveta



| Diámetro del árbol d, mm | Medida nominal de la chaveta, mm | | Medida nominal del chavetero, mm | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| | b x h | Chafilán S | | Profundidad | | Radio r | |
| | | máx | mín | En el árbol | En el cubo t ₂ | máx | mín |
| 6 a 8 | 2 x 2 | | | 1.2 | 1.0 | | |
| 8 a 10 | 3 x 3 | 0.25 | 0.16 | 1.8 | 1.4 | 0.16 | 0.08 |
| 10 a 12 | 4 x 4 | | | 2.5 | 1.8 | | |
| 12 a 17 | 5 x 5 | | | 3.0 | 2.3 | | |
| 17 a 22 | 6 x 6 | 0.40 | 0.25 | 3.5 | 2.8 | 0.25 | 0.16 |
| 22 a 30 | 7 x 7 | | | 4.0 | 3.3 | | |
| 22 a 30 | 8 x 7 | | | 4.0 | 3.3 | | |
| 30 a 38 | 10 x 8 | | | 5.0 | 3.3 | | |
| 38 a 44 | 12 x 8 | | | 5.0 | 3.3 | | |
| 44 a 50 | 14 x 9 | 0.60 | 0.40 | 5.5 | 3.8 | 0.40 | 0.25 |
| 50 a 58 | 16 x 10 | | | 6.0 | 4.3 | | |
| 58 a 65 | 18 x 11 | | | 7.0 | 4.4 | | |
| 65 a 75 | 20 x 12 | | | 7.5 | 4.9 | | |
| 75 a 85 | 22 x 14 | 0.80 | 0.60 | 9.0 | 5.4 | 0.60 | 0.40 |
| 85 a 95 | 25 x 14 | | | 9.0 | 5.4 | | |
| 95 a 110 | 28 x 16 | | | 10.0 | 6.4 | | |
| 110 a 130 | 32 x 18 | | | 11.0 | 7.4 | | |
| 130 a 150 | 36 x 20 | | | 12.0 | 8.4 | | |
| 150 a 170 | 40 x 22 | 1.2 | 1.00 | 13.0 | 9.4 | 1.0 | 0.7 |
| 170 a 200 | 45 x 25 | | | 15.0 | 10.4 | | |
| 200 a 230 | 50 x 28 | | | 17.0 | 11.4 | | |

OK

Fuente (Slidershare, 2010, p 1)

3.8.1 Comprobación de resistencia de la chaveta

El cálculo de la fuerza cortante que va estar sometida las chavetas es analizada con la siguiente ecuación.

$$F_c = \frac{T}{r} \quad \text{Ec.3.59}$$

Donde:

F_c = fuerza cortante

r = radio del eje

T = torque del rodillo

$$F_c = \frac{7920 \text{ Nmm}}{12.5 \text{ mm}}$$

$$F_c = 633.6 \text{ N}$$

De los resultados anteriores se obtendrá el esfuerzo de la fuerza sobre el área de la chaveta

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec.3.60}$$

$$\sigma' = \frac{633.6 \text{ N}}{(8 \cdot 7) \text{ mm}^2}$$

$$\sigma' = 11.31 \text{ MPa}$$

De la tabla 15 el material a usar es 1045 SAE por ser un acero laminado en caliente con una resistencia última de 570 Mpa, se procede a calcular el factor de servicio.

Tabla 15 Características del acero 1045

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 UNS núm. | 2 SAE y/o AISI núm. | 3 Procesa- miento | 4 Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | 5 Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi) | 6 Elongación en 2 pulg, % | 7 Reducción en área, % | 8 Dureza Brinell |
|---------------|---------------------------|-------------------------|--|---|---------------------------------|------------------------------|------------------------|
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |
| G10450 | (1045) | HR | 570 (82) | 310 (45) | 16 | 40 | 163 |
| | | CD | 630 (91) | 530 (77) | 12 | 35 | 179 |
| G10500 | 1050 | HR | 620 (90) | 340 (49.5) | 15 | 35 | 179 |
| | | CD | 690 (100) | 580 (84) | 10 | 30 | 197 |
| G10600 | 1060 | HR | 680 (98) | 370 (54) | 12 | 30 | 201 |
| G10800 | 1080 | HR | 770 (112) | 420 (61.5) | 10 | 25 | 229 |
| G10950 | 1095 | HR | 830 (120) | 460 (66) | 10 | 25 | 248 |

Fuente (Shigley, 2008, p.1020)

$$\sigma = 0.5 \cdot S_{ut} \quad \text{Ec.3.61}$$

$$\sigma = 0.5 \cdot 570 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 285 \text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{\sigma}{\sigma'} \quad \text{Ec.3.62}$$

$$F_s = \frac{285 \text{ MPa}}{11.31 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 25$$

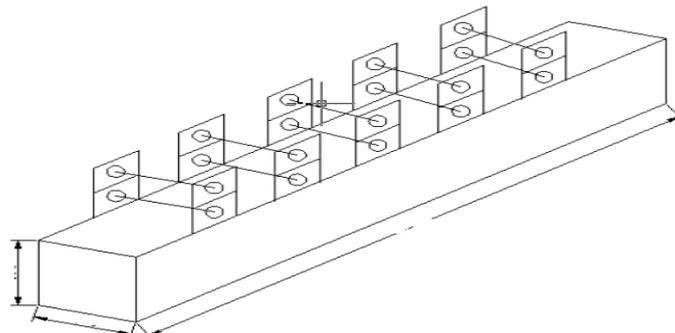
3.9 Análisis estructural

Se procederá al diseño de elementos de la meza para establecer las fuerzas y momentos que estará sometida dicha estructura.

3.9.1 Comportamiento estructural

Para cada perfil estructural que conforma la meza se debe analizar sus dimensiones geométricas para realizar los cálculos necesarios para cada elemento, como muestra la figura 54.

Figura 54 Esquema de la mesa



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Donde:

Longitud total de la meza: 1100 mm

Altura de la meza: 750 mm

Ancho de la meza: 320 mm

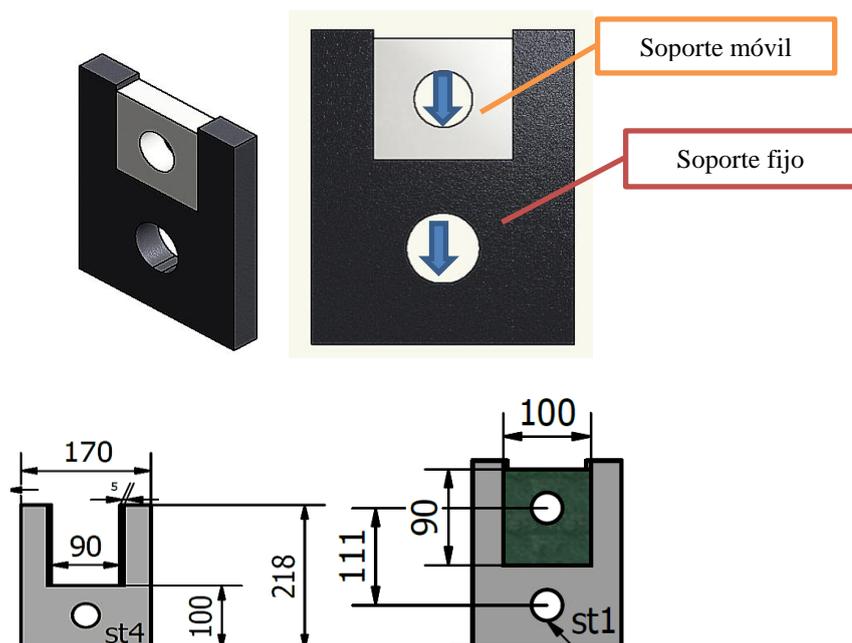
Ancho de los rodillos: 210 mm

Distancia entre rodillos: 190 mm

3.9.2 Estado de cargas de los soporte de ejes

Previo al análisis particular del estado de carga de los elementos que constituye la bancada, es necesario tomar en cuenta que este dispositivo de soporte, es una estructura rígida sometida a carga, como muestra la figura 55.

Figura 55 Diseño de soportes

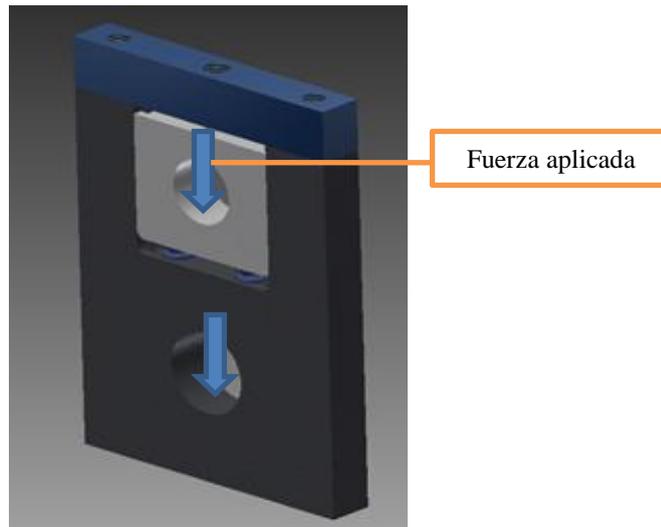


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.9.3 Diseño soporte móvil

El diseño a corte, la fuerza estará aplicada en el agujero del soporte móvil, como se observa en la figura 56.

Figura 56 Soporte móvil



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Al utilizar la fórmula de esfuerzo cortante se tiene:

$$\tau = \frac{F}{A} \qquad \text{Ec. 3.63}$$

Donde:

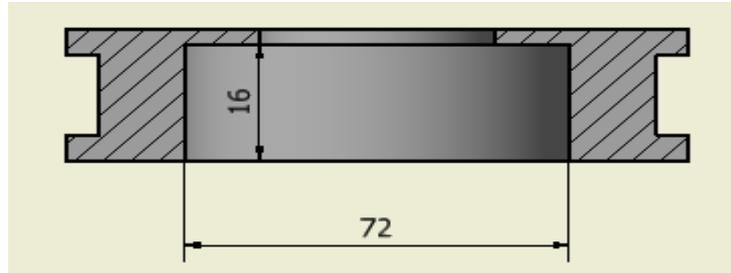
F = fuerza aplicada

A = área del plano del corte

e = espesor

Los lados del área de corte son: 72 mm de largo por 16 mm de ancho como se observan en la figura 57.

Figura 57 Área de corte del soporte móvil



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$\tau = \frac{3176,75\text{N}}{1,152 \cdot 10^{-3} \text{ e m}^2} \quad \text{Ec. 3.64}$$

Para determinar el espesor, se trabajara con acero ASTM A-36 ($S_y = 36 \text{ ksi} = 248 \text{ MPa}$). Se utiliza también la fórmula del esfuerzo cortante permisible

$$\tau_{\text{perm}} = 0,4 S_y \quad \text{Ec. 3.65}$$

Al igualar las ecuaciones 3.57 y 3.58 se tiene:

$$0,45 S_y = \frac{3176,75 \text{ N}}{1,152 \times 10^{-3} \text{ e}}$$

Despejando el espesor:

$$e = \frac{3176,75 \text{ N}}{1,152 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 (0,45 \times 248 \times 10^6 \text{ MPa})}$$
$$e = 25 \text{ mm}$$

Por existencia del material en el mercado se usa placas de 25 mm de espesor, con lo que se calcula el factor de seguridad.

$$\tau = \sigma' = \frac{3176,75 \text{ N}}{1,152 \times 10^{-3} \text{ mm}^2} = 2.76 \text{ MPa}$$

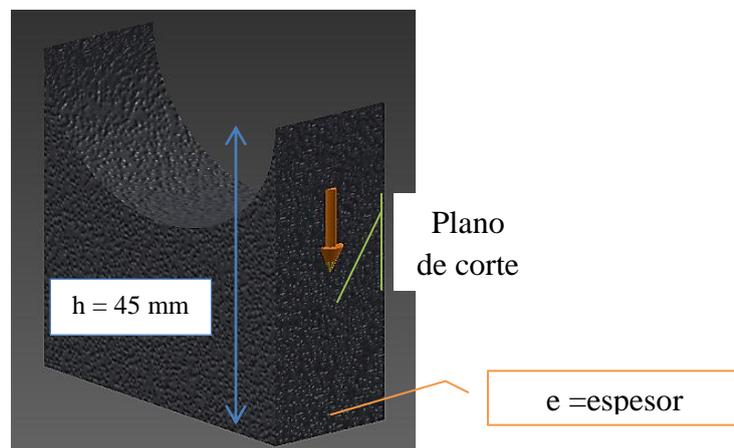
$$f_s = \frac{\sigma}{\sigma'}$$

Ec.3.66

$$f_s = \frac{0,45 \times 248 \text{ MPa}}{2.76 \text{ MPa}} = 40$$

Comprobación en Autodesk Inventor como se muestra en las figura 58, 59 y 60.

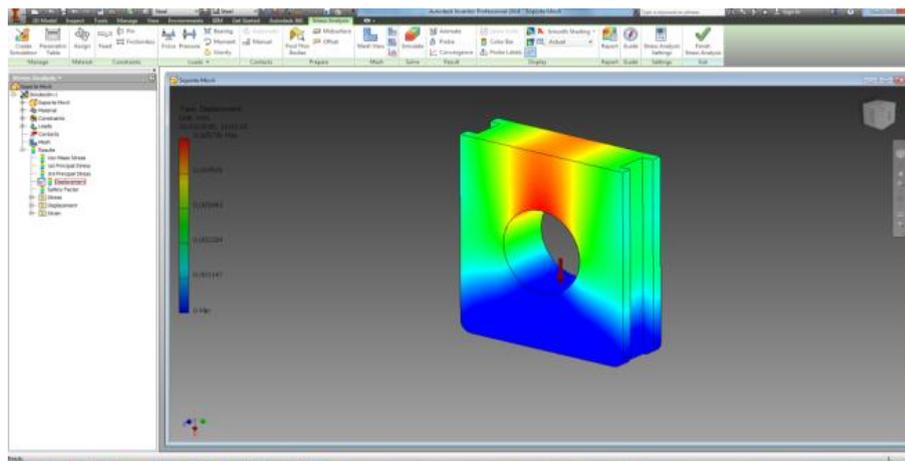
Figura 58 Distancia en corte soporte móvil



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Desplazamientos:

Figura 59 Análisis de fuerza máxima en el soporte móvil (Inventor)



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Figura 60 Tabla de resultados soporte móvil

☐ **Result Summary**

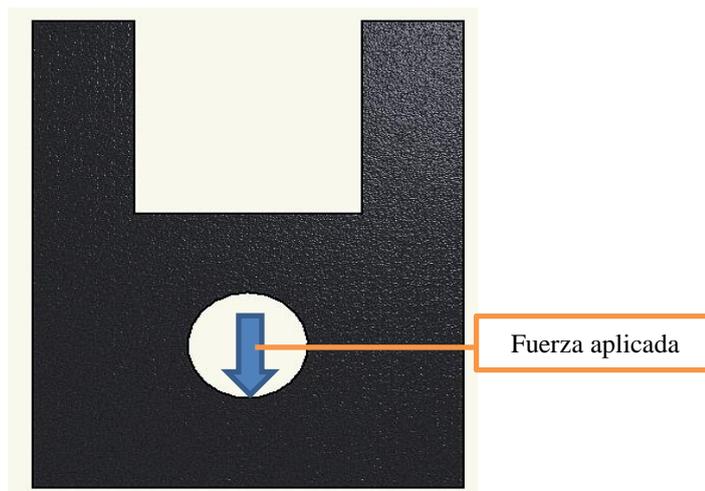
| Name | Minimum | Maximum |
|---------------|------------------------|---------------|
| Volume | 658637 mm ³ | |
| Mass | 5,1703 kg | |
| Displacement | 0 mm | 0,00898206 mm |
| Safety Factor | 3,36161 ul | 15 ul |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.9.4 Diseño de soporte fijo

De igual manera se procede a calcular el diseño a corte, la fuerza aplicada en el agujero del soporte fijo, como se observa en las figuras 61 y 62.

Figura 61 Soporte Fijo



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

$$\sigma' = \frac{F}{A} \quad \text{Ec.3.67}$$

$$\sigma' = \frac{3176,75 \text{ N}}{1.152 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2}$$

$$\sigma' = 2,75 \text{ Mpa}$$

De la tabla 16 se procede a calcular con un material de acero 1018 con una resistencia de 440 Mpa

Tabla 15 Resistencia mínima a la tensión y fluencia del acero

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| UNS núm. | SAE y/o AISI núm. | Procesamiento | Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi) | Elongación en 2 pulg, % | Reducción en área, % | Dureza Brinell |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | (1018) | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |
| G10450 | 1045 | HR | 570 (82) | 310 (45) | 16 | 40 | 163 |
| | | CD | 630 (91) | 530 (77) | 12 | 35 | 179 |
| G10500 | 1050 | HR | 620 (90) | 340 (49.5) | 15 | 35 | 179 |
| | | CD | 690 (100) | 580 (84) | 10 | 30 | 197 |
| G10600 | 1060 | HR | 680 (98) | 370 (54) | 12 | 30 | 201 |
| G10800 | 1080 | HR | 770 (112) | 420 (61.5) | 10 | 25 | 229 |
| G10950 | 1095 | HR | 830 (120) | 460 (66) | 10 | 25 | 248 |

Fuente. (Shigley, 2008, p. 473)

$$\sigma = 0.45 \cdot \sigma_{ut} \quad \text{Ec.3.68}$$

$$\sigma = 0.45 \cdot 440 \text{ Mpa}$$

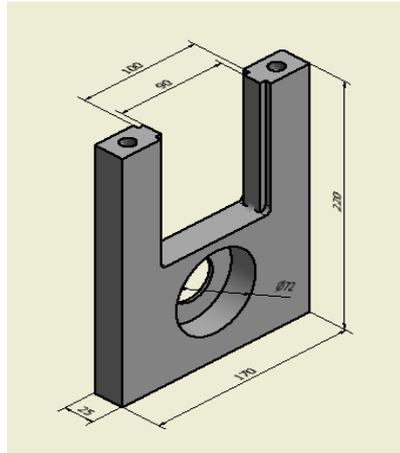
$$\sigma = 198 \text{ Mpa}$$

$$F_s = \frac{\sigma}{\sigma'} \quad \text{Ec.3.69}$$

$$F_s = \frac{198 \text{ Mpa}}{2.76 \text{ Mpa}}$$

$$F_s = 72$$

Figura 62 Medidas del soporte fijo

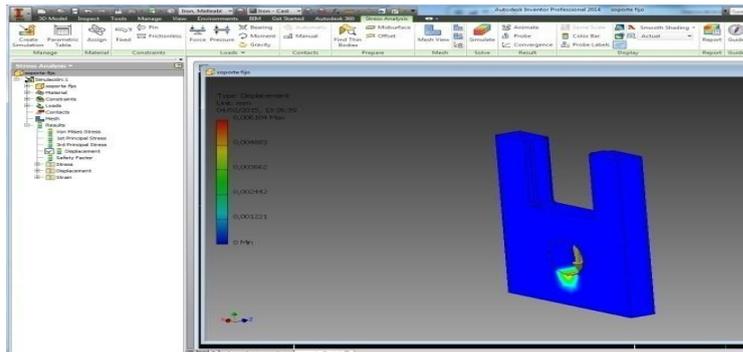


Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Comprobación en Autodesk Inventor del soporte fijo con una carga, como se muestra en las figuras 63 y 64.

Desplazamiento

Figura 63 Análisis de desplazamiento del soporte móvil (inventor)



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Figura 64 Tabla de resultados soporte fijo

☐ **Result Summary**

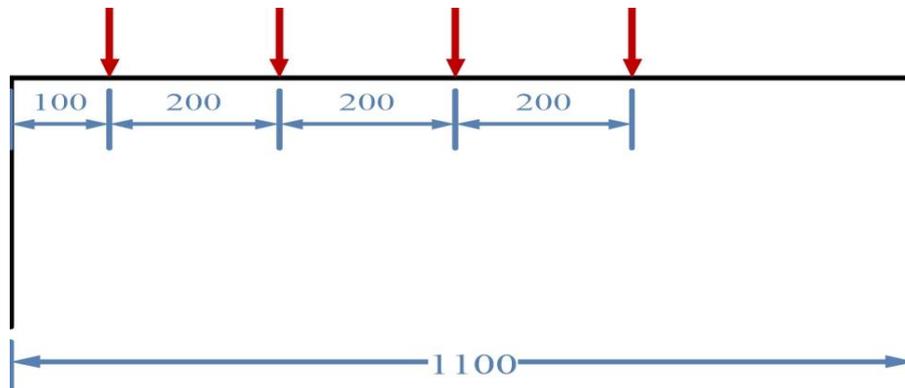
| Name | Minimum | Maximum |
|---------------|------------------------|---------------|
| Volume | 658637 mm ³ | |
| Mass | 5,1703 kg | |
| Displacement | 0 mm | 0,00611168 mm |
| Safety Factor | 3,44311 ul | 15 ul |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.10 Diseño de la bancada

Si bien la mesa tiene una placa, cuya función es distribuir uniformemente las cargas, se analizará la situación más crítica, que es con cargas puntuales provocadas por los apoyos de los rodillos como se observa en las figura 65 y 66.

Figura 65 Análisis de fuerzas en la bancada



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

El valor de las cargas aplicadas es el mismo para todas (se aplica el criterio de simetría en el diseño)

$$P = F_{\text{contacto}} + F_{\text{doblado}} + P_{\text{Peso}_{\text{rodillos}}} \quad \text{Ec. 3.70}$$

$$P = 7099 + 5575 + 126 = 12800 \text{ N}$$

Se analiza la viga superior:

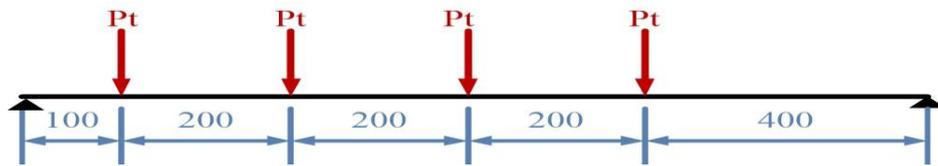
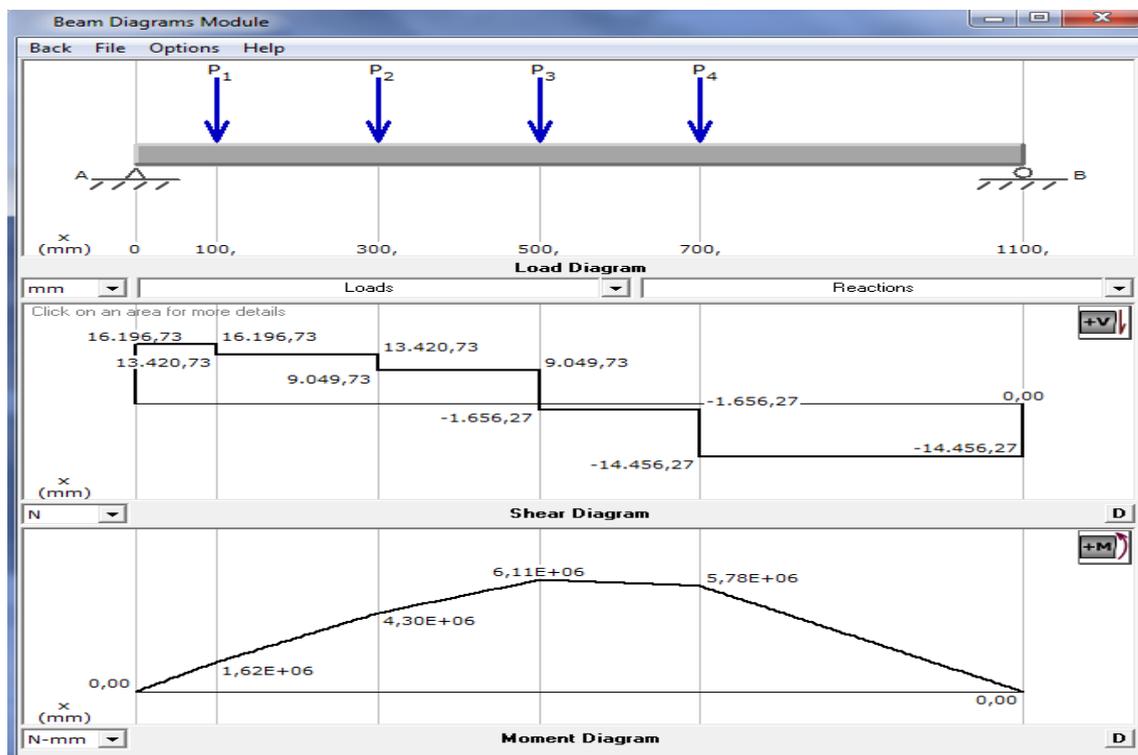


Figura 66 Análisis de diagrama de momentos de la bancada



Fuente Kleber Aguilar, Juan Paredes

De los datos del software, se obtiene:

$$M_{\max} = 6,11 \times 10^6 \text{ N.mm} = 611 \text{ N.m}$$

$$S = 1,34 \text{ plg}^3 = 2,19 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$R_a = 16196,73 \text{ N}$$

$$R_b = 14456,27 \text{ N}$$

La placa hace la función de distribuir la carga uniformemente en las cuatro vigas que conforman la parte superior de la mesa, para el diseño se procederá de la siguiente manera:

1) Cálculo de la carga distribuida lineal:

a. Carga total dividida para cada longitud de la viga:

$$P=12800 \text{ N}$$

b. Para vigas largas $L= 1100 \text{ mm} = 1,1 \text{ m}$

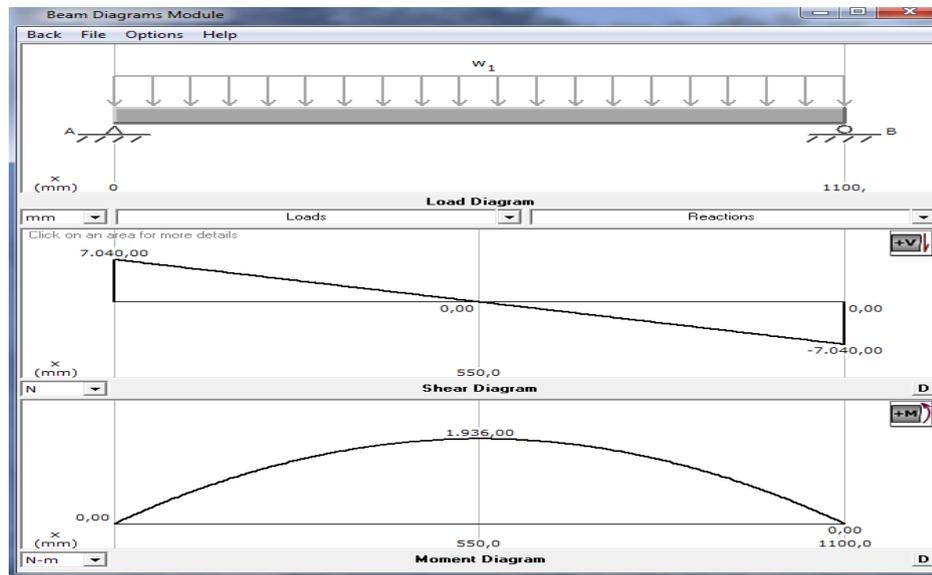
$$w_1 = \frac{12800 \text{ N}}{1,1 \text{ m}} = 11636,36 \text{ N/m}$$

c. Para vigas cortas $L= 320 \text{ mm} = 0,32 \text{ m}$

$$w_2 = \frac{12800 \text{ N}}{0,32 \text{ m}} = 40000 \text{ N/m}$$

Se diseña para la mayor carga distribuida como se observa en la figura 67.

Figura 67 Análisis de la bancada con carga distribuida



Fuente. Kleber Aguilar, Juan Paredes

Donde:

S= módulo de la sección

σ =esfuerzo a flexión

Mmax = 19,36 N.m

Con un Sy (Resistencia a la tensión del material) = 250MPa

Se despeja S:

$$S = \frac{M}{\sigma} = \frac{19,36 \text{ Nm}}{0,6(250 \times 10^6)} = 1.29 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 0,78 \text{ plg}^3 \quad \text{Ec.3.71}$$

Del catálogo AISC, se buscara la selección del tubo calculado (ver tabla 16).

Tabla 16 Tabla de selección de tubos cuadrado

| Shape | Design Wall Thickness, <i>t</i> | Nominal WT. | Area, <i>A</i> | <i>b/t</i> | <i>h/t</i> | <i>I</i> | <i>S</i> | <i>r</i> | <i>Z</i> | Workable Flat | Torsion | | Surface Area |
|---------------------|---------------------------------|-------------|----------------|------------|------------|----------|----------|----------|----------|---------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | <i>J</i> | <i>C</i> | |
| | | | | | | | | | | | in. ⁴ | in. ³ | |
| HSS4×4×1/2 | 0.465 | 21.50 | 6.02 | 5.60 | 5.60 | 11.9 | 5.97 | 1.41 | 7.70 | — | 21.0 | 11.2 | 1.20 |
| ×3/8 | 0.349 | 17.20 | 4.78 | 8.46 | 8.46 | 10.3 | 5.13 | 1.47 | 6.39 | 2 ⁵ / ₁₆ | 17.5 | 9.14 | 1.23 |
| ×5/16 | 0.291 | 14.78 | 4.10 | 10.7 | 10.7 | 9.14 | 4.57 | 1.49 | 5.59 | 2 ⁵ / ₁₆ | 15.3 | 7.91 | 1.25 |
| ×1/4 | 0.233 | 12.18 | 3.37 | 14.2 | 14.2 | 7.80 | 3.90 | 1.52 | 4.69 | 2 ⁷ / ₁₆ | 12.8 | 6.56 | 1.27 |
| ×3/16 | 0.174 | 9.40 | 2.58 | 20.0 | 20.0 | 6.21 | 3.10 | 1.55 | 3.67 | 3 ³ / ₁₆ | 10.0 | 5.07 | 1.28 |
| ×1/8 | 0.116 | 6.45 | 1.77 | 31.5 | 31.5 | 4.40 | 2.20 | 1.58 | 2.56 | 3 ⁷ / ₁₆ | 6.91 | 3.49 | 1.30 |
| HSS3 1/2×3 1/2×3/8 | 0.349 | 14.65 | 4.09 | 7.03 | 7.03 | 6.49 | 3.71 | 1.26 | 4.69 | — | 11.2 | 6.77 | 1.07 |
| ×5/16 | 0.291 | 12.65 | 3.52 | 9.03 | 9.03 | 5.84 | 3.34 | 1.29 | 4.14 | 2 ¹ / ₁₆ | 9.89 | 5.90 | 1.08 |
| ×1/4 | 0.233 | 10.48 | 2.91 | 12.0 | 12.0 | 5.04 | 2.88 | 1.32 | 3.50 | 2 ³ / ₁₆ | 8.35 | 4.92 | 1.10 |
| ×3/16 | 0.174 | 8.13 | 2.24 | 17.1 | 17.1 | 4.05 | 2.31 | 1.35 | 2.76 | 2 ¹ / ₁₆ | 6.56 | 3.83 | 1.12 |
| ×1/8 | 0.116 | 5.60 | 1.54 | 27.2 | 27.2 | 2.90 | 1.66 | 1.37 | 1.93 | 2 ¹⁵ / ₁₆ | 4.58 | 2.65 | 1.13 |
| HSS3×3×3/8 | 0.349 | 12.09 | 3.39 | 5.60 | 5.60 | 3.78 | 2.52 | 1.06 | 3.25 | — | 6.64 | 4.74 | 0.900 |
| ×5/16 | 0.291 | 10.53 | 2.94 | 7.31 | 7.31 | 3.45 | 2.30 | 1.08 | 2.90 | — | 5.94 | 4.18 | 0.917 |
| ×1/4 | 0.233 | 8.78 | 2.44 | 9.88 | 9.88 | 3.02 | 2.01 | 1.11 | 2.48 | — | 5.08 | 3.52 | 0.933 |
| ×3/16 | 0.174 | 6.85 | 1.89 | 14.2 | 14.2 | 2.46 | 1.64 | 1.14 | 1.97 | 2 ³ / ₁₆ | 4.03 | 2.76 | 0.950 |
| ×1/8 | 0.116 | 4.75 | 1.30 | 22.9 | 22.9 | 1.78 | 1.19 | 1.17 | 1.40 | 2 ⁷ / ₁₆ | 2.84 | 1.92 | 0.967 |
| HSS2 1/2×2 1/2×5/16 | 0.291 | 8.40 | 2.35 | 5.59 | 5.59 | 1.82 | 1.46 | 0.880 | 1.88 | — | 3.20 | 2.74 | 0.750 |
| ×1/4 | 0.233 | 7.08 | 1.97 | 7.73 | 7.73 | 1.63 | 1.30 | 0.908 | 1.63 | — | 2.79 | 2.35 | 0.767 |
| ×3/16 | 0.174 | 5.57 | 1.54 | 11.4 | 11.4 | 1.35 | 1.08 | 0.937 | 1.32 | — | 2.25 | 1.86 | 0.784 |
| ×1/8 | 0.116 | 3.99 | 1.07 | 18.6 | 18.6 | 0.998 | 0.709 | 0.965 | 0.947 | — | 1.61 | 1.31 | 0.800 |
| HSS2 1/2×2 1/2×1/4 | 0.233 | 6.23 | 1.74 | 6.66 | 6.66 | 1.13 | 1.01 | 0.806 | 1.28 | — | 1.96 | 1.85 | 0.683 |
| ×3/16 | 0.174 | 4.94 | 1.37 | 9.93 | 9.93 | 0.953 | 0.847 | 0.835 | 1.04 | — | 1.60 | 1.48 | 0.700 |
| ×1/8 | 0.116 | 3.47 | 0.956 | 16.4 | 16.4 | 0.712 | 0.633 | 0.863 | 0.755 | — | 1.15 | 1.05 | 0.717 |
| HSS2×2×1/4 | 0.233 | 5.38 | 1.51 | 5.58 | 5.58 | 0.747 | 0.747 | 0.704 | 0.964 | — | 1.31 | 1.41 | 0.600 |
| ×3/16 | 0.174 | 4.30 | 1.19 | 8.49 | 8.49 | 0.641 | 0.641 | 0.733 | 0.797 | — | 1.09 | 1.14 | 0.617 |
| ×1/8 | 0.116 | 3.04 | 0.840 | 14.2 | 14.2 | 0.486 | 0.486 | 0.761 | 0.584 | — | 0.796 | 0.817 | 0.633 |

Fuente. (AISC, 2013,p 342)

Ya seleccionado el tubo cuadrado 2 ½ pulgadas, por existir en el mercado el tubo, se comparara para dicho tubo:

$$S = 0,78 \text{ plg}^3 = 1.29 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{\text{m}\ddot{a}\text{x}} = 19.36 \text{ N.m}$$

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. 3.72}$$

$$\sigma = \frac{19,36 \text{ Nm}}{1.29 \times 10^{-5} \text{ m}^3} = 150 \text{ MPa}$$

$$f_s = \frac{0,6 S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. 3.73}$$

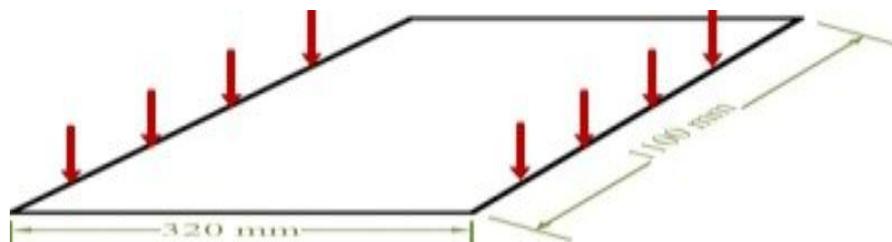
$$f_s = \frac{0,6 (250)}{150} = 1$$

Por lo tanto se trabajará con un tubo cuadrado de 2 ½ “

3.10.1. Diseño de la placa

El diseño de placa, es un elemento estructural que trabaja predominantemente a flexión como muestra la figura 68.

Figura 68 Esquema de cargas distribuidas en la placa plana.



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Para esto se usará la teoría de “Placas Planas” (ver tabla 17).

Tabla 17 Carga distribuida para placas planas

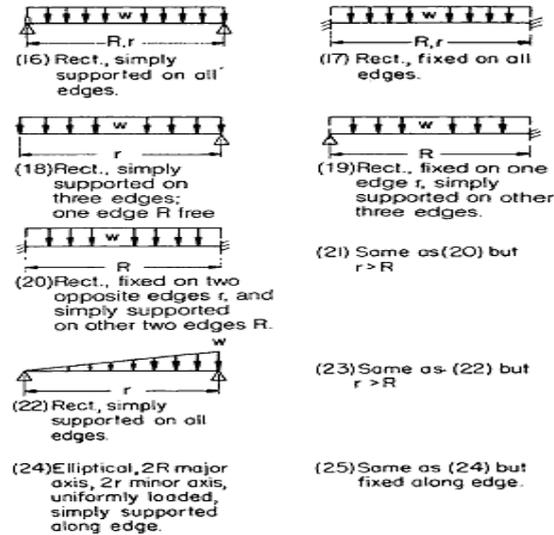


Fig. 5.2.70 Rectangular and elliptical plates. [*R* is the longer dimension except in cases (21) and (23).]

Fuente. (Avalone, Baumeister, & Sadegh, 2007, p 324)

Al no encontrar un estado de carga similar a las muestras presentadas, se realizó el cálculo previo con una placa rectangular apoyada en todos sus extremos, con una carga uniformemente distribuida en toda su superficie.

$$\text{Carga total} = 4 * 12800 = 51200 \text{ N}$$

$$\text{Área} = 1,1 * 0,32 = 0,352 \text{ m}^2$$

$$w_d = \frac{51200 \text{ N}}{0,352 \text{ m}^2} = 145 \text{ MPa}$$

De la fórmula:

$$y_m = k_1 \frac{w_d R^4}{E t^3} \tag{Ec. 3.74}$$

Donde:

y_m = deflexión máxima

k_1 = factor de corrección

W_d = carga distribuida

R= largo de la placa

r = ancho de la placa

E= módulo de elasticidad (200 GPa acero A-36)

t= espesor de la placa

Se despeja t:

$$t = \sqrt[3]{\frac{k_1 w_d R^4}{E y_m}} \quad \text{Ec. 3.75}$$

Se toma el valor k_1 de la tabla 18.

Tabla 18 Factor de corrección k_1

Table 5.2.20 Coefficients k and k_1 for Rectangular and Elliptical Plates
($\mu = 0.3$)

| Case | R/r | | | | | | | | | |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | 1.0 | | 1.5 | | 2.0 | | 3.0 | | 4.0 | |
| | k | k_1 |
| 16 | 0.287 | 0.0443 | 0.487 | 0.0843 | 0.610 | 0.1106 | 0.713 | 0.1336 | 0.741 | 0.1400 |
| 17 | 0.308 | 0.0138 | 0.454 | 0.0240 | 0.497 | 0.0277 | 0.500 | 0.028 | 0.500 | 0.028 |
| 18 | 0.072 | 0.140 | 0.700 | 0.140 | 0.792 | 0.140 | 0.790 | 0.140 | 0.800 | 0.140 |
| 19 | 0.500 | 0.030 | 0.670 | 0.070 | 0.730 | 0.101 | 0.750 | 0.132 | 0.750 | 0.139 |
| 20 | 0.418 | 0.0209 | 0.626 | 0.0582 | 0.715 | 0.0987 | 0.750 | 0.1276 | 0.750 | 0.139 |
| 21* | 0.418 | 0.0216 | 0.490 | 0.0270 | 0.497 | 0.0284 | 0.500 | 0.0284 | 0.500 | 0.0284 |
| 22 | 0.160 | 0.0221 | 0.260 | 0.0421 | 0.320 | 0.0553 | 0.370 | 0.0668 | 0.380 | 0.0700 |
| 23* | 0.160 | 0.0220 | 0.260 | 0.0436 | 0.340 | 0.0592 | 0.430 | 0.0772 | 0.490 | 0.0908 |
| 24 | 1.24 | 0.70 | 1.92 | 1.26 | 2.26 | 1.58 | 2.60 | 1.88 | 2.78 | 2.02 |
| 25 | 0.75 | 0.171 | 1.34 | 0.304 | 1.63 | 0.379 | 1.84 | 0.419 | 1.90 | 0.431 |

* Length ratio is r/R in cases 21 and 23.

Fuente (INTERMEC, 2005, p 1)

Con los datos de la placa 1.1m dividido para 0.32m, se obtendrá el resultado para luego interpolar con los datos de la tabla 19 y como indica la tabla 20.

$$\frac{R}{r} = \frac{1,1}{0,32} = 3,43 \quad \text{Ec.3.76}$$

Tabla 19 interpolación para encontrar el espesor de la placa

| R/r | k_1 |
|------|--------|
| 3 | 0,1336 |
| 3,43 | 0,14 |
| 4 | 0,14 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Con los datos obtenidos se procede a calcular el espesor de la placa mediante la siguiente tabla 21.

Tabla 20 cálculo de espesor de la placa

| k1 | Wd | R | R ⁴ | E | y _m (mm) | y _m (m) | t ³ | t (m) | t (mm) |
|------|-------|-----|----------------|----------|---------------------|--------------------|----------------|----------|--------|
| 0,14 | 231,2 | 1,1 | 1,4641 | 2,00E+11 | 0,12 | 0,00011 | 2,091E-06 | 0,012788 | 12,79 |
| 0,14 | 231,2 | 1,1 | 1,4641 | 2,00E+11 | 0,11 | 0,00012 | 1,917E-06 | 0,012423 | 12,42 |
| 0,14 | 231,2 | 1,1 | 1,4641 | 2,00E+11 | 0,10 | 0,00013 | 1,770E-06 | 0,012096 | 12,10 |
| 0,14 | 231,2 | 1,1 | 1,4641 | 2,00E+11 | 0,09 | 0,00014 | 1,643E-06 | 0,0118 | 11,80 |

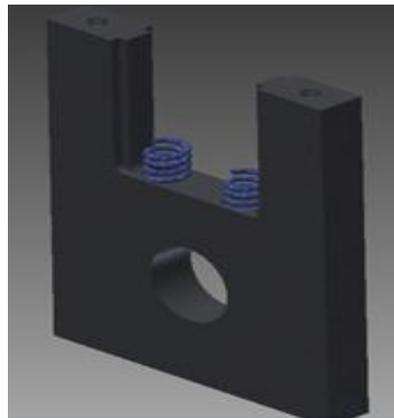
Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Se selecciona una plancha de 12 mm de espesor.

3.11 Diseño de los resortes

Los resortes a ocupar en este diseño son de helicoidal a compresión y está apoyada entre el soporte fijo y móvil como muestra la figura 69.

Figura 69 Diseño de los resortes



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Para el diseño de resortes se aplicará la fuerza de trabajo = 3176,75 N (Ec.2.54)

Y la fuerza de trabajo en cada resorte: (para 2 resortes)

$$F_r = \frac{F_t}{2} = \frac{3176,75}{2} = 1588,37 \text{ N} \quad \text{Ec. 3.77}$$

3.11.1 Índice del resorte

Donde:

C= índice del resorte

D=diámetro exterior del resorte

d=diámetro del alambre

$$C = \frac{D}{d} \quad \text{Ec. 3.78}$$

Se recomienda que $4 < C < 12$, se iniciara con un diámetro de resorte menor al del espesor de la placa 25 mm.

$$D = c \times d$$

$$D = 4 \times 5 = 20 \text{ mm}$$

Se analizará con las siguientes combinaciones como indica la tabla 22.

Tabla 21 combinaciones diámetro del alambre

| C | D | d |
|---|----|------|
| 5 | 20 | 4,00 |
| 5 | 25 | 5,00 |



| |
|----|
| ok |
|----|

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

3.11.2 Selección de material del resorte.

Se selecciona el material utilizando la tabla 23 y 24 de diseños de resortes

Tabla 22 Diseño de los resortes

| | | |
|---------------|--|---|
| Cromo vanadio | UNS G61500 AISI 6150 ASTM 231-41 | Ésta es la aleación más popular de acero para resortes en condiciones que implican esfuerzos mayores que los que se pueden emplear con los aceros al alto carbono, y para su uso cuando son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Se utilizan ampliamente para resortes de válvulas de motores de aviones y para temperaturas hasta de 220°C (425°F). Disponible en recocido o pre-revenido con tamaños de 0.8" a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg) de diámetro. |
|---------------|--|---|

Fuente (Shigley, 2006, p 123-125)

Se calcula el esfuerzo último del material:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad \text{Ec. 3.79}$$

Donde:

A= valor constante tablas

d = diámetro del alambre

m = exponente (constante)

En la tabla 22 se verifica el tipo de material:

Tabla 23 Resistencia a la tensión del resorte

Tabla 10-4

Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De *Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

| Material | ASTM núm. | Exponente m | Diámetro, pulg | A , kpsi · pulg ^m | Diámetro, mm | A , MPa · mm ^m | Costo relativo del alambre |
|--|-----------|---------------|----------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| Alambre de piano* | A228 | 0.145 | 0.004-0.256 | 201 | 0.10-6.5 | 2 211 | 2.6 |
| Alambre T y R en aceite [†] | A229 | 0.187 | 0.020-0.500 | 147 | 0.5-12.7 | 1 855 | 1.3 |
| Alambre estirado duro [‡] | A227 | 0.190 | 0.028-0.500 | 140 | 0.7-12.7 | 1 783 | 1.0 |
| Alambre al cromo vanadio [§] | A232 | 0.168 | 0.032-0.437 | 169 | 0.8-11.1 | 2 005 | 3.1 |
| Alambre al cromo silicio | A401 | 0.108 | 0.063-0.375 | 202 | 1.6-9.5 | 1 974 | 4.0 |
| Alambre inoxidable 302 [#] | A313 | 0.146 | 0.013-0.10 | 169 | 0.3-2.5 | 1 867 | 7.6-11 |
| | | 0.263 | 0.100-0.20 | 128 | 2.5-5 | 2 065 | |
| | | 0.478 | 0.200-0.40 | 90 | 5-10 | 2 911 | |
| Alambre de bronce fosforado** | B159 | 0 | 0.004-0.022 | 145 | 0.1-0.6 | 1 000 | 8.0 |
| | | 0.028 | 0.022-0.075 | 121 | 0.6-2 | 913 | |

Fuente (shigley, 2008, p.507)

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \tag{Ec.3.80}$$

$$A = 2005 \text{ MPa} \cdot \text{mm}^m$$

$$S_{ut} = \frac{2005}{4^{0,168}} = 1588.43 \text{ MPa}$$

Cuando se tiene que diseñar un resorte, es uso común recurrir a coeficientes de minoración para obtener una tensión permisible que para las tensiones de corte tienen las siguientes expresiones:

$$S_{sy} = \tau_{adm} = \begin{cases} 0,45 S_{ut} & \text{acero al carbono estirado en frío} \\ 0,50 S_{ut} & \text{acero templado y revenido y de baja aleación} \\ 0,35 S_{ut} & \text{acero inoxidable y aleaciones no ferrosas} \end{cases}$$

$$S_{sy} = \tau_{adm} = 0,45 S_{ut} \tag{Ec. 3.81}$$

$$S_{sy} = \tau_{adm} = 0,45(1588.43 \text{ MPa})$$

$$\tau_{adm} = 714.79 \text{ MPa}$$

Luego se calcula K_B factor de curvatura:

$$K_B = \frac{4C+2}{4C-3} \quad \text{Ec. 3.82}$$

$$K_B = \frac{4(5)+2}{4(5)-3} = 1,29$$

Se calcula la fuerza máxima:

$$F = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8 K_B D} \quad \text{Ec. 3.83}$$

$$F = \frac{\pi(0,004)^3(714,79 \times 10^6)}{8(1,29)(0,02)} = 696 \text{ N}$$

Se observa que el resorte soportará la carga de trabajo, por lo que se diseña variando los diámetros de alambre y externo ver tabla 25.

Tabla 24 Fuerza máxima del resorte

| d(mm) | D(mm) | C | d(m) | D(m) | KB | Ssy | Pi | F |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|------------|------------|-----|
| 4 | 22 | 5,00 | 0,004 | 0,020 | 1,294 | 714,79E+06 | 3,14159265 | 696 |
| 4 | 25 | 6.25 | 0,004 | 0,025 | 1,225 | 714,79E+06 | 3,14159265 | 556 |

ok

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

La combinación óptima para soportar la carga de trabajo es:

D (diámetro exterior del resorte)= 22 mm

d (diámetro del alambre del resorte) = 4 mm

3.12 Diseño de pernos

Los pernos a emplear en estas estructuras de acero por su norma general se escogen el de grado 8.8 ya que son adecuados para la unión y tracción (ver la tabla 25).

3.12.1 Fuerza precarga

$$F_M = 0.9 * R_p * A_s \quad \text{Ec. 3.84}$$

Donde:

F_M = fuerza precarga

A_s = área o sección resistente del perno

R_p = límite de fluencia del acero

R = mayor dimensión de la placa

Para encontrar la precarga primero se encuentra el área o sección resistente del perno mediante la siguiente ecuación y tablas de tornillos.

$$A_s = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad \text{Ec. 3.85}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{10.86 + 10.12}{2} \right)^2$$

$$A_s = 86.38 \text{ mm}^2$$

Reemplazo valores de la ecuación 3.68 en la Ec 3.57

$$F_M = 0.9 * R_p * A_s$$

$$F_M = 0.9 * 640 \text{ N/mm}^2 * 86.38 \text{ mm}^2$$

$$F_M = 50 \text{ KN}$$

Tabla 25 Grado del perno

| GRADO | DIAMETRO DEL TORNILLO (mm) | | | | | | |
|-------|----------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 12 | 14 | 16 | 20 | 22 | 24 | 27 |
| 4.6 | 21,71 | 29,55 | 38,60 | 60,32 | 72,98 | 86,86 | 109,93 |
| 5.6 | 27,14 | 36,95 | 48,25 | 75,40 | 91,23 | 108,57 | 137,41 |
| 6.8 | 32,57 | 44,33 | 57,90 | 90,48 | 109,48 | 130,28 | 164,89 |
| 8.8 | 43,43 | 59,11 | 77,21 | 120,64 | 145,97 | 173,72 | 219,86 |
| 10.9 | 54,28 | 73,89 | 96,50 | 150,80 | 182,46 | 217,14 | 274,82 |

Fuente. (Ingemecánica, 2010,p 2)

3.12.2 Resistencia a cortante

La resistencia a cortante viene dada por la siguiente expresión según la calidad del tornillo como indica la tabla 26 y 27.

Tabla 26 Limite elástico del tornillo

| Valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Tipo de tornillo | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
| f_{yb} (N/mm ²) | 240 | 320 | 300 | 400 | 480 | 640 | 900 |
| f_{ub} (N/mm ²) | 400 | 400 | 500 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

Fuente Norton, 2013,p. 34

$$F_v, R_d = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} \quad \text{Ec. 3.86}$$

$$F_v, R_d = \frac{0.6 \cdot 800 \text{ N/mm}^2 \cdot 86.38 \text{ mm}^2}{1.25}$$

$$F_v, R_d = 33.16 \text{ KN}$$

Tabla 27 Diámetro del tornillo

| DIÁMETRO (mm) | A_s (mm ²) | GRADO | | | |
|---------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 4.6 | 5.6 | 8.8 | 10.9 |
| 12 | 84,3 | 24,28 | 30,35 | 48,56 | 60,70 |
| 16 | 157 | 45,22 | 56,52 | 90,43 | 113,04 |
| 20 | 245 | 70,56 | 88,20 | 141,12 | 176,4 |
| 22 | 303 | 87,26 | 109,08 | 174,53 | 218,16 |
| 24 | 353 | 101,66 | 127,08 | 203,33 | 254,16 |
| 27 | 456 | 131,33 | 164,16 | 262,66 | 328,30 |

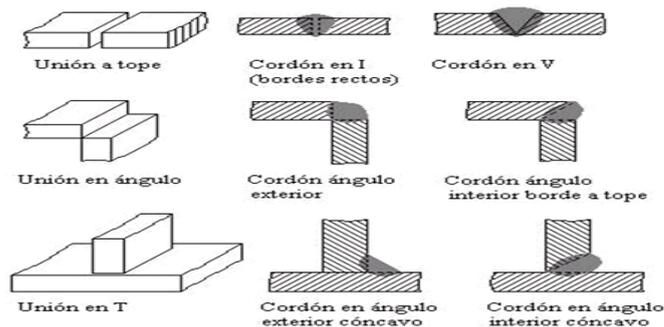
ok

Fuente (Ingemecánica, 2010,p 2)

3.13 Diseño por soldadura

Tipos de cordones de soldadura (ver figura 69)

Figura 69 Tipos de soldaduras



Fuente (ZABARA, 1989,p. 1-2-3)

3.13.1 Análisis de soldadura

Con los dato de la tabla 29 y 30 (Resistencia a la tensión del material del electrodo) = 427 MPa se procede a calcular la fuerza permisible por longitud unitaria para un electrodo E-60XX.

Tabla 28 Propiedades del material de aporte

Tabla 9-3

Propiedades mínimas del metal de aporte

| Número de electrodo AWS* | Resistencia a la tensión, kpsi (MPa) | Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa) | Elongación porcentual |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| E60xx | 62 (427) | 50 (345) | 17-25 |
| E70xx | 70 (482) | 57 (393) | 22 |
| E80xx | 80 (551) | 67 (462) | 19 |
| E90xx | 90 (620) | 77 (531) | 14-17 |
| E100xx | 100 (689) | 87 (600) | 13-16 |
| E120xx | 120 (827) | 107 (737) | 14 |

ok

Fuente (soldadura p. , 2014, p. 472)

3.13.1.1 Características del electrodo escogido

Tabla 29 Características del electrodo E-6011

| INDURA PUNTO AZUL | Clasificación AWS: E-6011 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Electrodo para acero al carbono ✓ Corriente alterna ✓ Revestimiento: Blanco ✓ Con hierro en polvo | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Punto: Azul ✓ Toda posición ✓ Corriente continua. Electrodo positivo |
| <p>Descripción</p> <p>El nuevo Punto Azul posee una formulación moderna capaz de brindar las más altas exigencias de trabajo. Su arco suave y estable lo hace de fácil aplicación, en cualquier posición, logrando óptima calidad en la unión. Esta nueva fórmula entrega además las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alta velocidad de soldadura 2. Depósitos lisos 3. Bajo chisporroteo 4. Bajo índice de humos 5. Fácil remoción de escoria 6. Excelente penetración | <p>Usos</p> <p>Es un electrodo de uso general en aceros dulces, especialmente cuando es necesario soldar chapas y perfiles delgados.</p> <p>Aplicaciones típicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marcos de ventana • Fabricación de rejas • Estanques • Planchas galvanizadas • Estructuras • Reparaciones generales <p>Procedimiento para soldar</p> <p>Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar un electrodo E-6010 ó E-6011.</p> |

Fuente. (INDURA, 2010, p 5)

Es necesario conocer primero el área de soldadura en donde se va a realizar el esfuerzo normal (ver tabla 30 y figura 70).

Tabla 30 Cargas constantes permisibles

Tabla 9-6

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

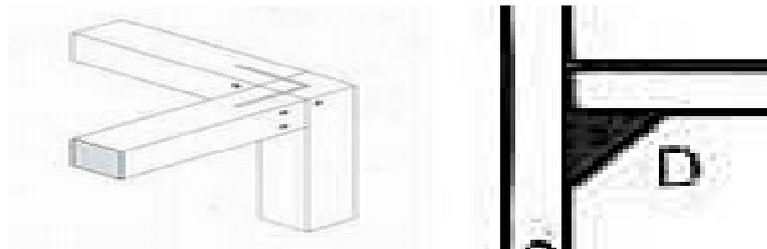
Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

| | | Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX) | | | | | | |
|---|--|--|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| | | 60* | 70* | 80 | 90* | 100 | 110* | 120 |
| Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial | | | | | | | | |
| $\tau =$ | | 18.0 | 21.0 | 24.0 | 27.0 | 30.0 | 33.0 | 36.0 |
| Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal | | | | | | | | |
| $^*f =$ | | 12.73 h | 14.85h | 16.97h | 19.09h | 21.21 h | 23.33h | 25.45 h |
| Tamaño del cateto h, pulg | Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal | | | | | | | |
| 1 | 12.73 | 14.85 | 16.97 | 19.09 | 21.21 | 23.33 | 25.45 | |
| 7/8 | 11.14 | 12.99 | 14.85 | 16.70 | 18.57 | 20.41 | 22.27 | |
| 3/4 | 9.55 | 11.14 | 12.73 | 14.32 | 15.92 | 17.50 | 19.09 | |
| 5/8 | 7.96 | 9.28 | 10.61 | 11.93 | 13.27 | 14.58 | 15.91 | |
| 1/2 | 6.37 | 7.42 | 8.48 | 9.54 | 10.61 | 11.67 | 12.73 | |
| 7/16 | 5.57 | 6.50 | 7.42 | 8.35 | 9.28 | 10.21 | 11.14 | |
| 3/8 | 4.77 | 5.57 | 6.36 | 7.16 | 7.95 | 8.75 | 9.54 | |
| 5/16 | 3.98 | 4.64 | 5.30 | 5.97 | 6.63 | 7.29 | 7.95 | |
| 1/4 | 3.18 | 3.71 | 4.24 | 4.77 | 5.30 | 5.83 | 6.36 | |
| 3/16 | 2.39 | 2.78 | 3.18 | 3.58 | 3.98 | 4.38 | 4.77 | |
| 1/8 | 1.59 | 1.86 | 2.12 | 2.39 | 2.65 | 2.92 | 3.18 | |
| 1/16 | 0.795 | 0.930 | 1.06 | 1.19 | 1.33 | 1.46 | 1.59 | |

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-WWS Task Committee.
 $^*f = 0.707h\tau_{perm}$.

Fuente (Shigley, 2008, p. 473)

Figura 70 Zonas críticas de soldadura



Fuente (soldadura p. , 2014, p. 472)

Se analiza primero calculando el área, utilizando la siguiente ecuación:

$$A = \cos 45^\circ \cdot h \cdot l$$

Ec. 3.87

Donde:

A=área del cordón de soldadura

h=tamaño del cateto (garganta)

l=longitud del cordón (tubo cuadrado)

$$A = \cos 45^\circ \cdot 7.93 \text{ mm} \cdot 63,5 \text{ mm}$$

$$A = 356 \text{ mm}^2$$

Se calcula el esfuerzo normal de soldadura con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 3.88}$$

$$\sigma = \frac{7099 \text{ N}}{356 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 20 \text{ MPa}$$

Se realiza el siguiente análisis:

$$\sigma = S_y$$

Donde:

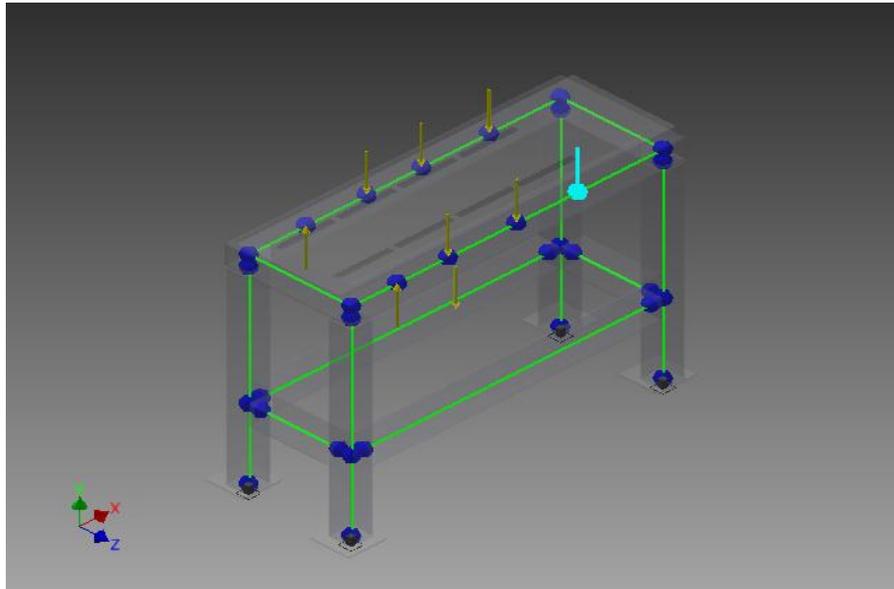
$S_y = 427 \text{ MPa}$ resistencia del material del electrodo

$$427 \text{ MPa} = 20 \text{ MPa}$$

Es satisfactorio ya que la unión de la soldadura $S_y \geq \sigma$

Diseño de soldadura mediante autodesk inventor en las cuales se utilizó la carga critica de la estructura como muestran las figuras 71y 72.

Figura 71 Puntos críticos de soldadura de la bancada (inventor)



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Figura 72 Resultados de análisis de Soldadura críticas en Inventor

Results

Static Result Summary

| Name | | Minimum | Maximum |
|-----------------|----------|------------------|-----------------|
| Displacement | | 0,000 mm | 0,230 mm |
| Forces | Fx | -3709,349 N | 4048,251 N |
| | Fy | -3887,529 N | 3872,725 N |
| | Fz | -1953,649 N | 4091,333 N |
| Moments | Mx | -570198,968 N mm | 603875,486 N mm |
| | My | -568903,618 N mm | 553769,241 N mm |
| | Mz | -4876,126 N mm | 17544,983 N mm |
| Normal Stresses | Smax | -4,497 MPa | 29,245 MPa |
| | Smin | -31,731 MPa | 2,030 MPa |
| | Smax(Mx) | 0,000 MPa | 30,483 MPa |
| | Smin(Mx) | -30,483 MPa | -0,000 MPa |
| | Smax(My) | 0,000 MPa | 28,718 MPa |
| | Smin(My) | -28,718 MPa | -0,000 MPa |
| | Saxial | -4,629 MPa | 2,210 MPa |

Elaborador por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA

4.1. Construcción de los rodillos y ejes

En primer lugar se procede a la adquisición del material para la fabricación de los ejes y rodillos conformadores para posteriormente cilindrar en los tornos convencionales, hasta llegar a la forma deseada para cada paso de los rodillos, la necesidad de obtener dicha máquina es que los conformadores tengan un buen acabado y así conseguir que la superficie del material no sufra de rayones para obtener una buena presentación, las características del material tanto de los rodillos como de los ejes de debe ser de acero especial SAE 4337, se requiere una máquina que pueda proveer una excelente precisión (ver figura 73).

Figura 73 Forma del rodillo conformador



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Para la construcción de los ejes de igual manera, se procede a cilindrar en torno convencional para dar la forma deseada, aunque el acabado superficial del eje no está

exigente, pero si se requiere de una buena precisión para evitar la existencia de juego del interior del rodillo como también de los rodamientos y piñones (ver figura 74).

Figura 74 Forma del eje



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

4.2. Construcción de soportes fijos y móviles

La construcción de los soportes es de material SAE 1018, para luego ser maquinada en la fresadora para dar la forma al soporte y la ranura por donde se deslizara la placa móvil, luego dar el alojamiento de buen acabado superficial y precisión que conectarán con los rodamientos, también se realizará el roscado en la parte superior donde se conectarán con la tapa del sistema del tornillo de regulación

Para el acabado superficial de la ranura, debe ser de buen deslizamiento entre el soporte y la placa móvil para así evitar la existencia de juego de las piezas a montar (ver figura 75).

Figura 75 Forma del soporte fijo



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

Para la construcción de la placa móvil también es de material SAE 1018 con las dimensiones necesarias, luego maquinada en la fresadora para formar las ranuras laterales que van acopladas y se deslizará en el soporte, también se fresará el alojamiento con acabado superficial para el rodamiento, así mismo se necesitará una buena precisión para evitar el juego entre estas piezas (ver figura 76).

Figura 76 Forma del soporte móvil



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

4.3. Construcción de la estructura.

La estructura es una parte importante para el buen funcionamiento de la máquina perfiladora, se usara la estructura metálica de tubo de sección cuadrada con las especificaciones AISC 2 ½” *2 ½” * 1/8” para luego cortarlos a la medida necesaria y soldarlos manualmente con electrodo E-60XX soldadura tipo SMAW, y finalmente pintarla a pistola de aire (ver figura 77).

Figura 77 Forma de la estructura de la mesa



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

4.4. Construcción de elementos sistema motriz

Los elementos que componen el sistema motriz de la máquina perfiladora serán comprados, ya que son improductivos al fabricarlos, ya que su disponibilidad en el mercado es amplia, excepción de los piñones rectos que si serán construidos. Tal como son en los casos del motor eléctrico, coronas, cadenas, rodamientos, pernos y de más artículos (ver figura78).

Figura 78 Elementos sistema motriz (piñón dentado)



Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

4.5. Montaje general de los elementos de la máquina.

Una vez que las piezas han sido construidos y los elementos que se compró para la máquina se procede a su respectivo montaje.

Como primer lugar se armará la estructura metálica asegurándose que este perfectamente nivelada. Posteriormente se suelda una placa sobre la mesa para que quede uniforme.

En segundo lugar se sujetaran los soportes izquierdos, asegurando las distancias entre centros de los rodillos a la mesa de la estructura metálica con los pernos especificados cerciorándose además que estos deben estar con su respectivo rodamiento y ejes.

Ya instalados los soportes a la estructura se acoplaran a estos los rodillos conformadores inferiores, para así colocar todos los elementos sobre la mesa de la estructura metálica, una vez hecho esto colocamos el soporte derecho así mismo en la mesa con su respectivos rodamientos y lo insertamos en el extremo libre del eje.

A continuación se colocarán los rodillos conformadores superiores con su respectivos rodamientos, teniendo este montaje se procede a insertar a través de la guía las placas móviles en los soportes con el tornillo regulador y su respectiva tapa, para luego continuar el mismo paso para las otras estaciones.

Una vez montados los soportes sobre la estructura metálica con los ejes, rodillos conformadores y rodamientos se procederá a colocar los piñones y las catarinas en los extremos libres de los ejes inferiores y superiores, para todo el proceso de conformado

Se debe tomar en cuenta que los rodillos estén bien centrados tanto en los ejes como los rodillos para evitar que el perfil a conformar sufra alguna deformación (ver figura 79,80 y 81).

Figura 79 Montaje general de la máquina



Figura 80 Proceso del perfilado



Elaborado por: **Kleber Aguilar, Juan Paredes**

Figura 81 lámina conformada



Elaborado por: **Kleber Aguilar, Juan Paredes**

CAPÍTULO V

COSTOS ESTIMADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PERFILADORA

5.1.- Introducción

Para determinar el costo total de la construcción de la perfiladora, se analizaron tablas de costo de mano de obra, costo de materiales, costo estimado de sueldos para el diseño además se consideró un valor adicional de imprevistos para la construcción de la máquina.

Se consideró además que los costos totales para la construcción de la perfiladora se dividen en costos directos e indirectos.

5.2 Análisis de costos directos.

Los costos directos son:

- Costos de materia prima.
- Costo de elementos por catálogos
- Costo de mano de obra (mecanizado y montaje).

5.2.1 Costos de materia prima.

Los materiales directos son todos aquellos materiales primordiales que van a ser empleados en la construcción de los diferentes elementos de la máquina.

En la tabla 31 se presenta los materiales utilizados para la construcción de la máquina perfiladora con sus respectivos costos.

Tabla 31 Costos de materia prima

| COSTO DE MATERIA PRIMA | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------|--------------|--------|------------------------|---------------------|
| CANT | DESCRIPCIÓN | NORMA | MEDIDAS (mm) | UNIDAD | PRECIO UNITARIO USD | PRECIO TOTAL USD |
| 2 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 45x 305 | Kg | 13.410 | 26.82 |
| 2 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 45x 260 | Kg | 11.645 | 23.29 |
| 4 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 45x 230 | Kg | 10.323 | 41.29 |
| 8 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 120x 110 | Kg | 36.043 | 288.35 |
| 1 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 38x 240 | Kg | 7.760 | 7.76 |
| 8 | Acero redondo | 4340 /705 | φ 100x 22 | Kg | 4.825 | 38.60 |
| 1 | Acero 760 /1045 chaveta | SAE | 10 | Kg | 0.980 | 0.98 |
| 8 | Acero 760 /1045 cuadrado | SAE | 25 | Kg | 2.447 | 19.58 |
| 8 | plancha 1018 | SAE | 220x170x25 | Kg | 15.350 | 122.80 |
| 8 | plancha 1018 | SAE | 105x85x25 | Kg | 3.820 | 30.60 |
| 1 | plancha 1018 | SAE | 1100x320x10 | Kg | 55.250 | 55.25 |
| 1 | Plancha laminado en frio | ASTM A-36 | 1030x950x1.4 | Kg | 16.415 | 16.41 |
| 1 | tubo cuadrado | ASTM A-36 | 60x6000x2 | Kg | 22.400 | 22.40 |
| 1 | tubo cuadrado | ASTM A-36 | 60x2000x2 | Kg | 9.820 | 9.82 |
| 1 | plancha 1018 | SAE | 320x220x6 | Kg | 3.310 | 3.31 |
| 4 | plancha 1018 | SAE | 120x120x6 | Kg | 0.710 | 2.84 |
| 1 | UPN | ASTM A-36 | 320x160x65 | Kg | 7.760 | 7.76 |
| 2 | UPN | ASTM A-36 | 160x80x45 | Kg | 1.740 | 3.42 |
| | | | | | Subtotal | 721.28 |
| | | | | | 12% IVA | 86.55 |
| | | | | | Total | \$ 807.84 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.2.2 Costos de elementos por catálogo.

Estos costos corresponden a todos los materiales o elementos disponibles en el mercado bajo dimensiones o parámetros normalizados (ver tabla 32).

Tabla 32 Costos por catálogos

| COSTO DE MATERIAS POR CATALOGOS | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------|--------|------------------------|---------------------|
| CANT | DESCRIPCIÓN | MEDIDAS (mm) | UNIDAD | PRECIO UNITARIO USD | PRECIO TOTAL USD |
| 12 | piñón sencillo (catarinas) | φ 83x23 | Unidad | 6.26 | 75.17 |
| 2 | cadena Paso 40 (1/2) | ANSI 40 | Unidad | 21.005 | 42.01 |
| 16 | rodamientos HCH | 6206 2RS | Unidad | 1.93 | 30.97 |
| 4 | candado sencillo Paso 40 (1/2) | ANSI 40 | Unidad | 1.107 | 4.43 |
| 4 | candado medio Paso 40 (1/2) | ANSI 40 | Unidad | 0.452 | 1.81 |
| 16 | Resortes | φ 22x26 | Unidad | 1.50 | 24.00 |
| 1 | Motor reductor ortogonal 3HP | MOTOV NMRV | Unidad | 1.008 | 1,008.00 |
| 16 | Pernos cabeza Allen | M12x1.75x 50 | Unidad | 0.46 | 7.36 |
| 16 | Pernos hexagonal | M12x1.75x50 | Unidad | 0.27 | 4.32 |
| 8 | Pernos hexagonal | M12x1.75x75 | Unidad | 0.44 | 3.52 |
| 8 | Pernos hexagonal | M10x1.5x40 | Unidad | 0.16 | 1.28 |
| 32 | prisioneros | M8x.251x10 | Unidad | 0.04 | 1.28 |
| 8 | Tuercas | M10x1.5 | Unidad | 0.15 | 1.20 |
| 32 | Arandelas planas SAE | ½" | unidad | 0.04 | 1.28 |
| 32 | Arandelas de presión SAE | ½ " | unidad | 0.05 | 1.60 |
| 8 | Arandelas planas SAE | 7/16" | Unidad | 0.03 | 0.24 |
| 8 | Arandelas de presión | 3/8" | Unidad | 0.05 | 0.40 |
| 1 | Botonera Fuerza metal | 30A, 600V | Unidad | 5.71 | 5.71 |
| 1 | Enchufe Caucho | 3x50A, 250V | Unidad | 8.35 | 8.35 |
| 1 | Cable eléctrico concéntrico | 3x12 AWG | Unidad | 3.16 | 9.48 |
| 1 | Accesorios eléctricos | | Unidad | 250.00 | 250.00 |
| | | | | subtotal | 1482.01 |
| | | | | 12% IVA | 177.84 |
| | | | | Total | \$ 1659.85 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.2.3 Costo de construcción.

En el costo de construcción de la máquina se va incluir el costo de la mano de obra de cada operación realizada, de igual manera se tiene que incluir los costos de montaje y armado de la máquina. (ver tabla33).

Y se calcula basándose en el tiempo requerido para la construcción de los elementos.

Tabla 33 Costos de construcción

| COSTO DE MANO DE OBRA | | | | | | | | |
|-----------------------|------|---------------------------|-------------|------------|-----------|------------|--------------------|-----------------|
| ITEM | CANT | DENOMINACIÓN | MÁQUINA | HORAS /MAQ | VALOR USD | HORAS/HOM | VALOR UNITARIO USD | COSTO TOTAL USD |
| 1 | 8 | Maquinado de rodillos | Torno | 48 horas | 12 | 48 horas | 1,8 | 576 |
| | | | Fresadora | 2 horas | 2 | 2 horas | 1,8 | 5,8 |
| | | | Mortajadora | 20 horas | 10 | 20 horas | 1,8 | 200 |
| 2 | 8 | Maquinado de ejes | Torno | 18 horas | 12 | 18 horas | 1,8 | 217,8 |
| | | | Fresadora | 6 horas | 15 | 6 horas | 1,8 | 90 |
| 3 | 8 | Maquinado soporte fijo | Fresadora | 33.5 horas | 15 | 33.5 horas | 1,8 | 504,3 |
| | | | Torno | 10 horas | 12 | 10 horas | 1,8 | 121,8 |
| 4 | 8 | Maquinado soporte móvil | Fresadora | 12 horas | 15 | 12 horas | 1,8 | 180 |
| | | | Torno | 8 horas | 12 | 8 horas | 1,8 | 96 |
| 5 | 4 | Placas bases estructura | Cortadora | 0.5 horas | 3 | 0.5 horas | 1,8 | 3,3 |
| | | | Taladro | 0.5 horas | 2 | 0.5 horas | 1,8 | 2,8 |
| | | | Soldadura | 1 hora | 5 | 1 hora | 1,8 | 6,8 |
| 6 | 1 | Placa base mesa | Autógena | 0.5 horas | 8 | 0.5 horas | 1,8 | 5,8 |
| | | | Taladro | 1 hora | 2 | 1 hora | 1,8 | 3,8 |
| | | | Soldadura | 1 hora | 5 | 1 hora | 1,8 | 6,8 |
| 7 | 1 | Estructura mesa | Cortadora | 2 horas | 3 | 2 horas | 1,8 | 10,8 |
| | | | Soldadura | 3 horas | 5 | 3 horas | 1,8 | 16,8 |
| 8 | 3 | Bases motor reductor | Cortadora | 1 hora | 3 | 1 hora | 1,8 | 4,18 |
| | | | Soldadura | 1 hora | 5 | 1 hora | 1,8 | 6,18 |
| 9 | 1 | Placa tensora | Cortadora | 0.5 horas | 3 | 0.5 horas | 1,8 | 3,3 |
| | | | Soldadura | 0.5 horas | 5 | 0.5 horas | 1,8 | 4,3 |
| | | | Fresadora | 1 hora | 15 | 1 hora | 1,8 | 16,8 |
| 10 | 1 | Tornillo tensora | Torno | 2 horas | 12 | 2 horas | 1,8 | 25,8 |
| 11 | 8 | Maquinado ruedas dentadas | Torno | 7 horas | 12 | 7 horas | 1,8 | 85,8 |
| | | | Fresadora | 6 horas | 15 | 6 horas | 1,8 | 91,8 |
| | | | Taladro | 2 horas | 2 | 2 horas | 1,8 | 5,8 |
| | | | Mortajadora | 4 horas | 10 | 4 horas | 1,8 | 41,8 |
| Total | | | | | | | | 2334.36 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.2.4 Costos directo total.

Para calcular estos costos es necesario realizar la suma de los materiales directos, los elementos directos y todo lo que son costos del maquinado de piezas (ver tabla 34).

Tabla 34 Costos directo total

| COSTO DIRECTO TOTAL | VALOR TOTAL USD |
|----------------------------|------------------------|
| Materia prima | \$ 807,84 |
| Material por catalogo | \$ 1659,85 |
| Mano de obra | \$ 2334,36 |
| Subtotal | \$ 4802,05 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.3 Análisis de costos indirectos.

Estos costos se toman en cuenta los siguientes parámetros.

- Costos de materiales indirectos.
- Costo de diseño.
- Gastos indirectos.

5.3.1 Costo de materiales indirectos.

Estos costos nos indican los materiales o herramientas que se emplean para la construcción de la máquina (ver tabla 35).

Tabla 35 Materiales indirectos

| GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACION | | | | |
|---|-----------------|---------------|---------------------------|------------------------|
| DETALLE | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO USD | COSTO TOTAL USD |
| Disco de corte | 2 | Unidad | \$ 5,45 | \$ 10,9 |
| Limpiador desoxidante | 1 | unidad | \$ 9 | \$ 9 |
| Pintura de fondo | 0.25 | galón | \$ 12 | \$ 12 |
| Pintura de acabado | 0.25 | galón | \$ 12 | \$ 12 |
| electrodo 6011 | 1 | Kg | \$ 3,8 | \$ 3,8 |
| | | | Subtotal | \$ 47,7 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.3.2 Costo de diseño.

El costo de diseño nos indica el porcentaje de ganancia que se obtendrá de la máquina construida, tomando como base el costo de la máquina. Entre estos factores a considerar para establecer el valor del porcentaje se tiene (ver tabla 36 y 37):

Complejidad de la máquina.

Disponibilidad en el mercado.

A referencia de este valor se maneja dentro de un 15 – 20 %.

Al ser una máquina de poca demanda en el medio tomaremos una utilidad del 20%.

Costo de diseño = Costo directo total x 20%.

Costo de diseño = 4802,05 x 0,2%.

Costo de diseño = 960.41 USD.

5.3.3 Gastos indirectos.

Se toma en cuenta los valores empleados en transporte personal y de materiales, se asumirá un costo estimado de 50 dólares.

5.3.4 Costo total indirecto.

Tabla 36 Costo total indirectos

| COSTO TOTAL DE INDIRECTOS | VALOR TOTAL USD |
|----------------------------------|------------------------|
| Materiales indirectos | 47,7 |
| Costo de diseño | 960,41 |
| Gastos indirectos | 50 |
| Subtotal | 1058,11 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

5.4 Costo total de la máquina.

Tabla 37 Costo total de la máquina

| COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA | VALOR USD |
|----------------------------------|------------------|
| Costos directos | 4802,05 |
| Costos indirectos | 1058,11 |
| Costo total de la máquina | 5860,16 |

Elaborado por: Kleber Aguilar, Juan Paredes

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo del presente proyecto, el de diseñar y construir una máquina perfiladora de cuatro estaciones.
- El conformado por rodillos resultó muy versátil porque ofrece una variedad de formas que se pueden dar al material.
- El uso de catarinas y cadenas como métodos de transmisión, brindó facilidad en su movimiento, ya que ofrece un buen rendimiento dentro de los parámetros analizados.
- La selección del motor reductor, se realizó en base al torque que debía vencer para arrastrar el material a deformarse a través de los rodillos y no a la potencia que se requiere.
- Durante el proceso de conformado de los rodillos de las estaciones 3 y 4 es donde se obtuvo la fuerza máxima sobre la lámina debido a los bordes laterales que mantienen mayor contacto, entonces, fueron estos rodillos los que se consideraron como críticos al momento del diseño.
- Para el diseño y construcción de la máquina nos apoyamos con software tales como Autodesk Inventor, AutoCAD Mechanical y MDSolid 3.5 que nos permitieron analizar los puntos críticos de diseño con un 15% de error sobre el resultado obtenido que nos garantizó una gran confiabilidad en el diseño.

RECOMENDACIONES

- Los rodillos deben tener un excelente acabado superficial para que los perfiles a producir tengan de igual manera un buen acabado y sean fácil de maquinar.
- La máquina perfiladora puede funcionar sin ninguna novedad si en algún momento se desea implementar un sistema de automatización por PLC o producción en serie ya que la misma se diseñó con los más altos factores de seguridad.
- El sistema de rodillos utilizado para el perfilado nos permite realizar algunos cambios en las medidas del perfil tomando en cuenta el desmontaje de los rodillos y reemplazándolos por otros, con este cambio se tendría como resultado el cambio en el largo del material como también el ancho y espesor de la lámina a perfilar.
- Para garantizar que el trabajo sea de calidad, es necesario cumplir con las especificaciones de espesor de la plancha de 07 a 1mm, ya que al no considerar esto puede provocar un mal funcionamiento o falla prematura en los elementos utilizados.
- Se debe utilizar métodos preventivos que involucren registros de cada revisión, tomando como guía el manual de mantenimiento donde nos indica que cada revisión seria de forma anual por motivo de ser esta una máquina que tiene fines didácticos.
- Colocar lo más centrado posible la lámina o fleje, en el ingreso de la máquina a través de guías para que no se produzcan deformaciones que debe cumplir el perfil
- Mantener siempre las medidas de seguridad industrial durante la operación, mantenimiento y limpieza de la máquina para evitar accidentes

- Observar la correcta alineación de los soportes laterales, con el fin de conseguir un avance continuo del material al deformar.

LISTA DE REFERENCIAS

- BOHLER. (2005). Manual de aceros especiales, bronce y tratamientos térmicos. Ecuador. Del Castillo.
- Hamrock B. J. (2000). Elementos de máquinas. México. Graw Hill.
- INEN CPE 002. (1987). Código de práctica para dibujo técnico-mecánico. Ecuador. Inen.
- Majumdar S.R. (2003). Sistemas neumáticos, principios y mantenimiento. México. Mc Graw Hill.
- Miroliubov I. (1978). Problemas de resistencia de materiales. Moscú. Mir.
- Moot R. (2009). Resistencia de materiales. México. Editorial Pearson Educación.
- Norton R. (2006). Diseño de elementos de máquina. México. Pearson Educación.
- Plaza A. (2009). Apuntes de desarrollo de productos mecánicos. Elementos de máquina. Lulu. México. Stown Educación.
- Pytel S. (1987). Resistencia de materiales. México. Alfa Omega.
- Schaum. (1971). Diseño de máquinas. México. Mc Graw Hill.
- Shigley. (2008). Diseño en Ingeniería mecánica. México. Mc Graw Hill.
- Timoshenko S. (1975). Teoría de láminas y placas. México. Urmo.
- Manual de construcción de aceros. AISC.

Páginas de Internet

- Cálculo de la longitud de la cadena... - intermec

http://www.intermec.com.co/pdf/calculo_longitud_cadena.pdf.

- Rodamientos FAG de ampuestas de laminación

http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_17200_4_es_es.pdf

- Rodamientos de bola ranura profunda

[runurahttp://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na_es/Rodamientos_-_Rod.Bolas_Ranura_Profunda_%28B4-B45%29.LR.pdf](http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na_es/Rodamientos_-_Rod.Bolas_Ranura_Profunda_%28B4-B45%29.LR.pdf)

- diseño de uniones atornillas

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>-ingemaecanica uniones atornilladas

ANEXOS

ANEXO 1 TABLA DE VALORES DE LOS COEFICIENTES.

Tablas de valores de los coeficientes

- Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales

| Superficies en contacto | m_k |
|---|-----------|
| Acero sobre acero | 0.18 |
| Acero sobre hielo (patines) | 0.02-0.03 |
| Acero sobre hierro | 0.19 |
| Hielo sobre hielo | 0.028 |
| Patines de madera sobre hielo y nieve | 0.035 |
| Goma (neumático) sobre terreno firme | 0.4-0.6 |
| Correa de cuero (seca) sobre metal | 0.56 |
| Bronce sobre bronce | 0.2 |
| Bronce sobre acero | 0.18 |
| Roble sobre roble en la dirección de la fibra | 0.48 |

Fuente: Koshkin N. I., Shirkévich M. G.. *Manual de Física Elemental*. Editorial Mir 1975.

- Coeficientes de rozamiento estático y cinético

| Superficies en contacto | m_s | m_k |
|--------------------------------------|----------|-------|
| Cobre sobre acero | 0.53 | 0.36 |
| Acero sobre acero | 0.74 | 0.57 |
| Aluminio sobre acero | 0.61 | 0.47 |
| Caucho sobre concreto | 1.0 | 0.8 |
| Madera sobre madera | 0.25-0.5 | 0.2 |
| Madera encerada sobre nieve húmeda | 0.14 | 0.1 |
| Teflón sobre teflón | 0.04 | 0.04 |
| Articulaciones sinoviales en humanos | 0.01 | 0.003 |

Fuente: Serway R. A.. *Física*. Editorial McGraw-Hill. (1992)

Fuente. (rozamiento, 2014, p.1)

ANEXO 2 TABLA DE SELECCIÓN DE NÚMERO DE DIENTES CATARINAS

Tabla 17-22

Factores de corrección de dientes, K_f

| Número de dientes en catarina impulsora | Potencia preextremo, K_f | Potencia posextremo, K_f |
|---|----------------------------|----------------------------|
| 11 | 0.62 | 0.52 |
| 12 | 0.69 | 0.59 |
| 13 | 0.75 | 0.67 |
| 14 | 0.81 | 0.75 |
| 15 | 0.87 | 0.83 |
| 16 | 0.94 | 0.91 |
| 17 | 1.00 | 1.00 |
| 18 | 1.06 | 1.09 |
| 19 | 1.13 | 1.18 |
| 20 | 1.19 | 1.28 |
| N | $(N_f/17)^{1.08}$ | $(N_f/17)^{1.5}$ |

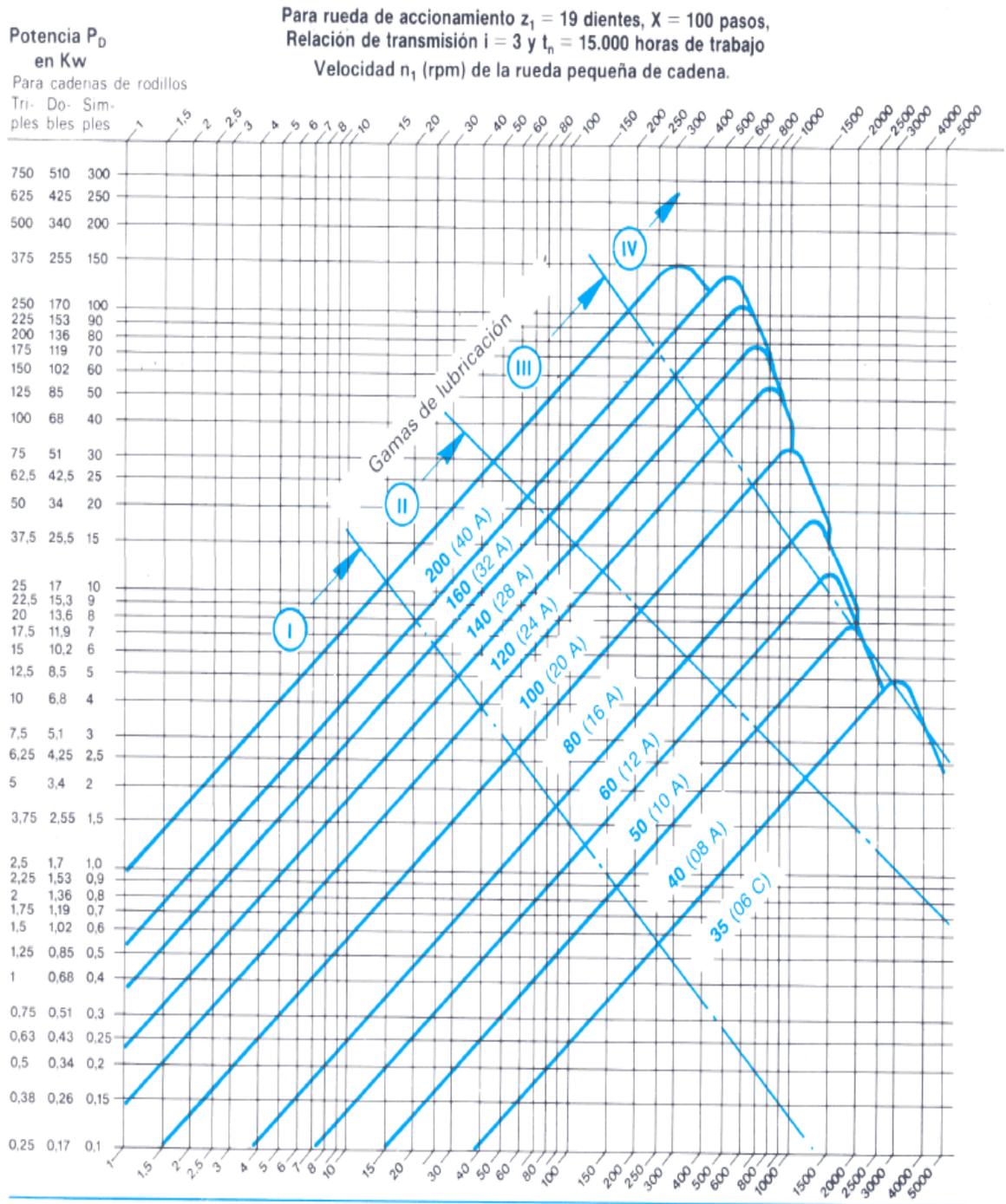
Fuente (Shigley, 2008, p 893)

ANEXO 3 SELECCIÓN PASO DE LA CADENA

| Número de cadena ANSI | Paso, pulg (mm) | Ancho, pulg (mm) | Resistencia mínima a la tensión, lb (N) | Peso promedio, lb/ft (N/m) | Diámetro del rodillo, pulg (mm) | Espaciamento de hilos múltiples, pulg (mm) |
|-----------------------|-----------------|------------------|---|----------------------------|---------------------------------|--|
| 25 | 0.250 (6.35) | 0.125 (3.18) | 780 (3 470) | 0.09 (1.31) | 0.130 (3.30) | 0.252 (6.40) |
| 35 | 0.375 (9.52) | 0.188 (4.76) | 1 760 (7 830) | 0.21 (3.06) | 0.200 (5.08) | 0.399 (10.13) |
| 41 | 0.500 (12.70) | 0.25 (6.35) | 1 500 (6 670) | 0.25 (3.65) | 0.306 (7.77) | — |
| 40 | 0.500 (12.70) | 0.312 (7.94) | 3 130 (13 920) | 0.42 (6.13) | 0.312 (7.92) | 0.566 (14.38) |
| 50 | 0.625 (15.88) | 0.375 (9.52) | 4 880 (21 700) | 0.69 (10.1) | 0.400 (10.16) | 0.713 (18.11) |
| 60 | 0.750 (19.05) | 0.500 (12.7) | 7 030 (31 300) | 1.00 (14.6) | 0.489 (12.42) | 0.897 (22.78) |
| 80 | 1.000 (25.40) | 0.625 (15.88) | 12 500 (55 600) | 1.71 (25.0) | 0.625 (15.87) | 1.153 (29.29) |
| 100 | 1.250 (31.75) | 0.750 (19.05) | 19 500 (86 700) | 2.58 (37.7) | 0.750 (19.05) | 1.409 (35.76) |
| 120 | 1.500 (38.10) | 1.000 (25.40) | 28 000 (124 500) | 3.87 (56.5) | 0.875 (22.22) | 1.789 (45.44) |
| 140 | 1.750 (44.45) | 1.000 (25.40) | 38 000 (169 000) | 4.95 (72.2) | 1.000 (25.40) | 1.924 (48.87) |
| 160 | 2.000 (50.80) | 1.250 (31.75) | 50 000 (222 000) | 6.61 (96.5) | 1.125 (28.57) | 2.305 (58.55) |
| 180 | 2.250 (57.15) | 1.406 (35.71) | 63 000 (280 000) | 9.06 (132.2) | 1.406 (35.71) | 2.592 (65.84) |
| 200 | 2.500 (63.50) | 1.500 (38.10) | 78 000 (347 000) | 10.96 (159.9) | 1.562 (39.67) | 2.817 (71.55) |
| 240 | 3.00 (76.70) | 1.875 (47.63) | 112 000 (498 000) | 16.4 (239) | 1.875 (47.62) | 3.458 (87.83) |

Fuente (Shigley, 2008, p. 473)

ANEXO 4 SELECCIÓN DE POTENCIA DE DISEÑO Y VELOCIDAD DEL PIÑÓN



Fuente. (cadena de rodillos , 2014,p. 7)

ANEXO 5 SELECCIÓN DEL VALOR K PARA LA LONGITUD DE LA CADENA

TABLAS DE LOS VALORES DE K SEGUN SEA LA CANTIDAD D

| D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K |
|----|-------|----|-------|----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1 | 0.03 | 25 | 15.63 | 49 | 60.82 | 73 | 134.99 | 97 | 208.33 | 121 | 370.86 | 145 | 532.57 | 169 | 723.46 |
| 2 | 0.10 | 26 | 17.12 | 50 | 63.33 | 74 | 138.71 | 98 | 243.27 | 122 | 377.02 | 146 | 539.94 | 170 | 732.05 |
| 3 | 0.23 | 27 | 18.47 | 51 | 65.88 | 75 | 142.84 | 99 | 248.26 | 123 | 383.22 | 147 | 547.36 | 171 | 740.60 |
| 4 | 0.41 | 28 | 19.86 | 52 | 68.49 | 76 | 146.31 | 100 | 253.30 | 124 | 389.48 | 148 | 554.83 | 172 | 749.37 |
| 5 | 0.63 | 29 | 21.30 | 53 | 71.15 | 77 | 150.18 | 101 | 258.39 | 125 | 395.79 | 149 | 562.36 | 173 | 758.11 |
| 6 | 0.91 | 30 | 22.80 | 54 | 73.86 | 78 | 154.11 | 102 | 263.54 | 126 | 402.14 | 150 | 569.93 | 174 | 766.90 |
| 7 | 1.24 | 31 | 24.34 | 55 | 76.62 | 79 | 158.09 | 103 | 268.73 | 127 | 408.55 | 151 | 577.53 | 175 | 775.74 |
| 8 | 1.62 | 32 | 25.94 | 56 | 79.44 | 80 | 162.11 | 104 | 273.97 | 128 | 415.01 | 152 | 585.23 | 176 | 784.63 |
| 9 | 2.05 | 33 | 27.58 | 57 | 82.30 | 81 | 166.19 | 105 | 279.27 | 129 | 421.52 | 153 | 592.96 | 177 | 793.57 |
| 10 | 2.53 | 34 | 29.28 | 58 | 85.21 | 82 | 170.32 | 106 | 284.67 | 130 | 428.08 | 154 | 600.73 | 178 | 802.57 |
| 11 | 3.06 | 35 | 31.03 | 59 | 88.17 | 83 | 174.50 | 107 | 290.01 | 131 | 434.69 | 155 | 608.56 | 179 | 811.61 |
| 12 | 3.65 | 36 | 32.83 | 60 | 91.19 | 84 | 178.73 | 108 | 295.45 | 132 | 441.36 | 156 | 616.44 | 180 | 820.70 |
| 13 | 4.28 | 37 | 34.68 | 61 | 94.25 | 85 | 183.01 | 109 | 300.95 | 133 | 448.07 | 157 | 624.37 | 181 | 829.85 |
| 14 | 4.95 | 38 | 36.58 | 62 | 97.37 | 86 | 187.34 | 110 | 306.50 | 134 | 454.83 | 158 | 632.35 | 182 | 839.04 |
| 15 | 5.70 | 39 | 38.53 | 63 | 100.54 | 87 | 191.73 | 111 | 312.09 | 135 | 461.64 | 159 | 640.38 | 183 | 848.29 |
| 16 | 6.48 | 40 | 40.53 | 64 | 103.75 | 88 | 196.16 | 112 | 317.74 | 136 | 468.51 | 160 | 648.46 | 184 | 857.58 |
| 17 | 7.31 | 41 | 42.58 | 65 | 107.02 | 89 | 200.64 | 113 | 323.44 | 137 | 475.42 | 161 | 656.59 | 185 | 866.93 |
| 18 | 8.17 | 42 | 44.68 | 66 | 110.34 | 90 | 205.18 | 114 | 329.19 | 138 | 482.39 | 162 | 664.77 | | |
| 19 | 9.14 | 43 | 46.84 | 67 | 113.71 | 91 | 209.76 | 115 | 334.99 | 139 | 489.41 | 163 | 673.00 | | |
| 20 | 10.13 | 44 | 49.04 | 68 | 117.13 | 92 | 214.40 | 116 | 340.84 | 140 | 496.47 | 164 | 681.28 | | |
| 21 | 11.17 | 45 | 51.29 | 69 | 120.60 | 93 | 219.08 | 117 | 346.75 | 141 | 503.59 | 165 | 689.62 | | |
| 22 | 12.26 | 46 | 53.60 | 70 | 124.12 | 94 | 223.82 | 118 | 352.70 | 142 | 510.76 | 166 | 698.00 | | |
| 23 | 13.40 | 47 | 55.95 | 71 | 127.69 | 95 | 228.61 | 119 | 358.70 | 143 | 517.98 | 167 | 706.44 | | |
| 24 | 14.59 | 48 | 58.36 | 72 | 131.31 | 96 | 233.44 | 120 | 364.76 | 144 | 525.25 | 168 | 714.92 | | |

Fuente. (Correa, 2010, p 22)

ANEXO 6 TABLA DE MOMENTOS DE INERCIA

Tabla A-18

Propiedades
geométricas

Parte 1 Propiedades de las secciones

A = área

G = ubicación del centroide

$I_x = \int y^2 dA$ = segundo momento de área con respecto al eje x

$I_y = \int x^2 dA$ = segundo momento de área con respecto al eje y

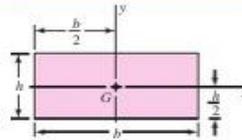
$I_{xy} = \int xy dA$ = momento mixto de área con respecto a los ejes x y y

$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$

= segundo momento polar de área con respecto al eje que pasa por G

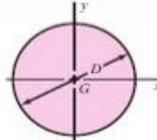
$k_x^2 = I_x/A$ = radio de giro al cuadrado con respecto al eje x

Rectángulo



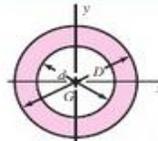
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

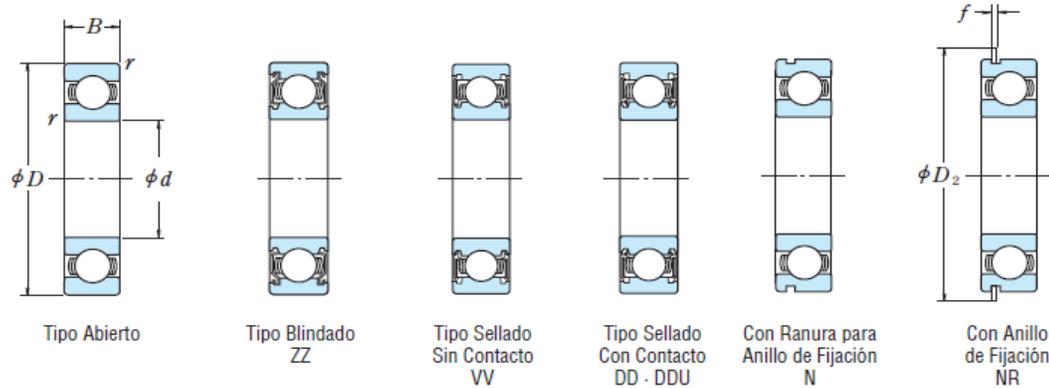
Círculo hueco



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Fuente. (Shigley, 1990, p 892)

ANEXO 7 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

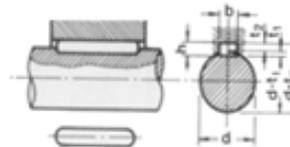


| Dimensiones (mm) | | | | Índices de Carga Básica (N) | | | | Factor | | Velocidad Límite (rpm) | | | Números de Rodamiento | | |
|------------------|----------|----------|---------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------------|--------|---------|-----------------------|---------|-----|
| <i>d</i> | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> min. | <i>C_r</i> | <i>C_{0r}</i> | [kgf] | | <i>f₀</i> | Grasa | | Aceite | Abierto | Blindado | Sellado | |
| | | | | | | <i>C_r</i> | <i>C_{0r}</i> | | Abierto | Abierto | | | | | |
| | | | | | | | | | Z - ZZ V - WW | DU DDU | Z | | | | |
| 25 | 37 | 7 | 0.3 | 4 500 | 3 150 | 455 | 320 | 16.1 | 18 000 | 10 000 | 22 000 | 6805 | ZZ | VV | DD |
| | 42 | 9 | 0.3 | 7 050 | 4 550 | 715 | 460 | 15.4 | 16 000 | 10 000 | 19 000 | 6905 | ZZ | VV | DDU |
| | 47 | 8 | 0.3 | 8 850 | 5 600 | 905 | 570 | 15.1 | 15 000 | — | 18 000 | 16005 | — | — | — |
| | 47 | 12 | 0.6 | 10 100 | 5 850 | 1 030 | 595 | 14.5 | 15 000 | 9 500 | 18 000 | 6005 | ZZ | VV | DDU |
| 28 | 52 | 15 | 1 | 14 000 | 7 850 | 1 430 | 800 | 13.9 | 13 000 | 9 000 | 15 000 | 6205 | ZZ | VV | DDU |
| | 62 | 17 | 1.1 | 20 600 | 11 200 | 2 100 | 1 150 | 13.2 | 11 000 | 8 000 | 13 000 | 6305 | ZZ | VV | DDU |
| | 52 | 18 | 0.6 | 12 500 | 7 400 | 1 270 | 755 | 14.5 | 14 000 | 8 500 | 16 000 | 60/28 | ZZ | VV | DDU |
| | 58 | 16 | 1 | 16 600 | 9 500 | 1 700 | 970 | 13.9 | 12 000 | 8 000 | 14 000 | 62/28 | ZZ | VV | DDU |
| 30 | 68 | 18 | 1.1 | 26 700 | 14 000 | 2 730 | 1 430 | 12.4 | 10 000 | 7 500 | 13 000 | 63/28 | ZZ | VV | DDU |
| | 42 | 7 | 0.3 | 4 700 | 3 650 | 480 | 370 | 16.4 | 15 000 | 9 000 | 18 000 | 6806 | ZZ | VV | DD |
| | 47 | 9 | 0.3 | 7 250 | 5 000 | 740 | 510 | 15.8 | 14 000 | 8 500 | 17 000 | 6906 | ZZ | VV | DDU |
| | 55 | 9 | 0.3 | 11 200 | 7 350 | 1 150 | 750 | 15.2 | 13 000 | — | 15 000 | 16006 | — | — | — |
| 32 | 55 | 13 | 1 | 13 200 | 8 300 | 1 350 | 845 | 14.7 | 13 000 | 8 000 | 15 000 | 6006 | ZZ | VV | DDU |
| | 62 | 16 | 1 | 19 500 | 11 300 | 1 980 | 1 150 | 13.8 | 11 000 | 7 500 | 13 000 | 6206 | ZZ | VV | DDU |
| | 72 | 19 | 1.1 | 26 700 | 15 000 | 2 720 | 1 530 | 13.3 | 9 500 | 6 700 | 12 000 | 6306 | ZZ | VV | DDU |
| | 58 | 13 | 1 | 15 100 | 9 150 | 1 530 | 935 | 14.5 | 12 000 | 7 500 | 14 000 | 60/32 | ZZ | VV | DDU |
| 35 | 65 | 17 | 1 | 20 700 | 11 600 | 2 120 | 1 190 | 13.6 | 10 000 | 7 100 | 12 000 | 62/32 | ZZ | VV | DDU |
| | 75 | 20 | 1.1 | 29 900 | 17 000 | 3 050 | 1 730 | 13.2 | 9 000 | 6 300 | 11 000 | 63/32 | ZZ | VV | DDU |
| | 47 | 7 | 0.3 | 4 900 | 4 100 | 500 | 420 | 16.7 | 14 000 | 7 500 | 16 000 | 6807 | ZZ | VV | DD |
| | 55 | 10 | 0.6 | 10 600 | 7 250 | 1 080 | 740 | 15.5 | 12 000 | 7 500 | 15 000 | 6907 | ZZ | VV | DDU |
| 40 | 62 | 9 | 0.3 | 11 700 | 8 200 | 1 190 | 835 | 15.6 | 11 000 | — | 13 000 | 16007 | — | — | — |
| | 62 | 14 | 1 | 16 000 | 10 300 | 1 630 | 1 050 | 14.8 | 11 000 | 6 700 | 13 000 | 6007 | ZZ | VV | DDU |
| | 72 | 17 | 1.1 | 25 700 | 15 300 | 2 620 | 1 560 | 13.8 | 9 500 | 6 300 | 11 000 | 6207 | ZZ | VV | DDU |
| | 80 | 21 | 1.5 | 33 500 | 19 200 | 3 400 | 1 960 | 13.2 | 8 500 | 6 000 | 10 000 | 6307 | ZZ | VV | DDU |
| 45 | 52 | 7 | 0.3 | 6 350 | 5 550 | 650 | 565 | 17.0 | 12 000 | 6 700 | 14 000 | 6808 | ZZ | VV | DD |
| | 62 | 12 | 0.6 | 13 700 | 10 000 | 1 390 | 1 020 | 15.7 | 11 000 | 6 300 | 13 000 | 6908 | ZZ | VV | DDU |
| | 68 | 9 | 0.3 | 12 600 | 9 650 | 1 290 | 985 | 16.0 | 10 000 | — | 12 000 | 16008 | — | — | — |
| | 68 | 15 | 1 | 16 800 | 11 500 | 1 710 | 1 180 | 15.3 | 10 000 | 6 000 | 12 000 | 6008 | ZZ | VV | DDU |
| 45 | 80 | 18 | 1.1 | 29 100 | 17 900 | 2 970 | 1 820 | 14.0 | 8 500 | 5 600 | 10 000 | 6208 | ZZ | VV | DDU |
| | 90 | 23 | 1.5 | 40 500 | 24 000 | 4 150 | 2 450 | 13.2 | 7 500 | 5 300 | 9 000 | 6308 | ZZ | VV | DDU |
| | 58 | 7 | 0.3 | 6 600 | 6 150 | 670 | 625 | 17.2 | 11 000 | 6 000 | 13 000 | 6809 | ZZ | VV | DD |
| | 68 | 12 | 0.6 | 14 100 | 10 900 | 1 440 | 1 110 | 15.9 | 9 500 | 5 600 | 12 000 | 6909 | ZZ | VV | DDU |
| | 75 | 10 | 0.6 | 14 900 | 11 400 | 1 520 | 1 160 | 15.9 | 9 000 | — | 11 000 | 16009 | — | — | — |
| | 75 | 16 | 1 | 20 900 | 15 200 | 2 140 | 1 550 | 15.3 | 9 000 | 5 300 | 11 000 | 6009 | ZZ | VV | DDU |
| 85 | 19 | 1.1 | 31 500 | 20 400 | 3 200 | 2 080 | 14.4 | 7 500 | 5 300 | 9 000 | 6209 | ZZ | VV | DDU | |
| 100 | 25 | 1.5 | 53 000 | 32 000 | 5 400 | 3 250 | 13.1 | 6 700 | 4 800 | 8 000 | 6309 | ZZ | VV | DDU | |

Fuente. (FAG, rodamientos, 2010, p.21)

ANEXO 8 SELECCIÓN DE DIMENSIONES DE LA CHAVETA

DIMENSIONES CHAVETEROS Y CHAVETAS S/DIN 6885/1 - 6886 y 6887 STANDARD KEYWAYS S/DIN 6885/1 - 6886 and 6887



Chaveta paralela
S/DIN-6885/1

| Ø eje d mm desde-hasta | Medidas chaveta b x h mm | Chaveta par S/DIN 6885/1 | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| | | d + t ₂ m/m | |
| 17-22 | 6x6 | d+2,6 | |
| 22-30 | 8x7 | d+3,0 | |
| 30-38 | 10x8 | d+3,4 | |
| 38-44 | 12x8 | d+3,2 | |
| 44-50 | 14x9 | d+3,6 | |
| 50-58 | 16x10 | d+3,9 | |
| 58-65 | 18x11 | d+4,3 | |
| 65-75 | 20x12 | d+4,7 | |
| 75-85 | 22x14 | d+5,6 | |
| 85-95 | 25x14 | d+5,4 | |
| 95-110 | 28x16 | d+6,2 | |
| 110-130 | 32x18 | d+7,1 | |
| 130-150 | 36x20 | d+7,9 | |
| 150-170 | 40x22 | d+8,7 | |
| 170-200 | 45x25 | d+9,9 | |
| 200-230 | 51x28 | d+11,2 | |
| 230-260 | 56x32 | d+12,9 | |
| 260-290 | 63x32 | d+12,6 | |

Fuente. (Slidershare, 2010, p 1)

ANEXO 9 SELECCIÓN DEL FILETE DE SOLDADURA

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

| Tamaño del coque h, pulg | Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX) | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 60* | 70* | 80 | 90* | 100 | 110* | 120 |
| Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de malla de penetración parcial | | | | | | | |
| T* | 18.0 | 21.0 | 24.0 | 27.0 | 30.0 | 33.0 | 36.0 |
| T_{1/8} | 12.73h | 14.85h | 16.97h | 19.09h | 21.21h | 23.33h | 25.45h |
| Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal | | | | | | | |
| T* | 12.73 | 14.85 | 16.97 | 19.09 | 21.21 | 23.33 | 25.45 |
| T_{1/8} | 11.14 | 12.99 | 14.85 | 16.70 | 18.57 | 20.41 | 22.27 |
| Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal | | | | | | | |
| T* | 7.96 | 9.28 | 10.61 | 11.93 | 13.27 | 14.58 | 15.91 |
| T_{1/8} | 7.96 | 9.28 | 10.61 | 11.93 | 13.27 | 14.58 | 15.91 |
| T_{1/16} | 5.57 | 6.50 | 7.42 | 8.35 | 9.28 | 10.21 | 11.14 |
| 3/8 | 4.77 | 5.57 | 6.36 | 7.16 | 7.95 | 8.75 | 9.54 |
| 5/16 | 3.98 | 4.64 | 5.30 | 5.97 | 6.63 | 7.29 | 7.95 |
| 1/4 | 3.18 | 3.71 | 4.24 | 4.77 | 5.30 | 5.83 | 6.36 |
| 3/16 | 2.39 | 2.78 | 3.18 | 3.58 | 3.98 | 4.38 | 4.77 |
| 1/8 | 1.59 | 1.86 | 2.12 | 2.39 | 2.65 | 2.92 | 3.18 |
| 1/16 | 0.795 | 0.930 | 1.06 | 1.19 | 1.33 | 1.46 | 1.59 |

Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, h

| Espeor del material de la parte unido más grueso, pulg | Tamaño de la soldadura, pulg |
|--|------------------------------|
| *Hasta 1/4 inclusive | 1/8 |
| Mayor que 1/4 | 3/16 |
| Mayor que 1/2 | A 1/2 |
| Mayor que 3/4 | A 3/4 |
| Mayor que 1 1/2 | A 1 1/2 |
| Mayor que 2 1/4 | A 2 1/4 |
| Mayor que 6 | A 6 |

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.
 Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no va más allá de soldadura de filete de 5/16 pulg por cada 3/4 pulg de material.
 El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no va más allá de 3/16 pulg.

* Las soldaduras de filete se miden en anchura por el AISC 885, Incl. Comanche.
 T = 0.25(1) T_{max}

Fuente. (Shigley, 2008, p 893)

ANEXO 10 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA SOLDADURA

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| UNS num. | Núm. SAE y/o AISI | Procesamiento | Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | Resistencia a la cedencia, MPa (kpsi) | Elongación en 2 pulg. % | Reducción en área, % | Dureza Brinell |
| G10060 | 1006 | HR | 300(43) | 170(24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330(48) | 280(41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320(47) | 180(26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370(53) | 300(44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340(50) | 190(27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 370(53) | 300(44) | 20 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400(58) | 220(32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440(64) | 370(54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380(55) | 210(30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470(68) | 390(57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470(68) | 260(37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520(76) | 440(64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500(72) | 270(39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550(80) | 460(67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520(76) | 290(42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590(85) | 490(71) | 12 | 35 | 170 |
| G10450 | 1045 | HR | 570(82) | 310(45) | 16 | 40 | 163 |
| | | CD | 630(91) | 530(77) | 12 | 35 | 179 |
| G10500 | 1050 | HR | 620(90) | 340(49.5) | 15 | 35 | 179 |
| | | CD | 690(100) | 580(84) | 10 | 30 | 197 |
| G10600 | 1060 | HR | 680(98) | 370(54) | 12 | 30 | 201 |
| G10800 | 1080 | HR | 770(112) | 420(61.5) | 10 | 25 | 229 |
| G10950 | 1095 | HR | 830(120) | 460(66) | 10 | 25 | 248 |

Fuente. (Shigley, 2008, p 893)

ANEXO 11 SELECCIÓN DEL TIPO DE CARGA PARA LA SOLDADURA

| Tipo de carga | Tipo de soldadura | Esfuerzo permisible | n' |
|-------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| Tensión | A tope | $0.60S_u$ | 1.67 |
| Aplastamiento | A tope | $0.90S_u$ | 1.11 |
| Aplastamiento | A tope | $0.60-0.66S_u$ | 1.52-1.67 |
| Compresión simple | A tope | $0.60S_u$ | 1.67 |
| Cortante | A tope o de filete | $0.30S_u$ | |

Fuente. (Shigley, 2008, p 893)



**Material Eléctrico Industrial
en alta y Baja Tensión**
Mariana del Jesús Ferrín Zambrano
www.eivinueza.com.ec

ALMACEN NORTE (PRINCIPAL):
Av. Galo Plaza Lasso N66-171 y De los Cerezos
(Junto Parque del Recuerdo), Quito
Telfs.: 247-8055 / 247-8503 / 247-7394
510-3131 / 511-6794
Fax: 2476-055
E-mail: info@eivinueza.com.ec • ventas@eivinueza.com.ec

ALMACEN SUR (SUCURSAL):
Av. Episcopa 1088 y
Rodrigo de Chávez (5 de Junio)
Teléfonos: 2651-513
Telefax: 2658-119
E-mail: info_sur@eivinueza.com.ec
ventas2@eivinueza.com.ec

FACTURA
RUC. 1300939194001
5001-001- 00131179
Documento Categorizado: NO
AUTORIZACIÓN SRI: 1116303071
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD
Quito, 10-Marzo-2015

Señor (s): **JUAN PAREDES**

Dirección: **EL TRANSITO**

Forma de Pago: **CREDITO 0 DIAS** **VENCE: 10/03/15**

Despachado por:

Fecha:

RUC./C.I. **1713232971**

Teléfono: **3054003**

Guía de Remisión:

Orden de Compra No.

| CANTIDAD | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
|--|-----------|---------------------------------------|---------------|-------------|
| 1.00 | ROTO-005. | BOTONERA FUERZA METAL .30A600V.CANISC | 5.7100 | 5.71 |
| 1.00 | ENCH-009. | ENCHUFE CAUCHO 3X50A-250V.COOPER | 8.3500 | 8.35 |
| 3.00 | CAEL-077. | CABLE ELECT.CONCENTRICO.3X12 AMB | 3.1600 | 9.48 |
|  | | | | |
| <p>SON: VEINTITRES con 73/100</p> <p>GRACIAS POR SU COMPRA</p> | | | DESCUENTO 10% | -2.35 |

PAGARÉ ALA ORDEN

El (los) suscritor(s) incondicionalmente reconozco (emos) que debo (amos) y pagaré (mos) a la orden del emisor el día de mañana en esta ciudad o en que se me demande la suma de dólares fijada en el total de esta factura así mismo el suscrito cubrirá los gastos judiciales y extrajudiciales inclusive honorarios profesionales que ocasiono el cobro, siendo prueba suficiente para establecer tales gastos la mera aseración del acreedor.

El (los) suscritos conviene (n) expresamente en someterse a la competencia de los jueces judiciales en el lugar donde debe efectuarse el pago o en el domicilio del otador y el trámite ejecutivo o verbal sujeto a la decisión del acreedor.

| | |
|-----------------|--------------|
| SUB-TOTAL \$ | 21.19 |
| 0% I.V.A. \$ | 0.00 |
| % I.V.A. 18 | 2.54 |
| TOTAL \$ | 23.73 |


Firma autorizada


Es conforme - CLIENTE

Despachado por

IMPRESIÓN: LEONARDO HERNANDEZ ZAMORA R.U.C. 1716417280111 MIT: 2003 - FECHA DE AUTORIZACIÓN: 28/01/2015 - CARRERA: 28/01/2015 - DIR: 3152.01 y 0171.00 - VERIFICAR AUTENTICIDAD

ORIGINAL: CLIENTE - COPIA CELESTE: EMISOR - COPIA AMARILLA: ARCHIVO

CASTILLO HERMANOS SA

TELE/FAX:022475785

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION #194
Pana. Norte 13135 y De los Cerezos RUC:1790155102001

PROFORMA #001-002-0225076

Fecha: Quito, Sábado, 21/Mar/2015
Atención: ALN. PRINCIPAL
Vendedor: JAVIER PAZMINO
Cliente: JUAN PAREDES

| Cantidad | Artículo | V. Unitario | V. Total |
|------------------|--|-------------|----------|
| 16.00 | PERNO ALLEN AC. GR.12.9 MM DIN 912 12X1.75X50 408800 | 0.460 | 7.36 |
| 16.00 | PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 12X1.75X50 363900 | 0.270 | 4.32 |
| 32.00 | ARANDELA PLANA SAE (EUROPEO) 1/2" 801950 | 0.040 | 1.28 |
| 32.00 | ARANDELA PRESION SAE NEGRA 1/2" 20600 | 0.050 | 1.60 |
| 8.00 | PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 12X1.75X75 364400 | 0.440 | 3.52 |
| 8.00 | TUERCA AC. GR.5 UNC NEGRA 1/2" 693500 | 0.150 | 1.20 |
| 8.00 | PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 10X1.50X40 361500 | 0.160 | 1.28 |
| 8.00 | ARANDELA PRESION SAE NEGRA 7/16" 20500 | 0.050 | 0.40 |
| 8.00 | ARANDELA PLANA SAE (EUROPEO) 3/8" 801750 | 0.030 | 0.24 |
| 32.00 | PERNO PRISIONERA MM 6X1.25X10 434600 | 0.040 | 1.28 |
| Subtotal | | (=) | 22.48 |
| *Dcto.* 10.7143% | | (-) | 2.41 |
| Imponible | | (=) | 20.07 |
| I.V.A. 12.00% | | (+) | 2.41 |

TOTAL US\$ 22.48

*El dscto. se aplico de acuerdo al monto

Distribuidor exclusivo de Herramienta

IRIMO

Grupo SnapOn

hacemos más fácil su trabajo

Esta proforma tiene validez de 15 días



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tuberia - Platinas - Ejes Planchas y
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grillon, Chumaceras y Rodamientos

001001FAC0138996

FACTURA

001-001

R.U.C. 1801252170001

N°000138996

AUT. S.R.L. 1115935399

Fecha de Autorización: 20/Noviembre/2014

Cliente: PAREDES JUAN HUMBERTO

Dirección: EL TRANSITO

RUC/CI: 1718232971

Tel: 3054003

Emisión: 19/03/2015

Vence: 19/03/2015

Vend.: 4 WILSON GRUJALVA

Nota Pedido:

Observación:

| CODIGO | DESCRIPCION | UNC | CANTIDAD | P. UNITARIO | DBCT 1 | DBCT 2 | DBCT 3 | PVP-DBCTO | TOTAL |
|---------|----------------------|-----|----------|-------------|--------|--------|--------|-----------|--------------|
| 3.1.020 | AC. 7210 RED. 100 MM | KG | 12.900 | 3.50 | 0.25 | 0.15 | 0.00 | 2.99 | 38.60 |
| | | | | | | | | | TOTAL |

HUGO GUERRERO B.
 1801252170001
 Lorena Grujalva
 CANCELADO

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, poseer, reproducir y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial, en los libros de información crediticia por la Superintendencia de Bancos. Dado y hecho a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se no me reconozca el valor legal expresado en este documento más las impuestas constitutivas y el rubro que me corresponde legal por mora por el presente documento. En fe de lo anterior, yo el suscrito Hugo G. Guerrero Barreno Hugo G. y sus representantes. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. sea el responsable en el presente documento de la veracidad de los datos consignados en el presente documento. Fecha de emisión: 19/03/2015. Firma: Hugo Guerrero Barreno Hugo G.

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------------|------|--------------|------|----------------|--------------|-------------|------|
| Subtotal | 38.60 | Total Dcto. | 0.00 | Tarifa Cero. | 0.00 | Base Imponible | 38.60 | I.V.A. 12 % | 4.63 |
| Dcto. Adicional | | Flete | 0.00 | | | | | | |
| Total a pagar: | | | | | | | 43.23 | | |

SALIDA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES
 Facturado por: *[Firma]*
 Recibi Conforme Nombre / CI / Sello: *[Firma]*

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Tel: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumihahui) Quito - Ecuador
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLLIMAR ABDON. R.U.C. 171110729501 AUT. 3030 Tel: 2557785. Numerado del 000134301 al 000142010 FECHA DE CADUCIDAD: 16/NOVIEMBRE/2015

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com



polielektric@hotmail.com

POLIELEKTRIC

productos eléctricos industriales

Av. 10 de Agosto N57-47 (Av. Galo Plaza Lasso N57-35)
y Borrero, Sector Cotac

Tel.: 2402-849 • Telfax.: 2408-956

polielektric@hotmail.com Quito - Ecuador

PROFORMA
R.U.C.1704103728001

0010878

FECHA: DIA 03 MES 3 AÑO 2015

Sr. JUAN HUMBERTO PAREDES PILLIZA R.U.C./ C.C.: 1713232971

DIRECCIÓN: EL TRANSITO, CALLE ISABEL HERRERIA Y JULIO TELF.: 3084003

| CANT. | DESCRIPCIÓN | V. UNIT. | V. TOTAL |
|-------|---|----------|----------|
| 1.00 | CONTACTOR CNC LC1-D08 9A AC3 220 | 8.2000 | 8.20 |
| 1.00 | RELAY TERMICO CNC 7-10A LRD-1314 | 7.4500 | 7.45 |
| 1.00 | PULSADOR RONDO PLASTICO ROJO METENHO | 2.5000 | 2.50 |
| 1.00 | MICRO-SWITCH CNC Z-153Q BOTON GRUES | 4.3500 | 4.35 |
| 1.00 | PULSADOR ETC MARCHA VERDE 220 MET. | 1.9500 | 1.95 |
| 1.00 | PULSADOR ETC PARO ROJO 220 MET. | 1.9500 | 1.95 |
| 1.00 | BLOQUE PARA SELECCION VERDE 220V | 2.6500 | 2.65 |
| 1.00 | BLOQUE PARA SELECCION ROJO 220V | 2.6500 | 2.65 |
| 1.00 | LUZ PILOTO EST. SOLIDO CORTA VERDE 220 | 1.4500 | 1.45 |
| 1.00 | LUZ PILOTO EST. SOLIDO CORTA ROJA 220V | 1.4500 | 1.45 |
| 1.00 | LUZ PILOTO EST. SOLIDO CORTA AZUL 220V | 1.4500 | 1.45 |
| 1.00 | CI-22-16 GABINETE MET REAC LUZ 20 Y 20 | 14.9500 | 14.95 |
| 3.00 | MOTOR SURTIDO Y CALIDAD AL MENOR PRECIO | 2.1700 | 6.51 |
| 1.00 | ENCHUFE PATEGALLO SP SCA COOPES | 9.2000 | 9.20 |
| | DESCUENTO: | | -4.51 |
| | Subtotal: | | 61.25 |
| | Tarifa 0%: | | 0.00 |

| | | | | |
|---------|-------------------------------------|------------|----------------------|-------|
| CRÉDITO | | Tarifa 12% | SUBTOTAL | 61.25 |
| CONTADO | <input checked="" type="checkbox"/> | 12.00 % | IVA | 7.35 |
| | | | TOTAL USD \$. | 68.61 |

Bowen Mejía Viviana Lozano / IMPRENTA "GAMP"
Fecha Impresión: 28 Mayo 2014
Del 010401 al 011300 6 lts. 100x210 negro, químico

"SOMOS PERSONAS NATURALES OBLIGADOS A LLEVAR CONTABILIDAD"



AUTORIZADO

RECIBI CONFORME



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA

001-001
 R.U.C. 1801252170001
 AUT. S.R.L. 1115935399
 Fecha de Autorización: 20/Noviembre/2014

001901FAC0137212

N°000137212

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo.

| | |
|--|---|
| Cliente: AGUILAR KLEBER Dirección: SOLANDA SECTOR 3 RUCYCI: 1717187783 Telf.: 2885377 | Emisión: 06/02/2015 Vence: 06/02/2015 Vend: Nota Pedido: |
|--|---|

Observación:

| CODIGO | DESCRIPCION | UNICANTIDAD | P.UNITARIO | D8CT 1 | D8CT 2 | D8CT 3 | PVP-D8CTO | TOTAL |
|---------|--------------------------|-------------|------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| 1.1.45 | AC. 705/4340 RED. 45 MM | KG | 7.600 | 4.30 | 0.43 | 0.19 | 0.14 | 26.82 |
| 1.1.45 | AC. 705/4340 RED. 45 MM | KG | 6.600 | 4.30 | 0.43 | 0.19 | 0.14 | 23.29 |
| 1.1.45 | AC. 705/4340 RED. 45 MM | KG | 11.700 | 4.30 | 0.43 | 0.19 | 0.14 | 41.29 |
| 1.1.120 | AC. 705/4340 RED. 120 MM | KG | 81.700 | 4.30 | 0.43 | 0.19 | 0.14 | 288.35 |

HUGO GUERRERO B.
 1801252170001
 Lorena Grijalva
 CANCELADO

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio, sea de carácter financiero o comercial, en los burós de información crediticia por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconozca el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos y el mínimo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesta. Excesos de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus sucesores. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que deba darme notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesta.

| | | | | | |
|---|-----------------|-------------|------------------------------|----------------|-----------------|
| SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES Facturado por: Recibi Conforme Nombre / CI / Sello | Subtotal | Total Dcto. | Tarifa Cero. | Base Imponible | I.V.A. 12 % Iva |
| | 379.75 | | 0.00 | 379.75 | 45.57 |
| | Dcto. Adicional | Flete | Total a pagar: 425.32 | | |
| | | 0.00 | | | |

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3200-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel: 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIAR ABDON. R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Telf.: 2557 785. Numerado del 000134501 al 000142000 FECHA DE CADUCIDAD: 20/NOVIEMBRE/2015

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 001-001

R.U.C. 1801252170001
 AUT. S.R.I. 1115935399
 Fecha de Autorización: 20/Noviembre/2014

601661FAC0137978

N°000137978

Cliente: PAREDES JUAN HUMBERTO Emisión: 26/02/2015
 Dirección: EL TRANSITO Vence: 26/02/2015
 RUCIC: 1713232971 Vend: 4 WILSON GRIJALVA
 Telf.: 3054003 Nota Pedido:

Observación:

| CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.UNITARIO | D8CT 1 | D8CT 2 | D8CT 3 | PVP-D8CTO | TOTAL |
|-----------|-------------------------|--------|----------|------------|--------|--------|--------|-----------|-------|
| 37.ADB17 | PIÑON SENCILLO 40B17 T | UM | 12.000 | 7.25 | 0.72 | 0.26 | 0.00 | 6.26 | 75.17 |
| 21.CADP40 | CADENA P40 1/2 | UM | 1.000 | 22.50 | 2.25 | 0.81 | 0.00 | 19.44 | 19.44 |
| 36.H.6205 | RODAMIENTO MCH 6205 2RS | UM | 14.000 | 2.24 | 0.22 | 0.08 | 0.00 | 1.94 | 27.10 |

HUGO GUERRERO B.
 1801252170001
 Wilson Grijalva
CANCELADO

Blanco: Adquiriente, Amarillo: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reparar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los bancos de información verificados por la Superintendencia de Bancos.

Dicho y pagará a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconozca el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora percibido desde su vencimiento sin protesto. Exprese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo judicial suscrito a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en el presente factura a la vista y sin protesta.

VALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Facturado por _____
 Recibi Conforme
 Nombre / CI / Sello

| | | | | | |
|-----------------|-------------|----------------|----------------|--------|-------|
| Subtotal | Total Dcto. | Tarifa Cero. | Base Imponible | IVA 12 | % Iva |
| 121.71 | | 0.00 | 121.71 | | 14.61 |
| Dcto. Adicional | Flete | Total a pagar: | | 136.32 | |
| | 0.00 | | | | |

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR ABDON. R.U.C. 171115729901 AUT. 3330 Telf.: 2557 785. Numerado del 000134901 al 000142000 FECHA DE CADUCIDAD: 20/NOVIEMBRE/2015



ACEROS INDUSTRIALES H.G.B.
MANZANO NUÑEZ HILDA MAGDALENA
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
 Ofrece: Aceros - Ángulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grillos, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 002-001
 R.U.C. 1801835495001 Nº000017634
 AUT. S.R.I. 1115973268
 Fecha de Autorización: 27/Noviembre/2014

Cliente: PAREDES JUAN
 Dirección: EL TRANSITO
 RUCRUCI: 1713232971
 Telf.: 3054003
 Observación:
 Emisión: 19/02/2015
 Vence: 19/02/2015
 Vend.: 5786 VIANA GRUJALVA
 Nota Pedido:

| CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.UNITARIO | DBCT 1 | DBCT 2 | DBCT 3 | PVP-DBCTO | TOTAL |
|-------------|----------------------------|--------|----------|------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| 36.CMB.6336 | RODAMIENTO OMS 6206 2RS-C3 | UNI | 2.000 | 2.54 | 0.25 | 0.11 | 0.08 | 2.08 | 4.17 |
| 39.25 | PLANCHA 1010 H 25 | KG | 68.222 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.80 | 122.80 |
| 44.25 | AC. 760/1045 CUAD. 25 MM | KG | 7.200 | 3.33 | 0.33 | 0.14 | 0.11 | 2.73 | 19.68 |

ACEROS INDUSTRIALES HGB
 RUCRUCI: 1713232971
 CANCELADO

Con la firma del presente, autorizo a Hilda Manzano N. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio, sea de carácter financiero o comercial, en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.
 Debo y pagaré a la orden de Manzano Nuñez Hilda M. en el lugar y fecha que se me reconozca el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Entiendo de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Manzano Nuñez Hilda M. o sus cesionarios. Acepto que Manzano Nuñez Hilda M. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES
 Efecturado por _____
 Nombre / CI / Sello Recibi Conforme

| | | | | |
|-----------------|-------------|------------------------------|----------------|-------|
| Subtotal | Total Dcto. | Tarifa Cero. | Base Imponible | % Iva |
| 146.65 | | 0.00 | 146.65 | 17.60 |
| Dcto. Adicional | Flete | Total a pagar: 164.25 | | |
| | 0.00 | | | |

Av. Galo Plaza Lasso Lote 7 y Diego de Vasquez * Telf.: 5120 341 / 5120 342 / 51203 43 / 5120 344 / 5120 345 (Intercambiador de Carcelén) Quito - Ecuador
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVARA. Telf.: 2557 785 R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Numerado del 000016001 al 000022000 FECHA DE CADUCIDAD: 27/NOVIEMBRE/2015

Blanco: Adquiriente, Amarillo: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshg2@hotmail.com / www.acerosindustrialeshg.com



ING RAFAEL VEGA RON

Quito
2805365

CONTRIBUYENTE ESPECIAL No RESOLUCION 208

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

CLIENTE AGUILAR NASIMBA KLEBER
DIRECCION SOLANDA
CIUDAD Quito
RUC C.I. 1717187783
TELEFONO 022685377

RUC: 1706866934001

FACTURA

No: 001001-00000193

Clave Acceso:

2702201501170686693400120010010000001930000019310

EMISION: NORMAL

AMBIENTE: PRODUCCION

Autorizacion:

2702201515490617068669340013233424468

FECHA 27/02/2015

VENCE: 27/02/2015

FECHA AUTORIZACION:

27/02/2015 15H49 06

Clave Acceso:

011706866934001200100100000019300

| CODIGO | DESCRIPCION | CANTIDAD | V. UNIT. | DSTO. % | TOTAL |
|--------|---|----------|----------|---------|----------|
| VE01 | MOTORREDUCTOR ORTOGONAL/MOTOV/NMRV090/i:50 3HP/4P/3F/220VAC S/N: 471113-201405 O/T: 313 | 1.00 | 1,008.00 | 0.00 | 1,008.00 |

| OBSERVACION | | |
|-------------|---------------------------|----------|
| | SUBTOTAL 12% | 1,008.00 |
| | SUBTOTAL 0% | 0.00 |
| | SUBTOTAL No objeto de IVA | 0.00 |
| | SUBTOTAL SIN IMPUESTOS: | 1,008.00 |
| | DESCUENTO: | 0.00 |
| | ICE: | 0.00 |
| | IVA 12% | 120.96 |
| | PROPINA | 0.00 |
| | TOTAL USD \$ | 1,128.96 |



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

(MATUZ MANTA): Av. 24 de Mayo y calle 18a, Esquina - Tel: (05) 2628337 - 2628352 - Cell: 099-7631993
(QUITO): Guayaquil 18-A-177 y Av. de la Prensa - PBX (02) 3960900 - Cell: 099-9447187 - 099-9444544,
(Quito Sur): Calle Barrera y Panamericana Sur Km. 3 1/2 - PBX (02) 2671110 - Cell: 099-9444586
ESTABLECIMIENTOS:
(Quinceño): Vía a Valencia Km. 1 - Tel: (05) 2781618 - 271229 - 781413 - Cell: 099-7634019
(Sto. Domingo): Vía a Quinceño Km 3 1/2 (a lado de la pasadereza JARAÑA) - Tel: (02) 3703145 - 3703145 - 3712000 - Cell: 099-3444574
(Portoviejo): Av. Universitaria y Calle César Chávez Cariarte - Tel: (05) 2633105 - 2634569 - Cell: 099-7633899
(Guayaquil): Pantoja Vía a Daule Km. 10 1/2 - Tel: (04) 2113119 - 2114111 - 086-7806054
(Planta 2): Vía a Daule Km. 14 Primera Sec. Industrial - Tel: (04) 2113119 - 2114111 - 086-7806054
(Local 2): Vía a Daule Km. 17 - PBX (04) 2305191 - 2305195 - 6026653 - 6026654 - Cell: 099-9444497
(Local 3): Av. Eloy Alfaro y Calle Calucuhina, Esq. - PBX (04) 2410854 - 2415371
(Ambato): Av. Atahualpa y Juan Laramilla, Esquina - Tel: (03) 2265661 - 2888963 - Cell: 099-9444593
(Cuenca): Av. 12 de Abril entre las Calles Imbabura y Galapagos - Tel: (07) 2810042 - 2884768 - 2888974
(Machala): Guayas y El Guabo esq. - Tel: (07) 2921763 - 2921577 - Cell: 099-7634131
(Milagro): Av. 11 de Septiembre y Calle Colón - Tel: (04) 2723317 - 2923256 - Cell: 099-7633829
(Ibarra): Av. Cristóbal de Torres y Mejía - Tel: (06) 2648586 - 2694597 - 2694598 - Cell: 099-7633829
(Laja): Calle Ambato s/n entre Ibarra y Tulcan - Tel: (07) 2350609 - Cell: 099-7633808
(Nobol): San Manuel de Sapí lote 14 - Tel: (03) 2600327 - 2605383 - 2609950 - Cell: 099-4163638
(Coca): Av. 9 de Octubre # 12 y Calle Cuyabeno - Tel: (05) 2820031 - 868047
(Lago Agrio): Av. 9 de Octubre - 3 Manzana 13 - Tel: (06) 2503148 - 2503116
(Payson): Av. Alberto Zambrano 16 y 9 de Octubre - Tel: (03) 2530072

www.dipacmanta.com
• Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA.
• Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.

- La mercadería viaja por cuenta y riesgo del comprador.
- Salida la mercadería de nuestros almacenes no se aceptan reclamos.
- Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.

NOMBRE/RAZON SOCIAL: PAREDES PILLIZA JUAN HUMBERTO
RUC o CI: 1713232971
DIRECCION: EL TRANSITO CHILLOGALLO
CODIGO CLIENTE: 0049999999
PAGO: DEBITO VISA ELECTRON
PEDIDO: 040300545 Fac. Proveedor:
GUIA DE REMISION: 004-002-000214891

DIPAC MANTA S.A.
R.U.C. 1390060757001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCIÓN 5368 DEL 3 DE JUNIO 1995 DIPAC MANTA S.A.

FACTURA
004-002-000191540
Autorización S.R.I. No.
1115771260
Fec. Caducidad 21/10/2015
Fecha Autorización
21/10/2014

FECHA: 10/02/2015
CIUDAD: QUITO
VENDEDOR: 479
LOPEZ PAREDES JENNY LORENA
PAG: 1

| CODIGO ITEM | DESCRIPCION ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL USD |
|-------------|--------------------------|----------|------------|-----------|
| ECU06002 | T.EST.NEG.CU. 60MM X 2MM | 1.00 u | 22.40 | 22.40 |

CANCELADO
CASA
DIPAC QUITO NORTE

MATERIAL ENTREGADO
10 FEB 2015
DIPAC MANTA S.A.

SON: VEINTICINCO CON 09/100 USD
Este Valor debera ser pagado por el Cliente en DOLARES AMERICANOS.

| | |
|------------|-------|
| DESCUENTOS | 0.00 |
| SUBTOTAL | 22.40 |
| IVA 12% | 2.69 |
| TOTAL USD | 25.09 |

Puntos ganados antes de esta factura: 0.00

Se informa a nuestros clientes que para obtener la factura autorizada por el SRI puede acceder a nuestra página web: <http://dipacmanta.e-custodia.com.ec> Si es la primera vez que ingresan a nuestro portal el usuario es su RUC, Cédula de Identidad o pasaporte y la contraseña son los primeros cuatro dígitos de éstos

También puede acceder con su clave de contribuyente a la página web del Servicio de Rentas Internas www.sri.gob.ec/ent16p Comprobantes Electrónicos"

RECIBE CONFORME CLIENTE

ORIGINAL - DESTINATARIO
DIPAC MANTA S.A.

PLANOS

MANUAL DE SEGURIDAD PARA LA MÁQUINA PERFILADORA DE CUATRO ESTACIONES

PROTÉJASE USTED Y A OTROS DE POSIBLES ACCIDENTES

MANTÉNGASE A LOS NIÑOS ALEJADOS DE LOS LUGARES DE TRABAJO

Las reglas de seguridad dadas a continuación son únicamente un sumario de una información más completa que puede ser encontrada en las normas de seguridad de máquinas en movimiento.

Es primordial leer y cumplir las normas de seguridad.

LA REPARACIÓN, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTA MÁQUINA DEBE SER SIEMPRE EJECUTADA POR PERSONAL CALIFICADO.

La siguiente simbología de seguridad y palabras claves se utilizan durante todo el instructivo para llamar la atención del operador y para identificar los diferentes niveles de peligro e instrucciones especiales.



ATENCIÓN A LAS MANOS

En este lugar tenga cuidado con remordimientos de las manos mientras se opera la máquina.



PELIGRO DE CORTES

En esta zona existen elementos o piezas cortos punzantes que pueden causar accidentes.



NO RETIRAR PROTECCIONES

Las partes en movimiento como rodillos, motor, cadenas pueden llegar a cortar o realizar atrapamientos de manos, cabello o ropa suelta.

Mantener siempre las protecciones de la máquina colocadas y aseguradas.

Mantenga las manos, cabello, ropa floja y herramientas alejadas de las partes en movimiento de la máquina.



PROHIBIDO REALIZAR MANTENIMIENTOS CUANDO LA MÁQUINA ESTÉ EN MOVIMIENTO.

Detenga la marcha del motor antes de hacer cualquier mantenimiento, conexión o instalación, para prevenir arranques accidentales desconecte el cable principal de alimentación de energía eléctrica.

Para realizar los mantenimientos o reparaciones de la máquina perfiladora asegúrese que sean realizados por personal calificado.



UTILIZAR GAFAS DE SEGURIDAD.



UTILIZAR PROTECCIÓN AUDITIVA

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA PERFILADORA

Mantenimiento de la máquina

La perfiladora y sus componentes deben inspeccionarse y mantenerse en buen estado con un nivel de seguridad funcional, en intervalos regulados por parte de técnicos que tengan una capacitación y un total conocimiento de los detalles mecánicos que consta la máquina.

Es normal que se tenga inconvenientes con la máquina, pero se minimiza la proporción de mayores contratiempos que pueden producir paradas prolongadas en la producción con mantenimientos preventivos.

El mantenimiento es indispensable para conservar la seguridad y confiabilidad con que fue originalmente fabricado. Por ello debe recibir inspecciones periódicas de mantenimiento, mantener registros de dichos servicios.

Programa de Mantenimiento realizado por el operador

Antes de iniciar las labores

- Compruebe de manera visual si el sistema motriz de catarinas, cadenas y motor está bien engranado.
- Compruebe que no existan elementos que puedan ser jalados por la máquina.
- Observe si existen materiales sobrantes dentro de los rodillos que puedan obstruir el paso de una nueva plancha de acero.
- Revise conexiones eléctricas sueltas o en mal estado, reporte al supervisor.

Mientras funciona la máquina

- Fíjese en cualquier cambio que se produzca al operar la máquina, como sonidos diferentes a los usuales.
- Compruebe si se perciben vibraciones excesivas al momento de realizar el perfilado.
- Observe si requiere algún ajuste en los pernos de sujeción en los soportes móviles.
- Compruebe el correcto funcionamiento de catarinas y cadena.

Programa de mantenimiento preventivo

Debe ser realizado por personas capacitadas para el efecto, utilizando los procedimientos de mantenimiento aquí indicados para asegurar un buen rendimiento de la máquina. El mantenimiento debe realizarse cuando se cumpla el tiempo que se indica a continuación.

Es necesario complementar con formas para requerimientos de mantenimiento, que son documentos en los que se registran las novedades, los materiales e insumos requeridos luego de realizar las revisiones.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Cuadro de registro de mantenimiento

| ACCESORIOS | ELEMENTOS MECANICOS | OPERACIÓN A REALIZAR | TIEMPO | LUBRICANTE | TIPO DE LUBRICACION |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|
| MOTORREDUCTOR | | NIVEL DE ACEITE | 8 días | ACEITE | SAE 80W/90 |
| SISTEMA MOTRIZ | CATARINAS | ENGRASAR | 8 días | GRASA | SAE 70 |
| | CADENAS DE RODILLOS | ENGRASAR Y VERIFICAR | | | |
| | | TENSADO CADENA | 8 días | GRASA | SAE 70 |
| | RODAMIENTOS | ENGRASAR | 8 días | GRASA | SAE 70 |
| PERNOS | ARANDELAS | VERIFICAR Y AJUSTAR | 8 días | DESOXIDANTES | |
| PRISIONEROS | | VERIFICAR CHAVETAS | 8 días | | |

**FORMATO PARA REALIZAR ENSAYOS CON LA MÁQUINA
PERFILADORA**

MANUAL DE PROCEDIMIENTO
(para una lámina de acero espesor 0.9 mm)

Realizado por:

Aprobado por:

Fecha:

Hora de inicio:.....

Hora de finalización:.....

DIMENSIONES GENERALES DE LA MÁQUINA

Dimensiones: 1100 x 750 x 320 mm

Material: ST- 36

Capacidad: 90 Kg

Apreciación: 0.1 mm

ENSAYO DE LA LÁMINA POR LAS 4 ESTACIONES

Objetivos:

1. Leer el manual de funcionamiento de la máquina para su respectivo proceso de pruebas.
2. Limpiar y revisar que la máquina este en buenas condiciones antes de conectar a la toma corriente.
3. Medir y cortar el material de 96x1600x0,9 mm para su respectivo procedimiento

4. Revisar el tablero eléctrico para que no haya corto circuito (cables sueltos).
5. Soltar el paro de emergencia de la máquina.
6. Encender y verificar el sentido de la máquina mediante el pulsante (ON).
7. Posicionar o fijar la lámina en la guía de la máquina para su respectiva prueba de conformado.
8. Tomar tiempo de pasada del conformado de la lámina por las 4 estaciones con su respectiva fuerza máxima de los rodillos.
9. Verificar y observar que la lámina conformada cumpla con las condiciones óptimas después de la prueba.
10. Apagar la máquina mediante el pulsante (OFF) una vez hecho las pruebas de conformado
11. Pulsar el paro de emergencia de la máquina para prevenir accidentes
12. Conclusiones.

Probeta N

Material:

DIMENSIONES:

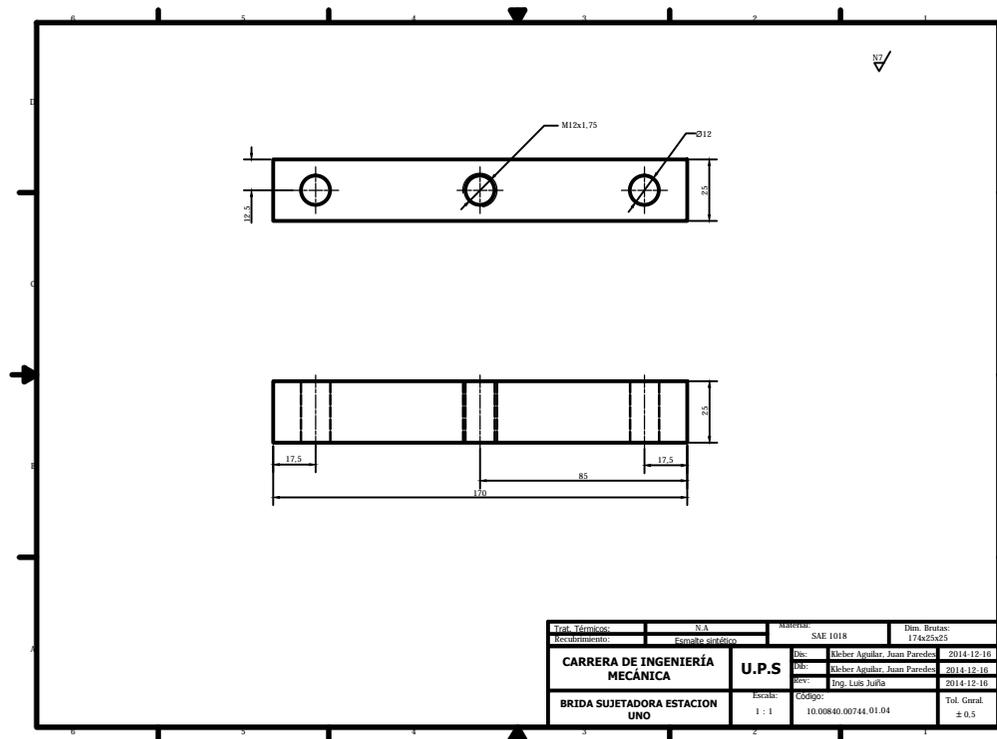
Longitud:

Ancho:

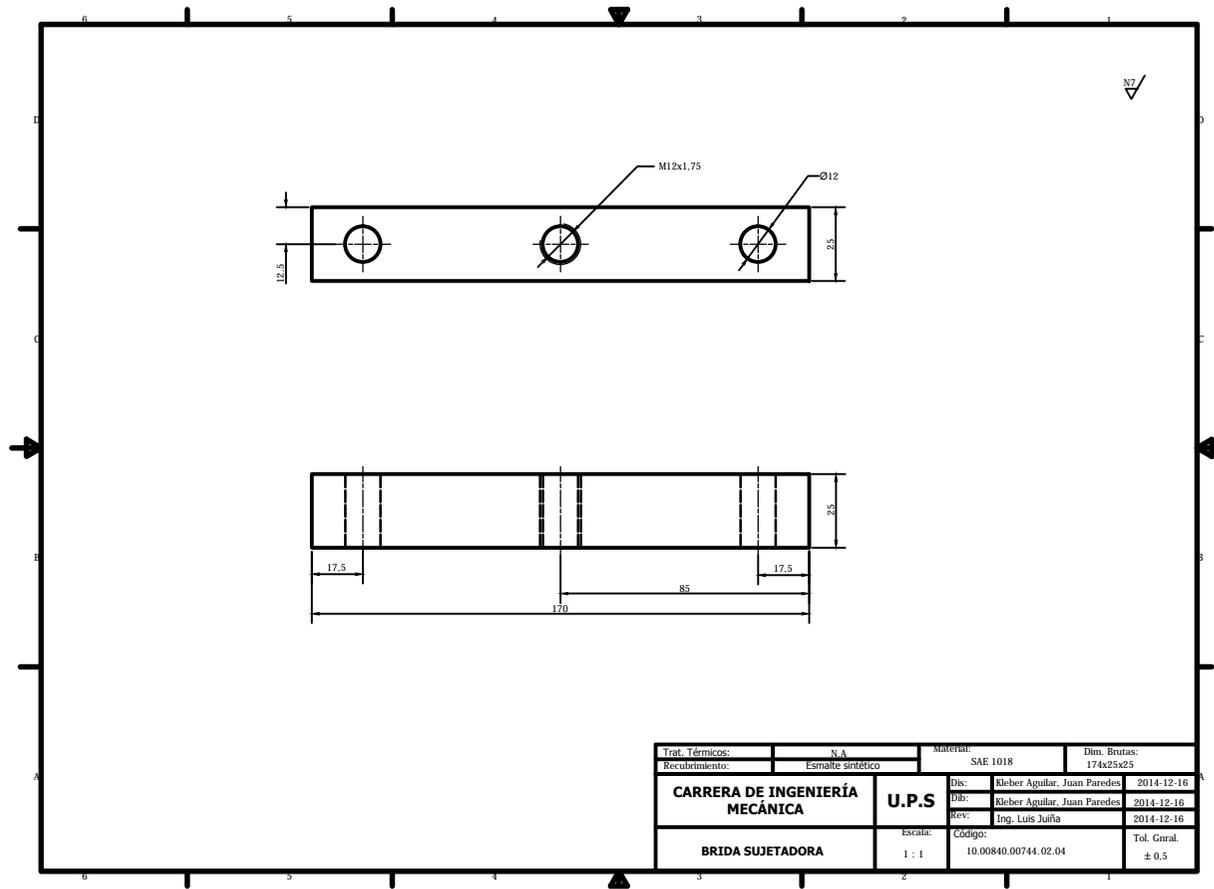
Espesor:

DATOS DE LA LÁMINA.

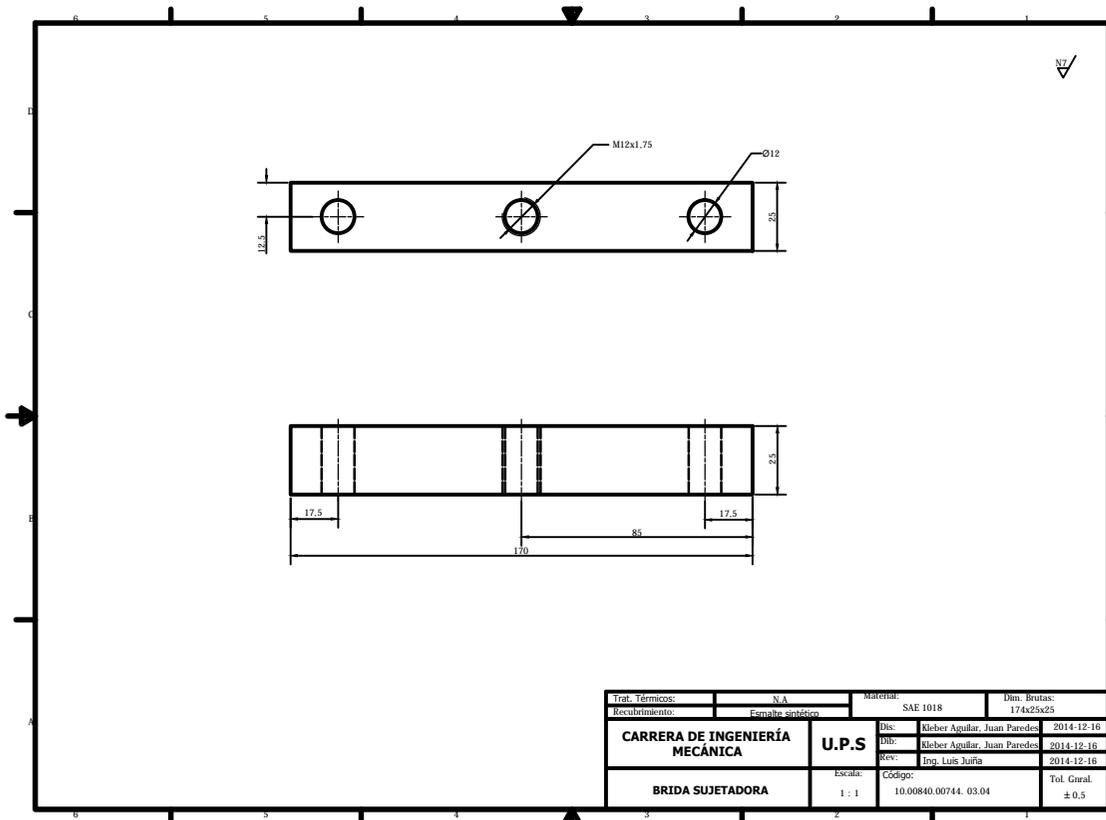
| MATERIAL | LARGO | ANCHO | ESPEJOR | INERCIA (mm ⁴) | MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/Cm ²) |
|----------|-------|-------|---------|-------------------------------|---|
| | | | | | |
| | | | | | |



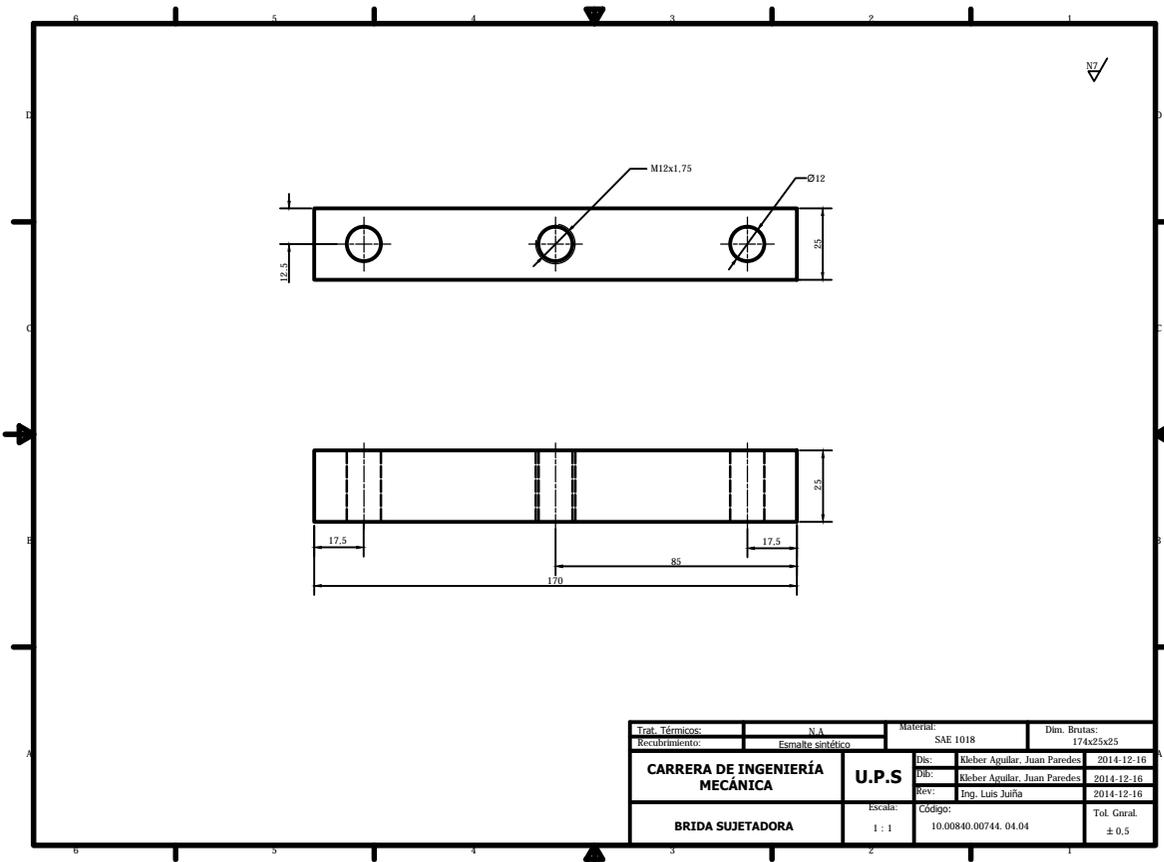
| | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|----------------------|--------------------------------|------------|
| Equip. Técnico: | N/A | Material: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 174x25x25 |
| Referencia: | Estación estándar | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | U.P.S. | Dis: | Echever Aguilera, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | Dis: | Echever Aguilera, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | Dis: | Ing. Luis Juñiga | 2014-12-16 |
| BRIDA SUJETADORA ESTACION UNO | | Escala: | Código: | Tol. Genral. | |
| | | 1 : 1 | 10.00840.00744.01.04 | ± 0.5 | |



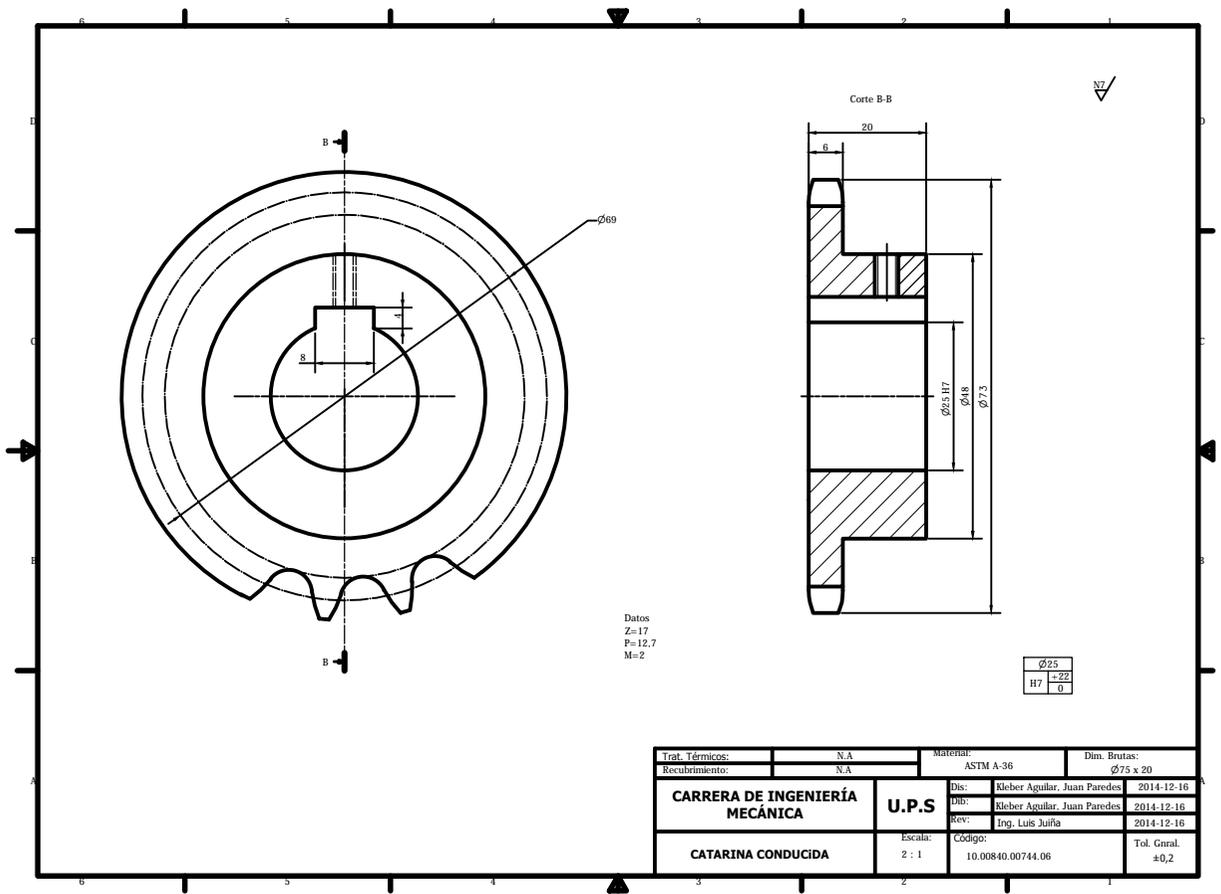
| | | | | | | |
|---|-------------------|-----------|------------------------------|----------------------|------------|-------|
| Trat. Térmicos: | N.A. | Material: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 174x25x25 | |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juñfa | 2014-12-16 | | |
| BRIDA SUJETADORA | Escala: | 1 : 1 | Código: | 10.00840.00744.02.04 | Tol. Gnal. | ± 0.5 |



| | | | | | |
|---|-------------------|----------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A. | Materia: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 174x25x25 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | U.P.S | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | Rev: | Inq. Luis Juñiga | 2014-12-16 |
| BRIDA SUJETADORA | | Escala: | 1 : 1 | Código: | 10.00840.00744. 03.04 |
| | | | | Tol. Gnal. | ± 0.5 |



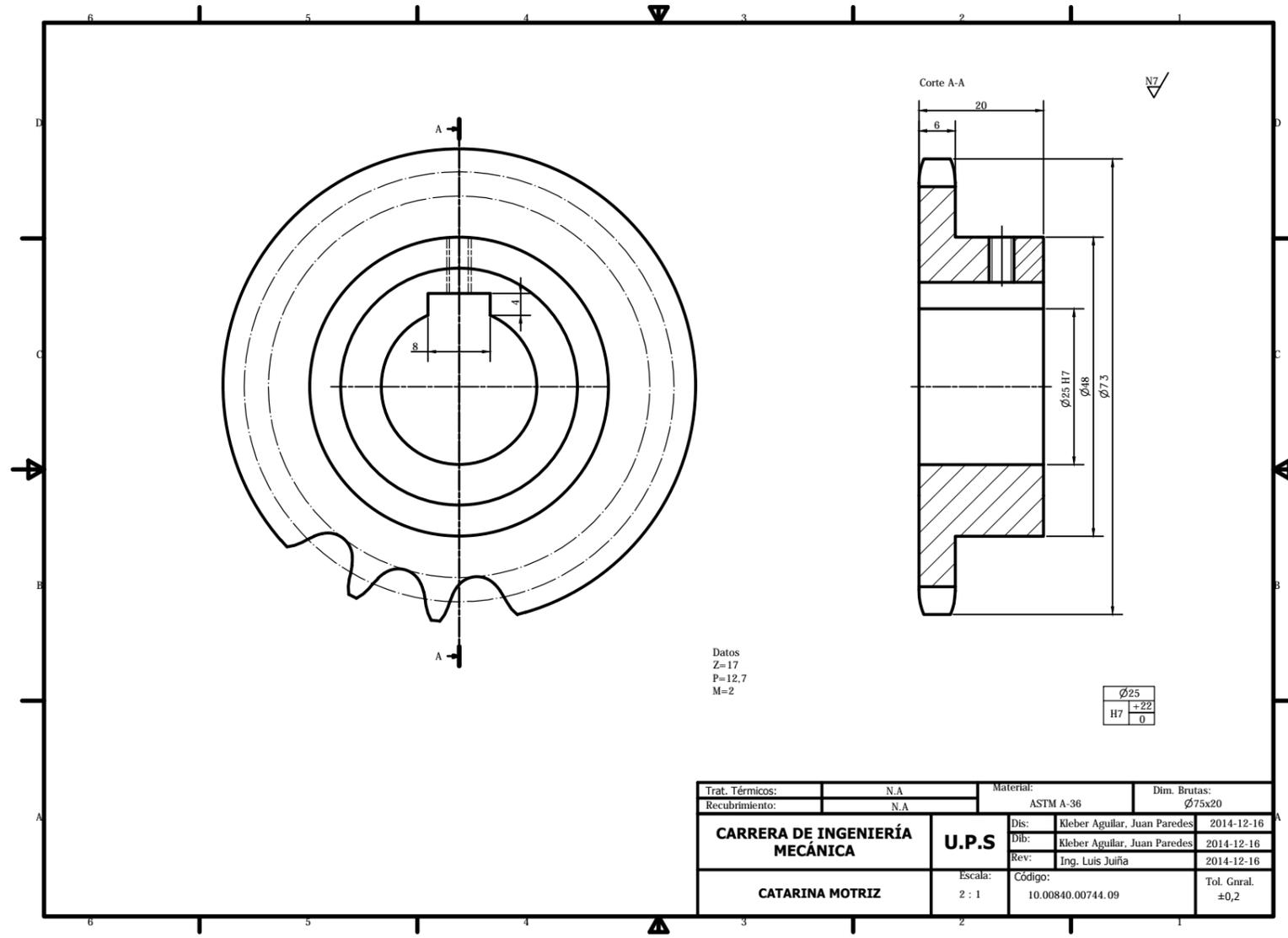
| | | | | | |
|---|-------------------|-----------|------------------------------|--------------|-----------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A. | Material: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 174x25x25 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | DB: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juñta | 2014-12-16 | |
| BRIDA SUJETADORA | | Escala: | 1 : 1 | Código: | 10.00840.00744. 04.04 |
| | | | | Tol. Gnal. | ± 0,5 |



Datos
 Z=17
 P=12,7
 M=2

| |
|-------------------|
| $\phi 25$ |
| $\frac{+0,22}{0}$ |
| H7 |

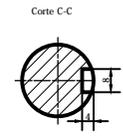
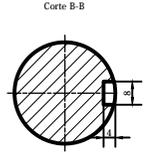
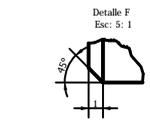
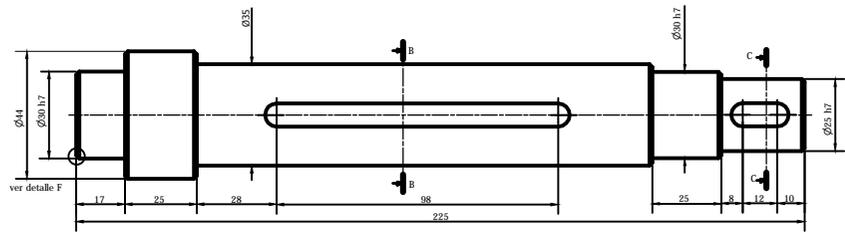
| | | | | | |
|---|--------------|-----------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Trat. Térmico: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | $\phi 75 \times 20$ |
| Recubrimiento: | N.A | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | DB: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juliá | 2014-12-16 | |
| CATARINA CONDUCTIDA | Escala: | 2 : 1 | Código: | 10.00840.00744.06 | Tol. Gnal. $\pm 0,2$ |



Datos
 Z=17
 P=12.7
 M=2

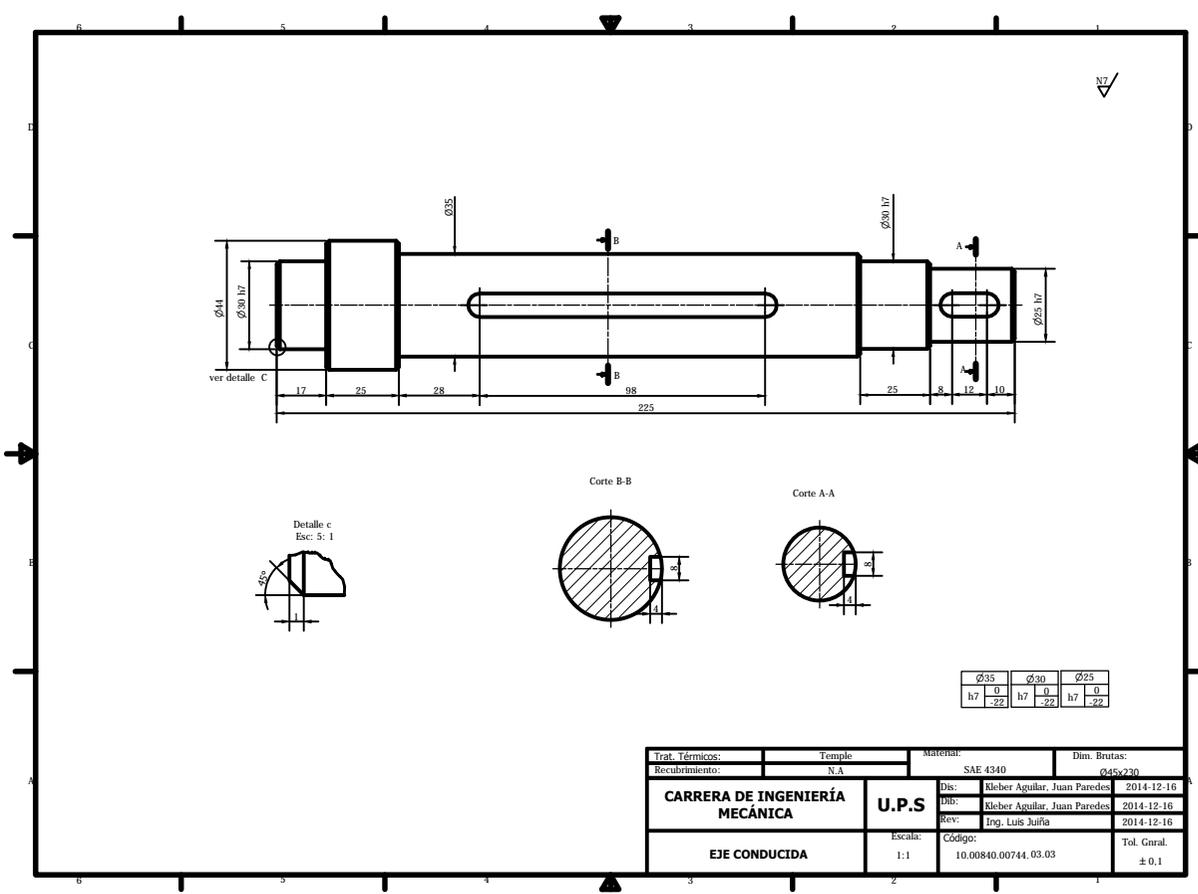
| | |
|------------------|---------|
| $\varnothing 25$ | $+0.22$ |
| H7 | 0 |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|--------------|----------------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | $\varnothing 75 \times 20$ |
| Recubrimiento: | N.A | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 | |
| CATARINA MOTRIZ | Escala: | Código: | 10.00840.00744.09 | Tol. Gnral. | $\pm 0,2$ |
| | 2 : 1 | | | | |

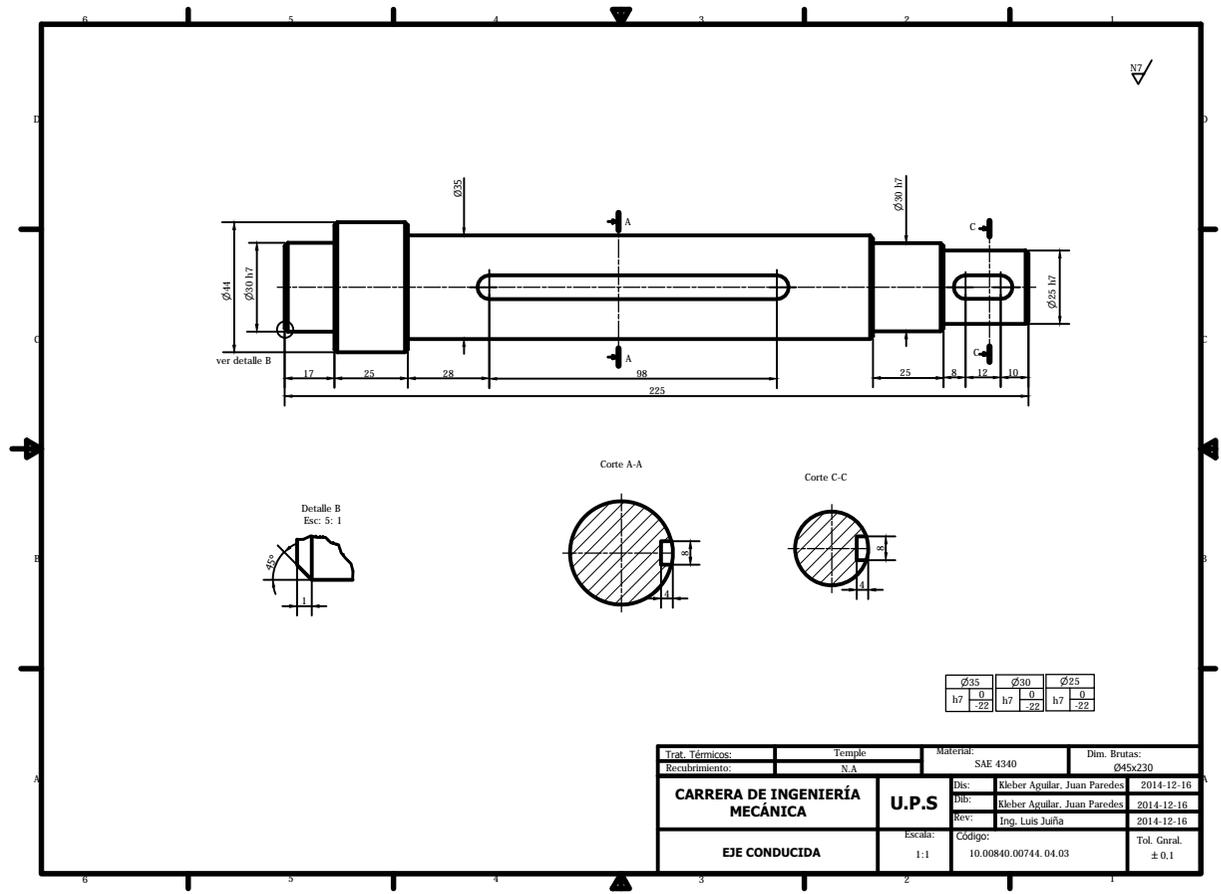


| | Ø35 | Ø30 | Ø25 |
|----|-----|-----|-----|
| h7 | 0 | 0 | 0 |
| | -22 | -22 | -22 |

| | | | |
|---|--------------|-----------------------|---|
| Trat. Térmicos: | Temple | Materia: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | N.A | SAE 4340 | Ø45x230 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Db: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juifia 2014-12-16 |
| EJE CONDUCTIDA | Escala: | Código: | Tol. Gnal. |
| | 1:1 | 10.00840.00744. 02.03 | ± 0.1 |

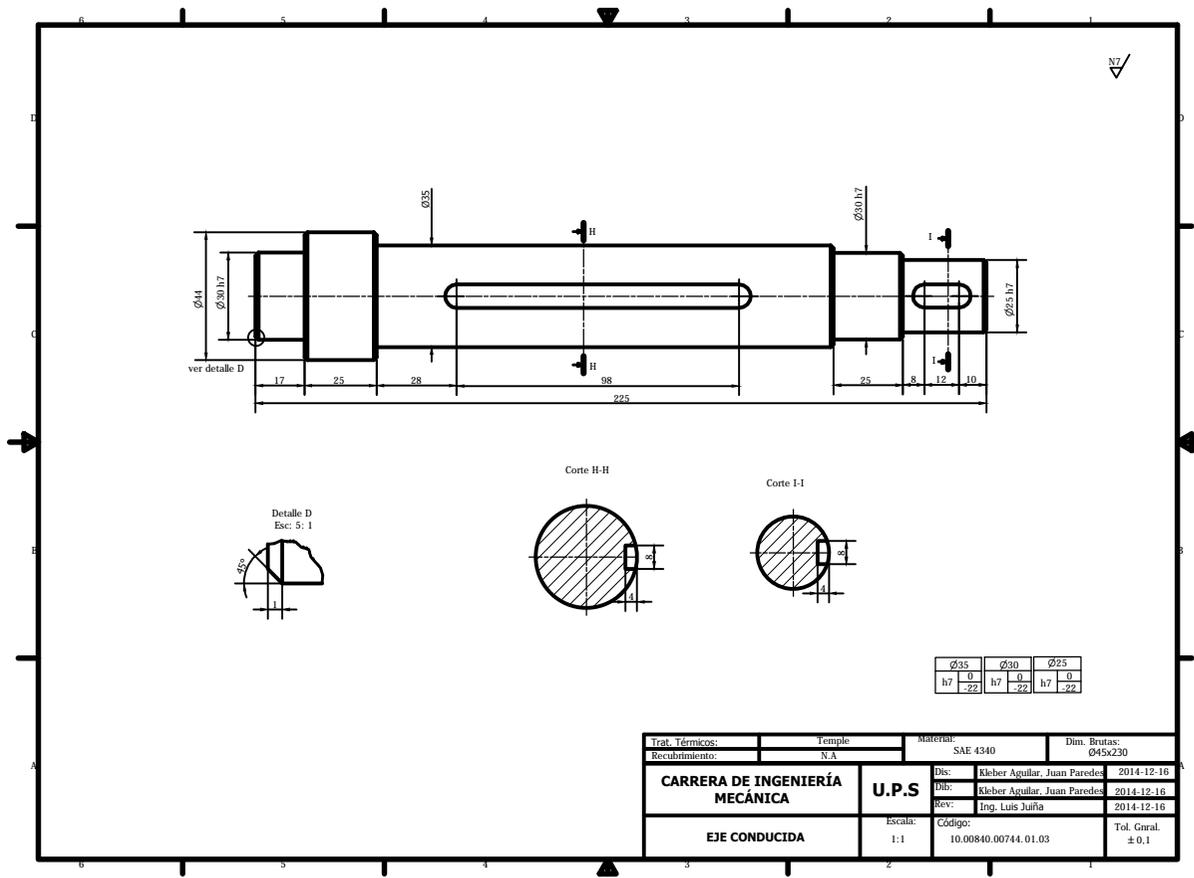


| | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Trat. Térmicos: | Temple | Material: | SAE 4340 | Dim. Brutas: | $\varnothing 45 \times 230$ |
| Recubrimiento: | N.A. | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Rieher Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Db: | Rieher Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juifia | 2014-12-16 | |
| EJE CONDUcida | Escala: | 1:1 | Código: | 10.00840.00744.03.03 | Tol. Gnal. ± 0.1 |

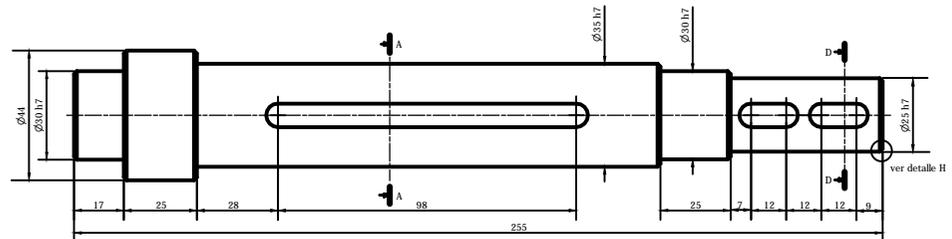


| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| $\phi 35$ | $\phi 30$ | $\phi 25$ |
| $h7$ | $h7$ | $h7$ |
| -22 | -22 | -22 |

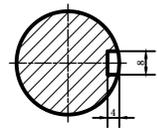
| | | | |
|---|--------------|----------------------|---|
| Trat. Térmicos: | Temple | Material: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | N.A | SAE 4340 | $\phi 45 \times 230$ |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | DD: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juliá 2014-12-16 |
| EJE CONDUCCIDA | Escala: | Código: | Tol. Gnal. |
| | 1:1 | 10.00840.00744.04.03 | ± 0.1 |



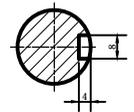
| | | | | | | |
|---|--------------|-----------|------------------------------|----------------------|-------------|-------|
| Trat. Térmicos: | Temple | Material: | SAE 4340 | Dim. Brutas: | Ø45x230 | |
| Recubrimiento: | N.A | | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juña | 2014-12-16 | | |
| EJE CONDUCTIDA | Escala: | 1:1 | Código: | 10.00840.00744.01.03 | Tol. Gural: | ± 0.1 |



Corte A-A



Corte D-D



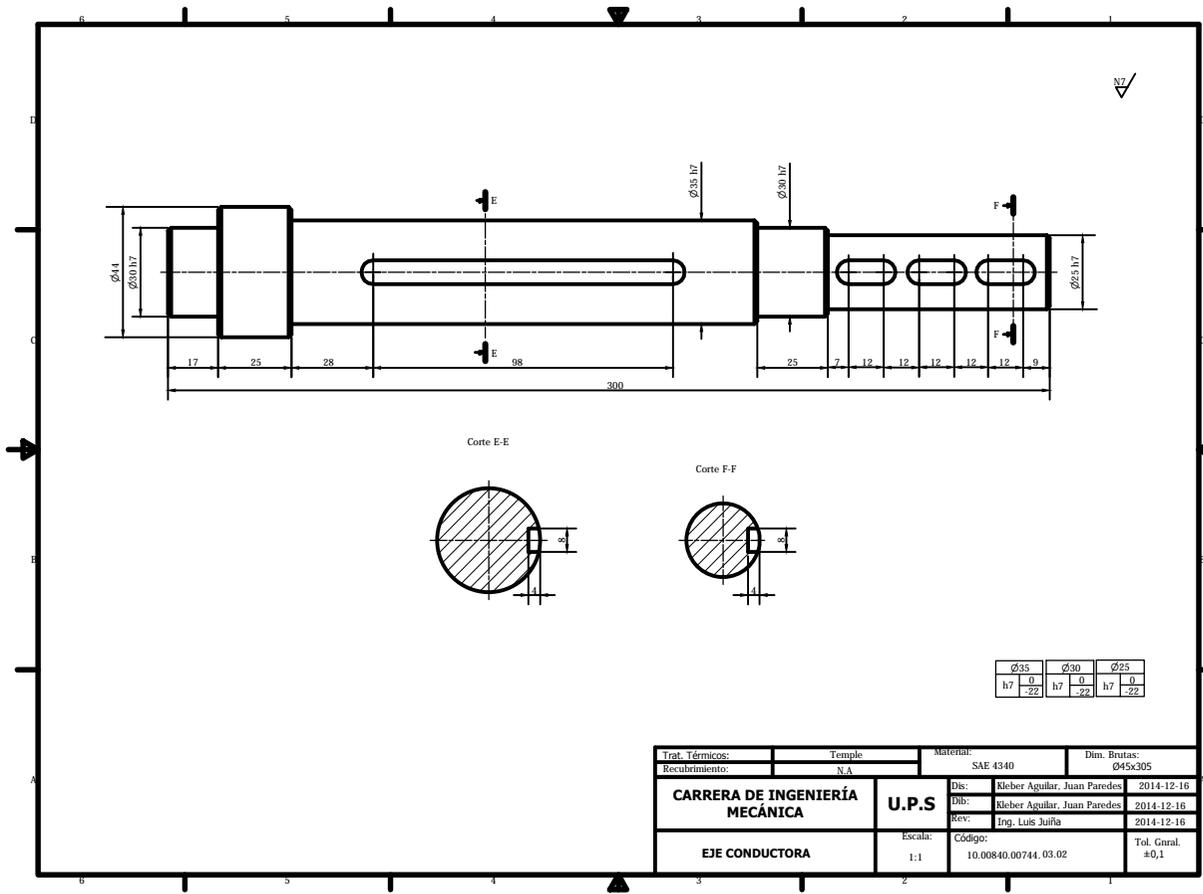
Detalle H

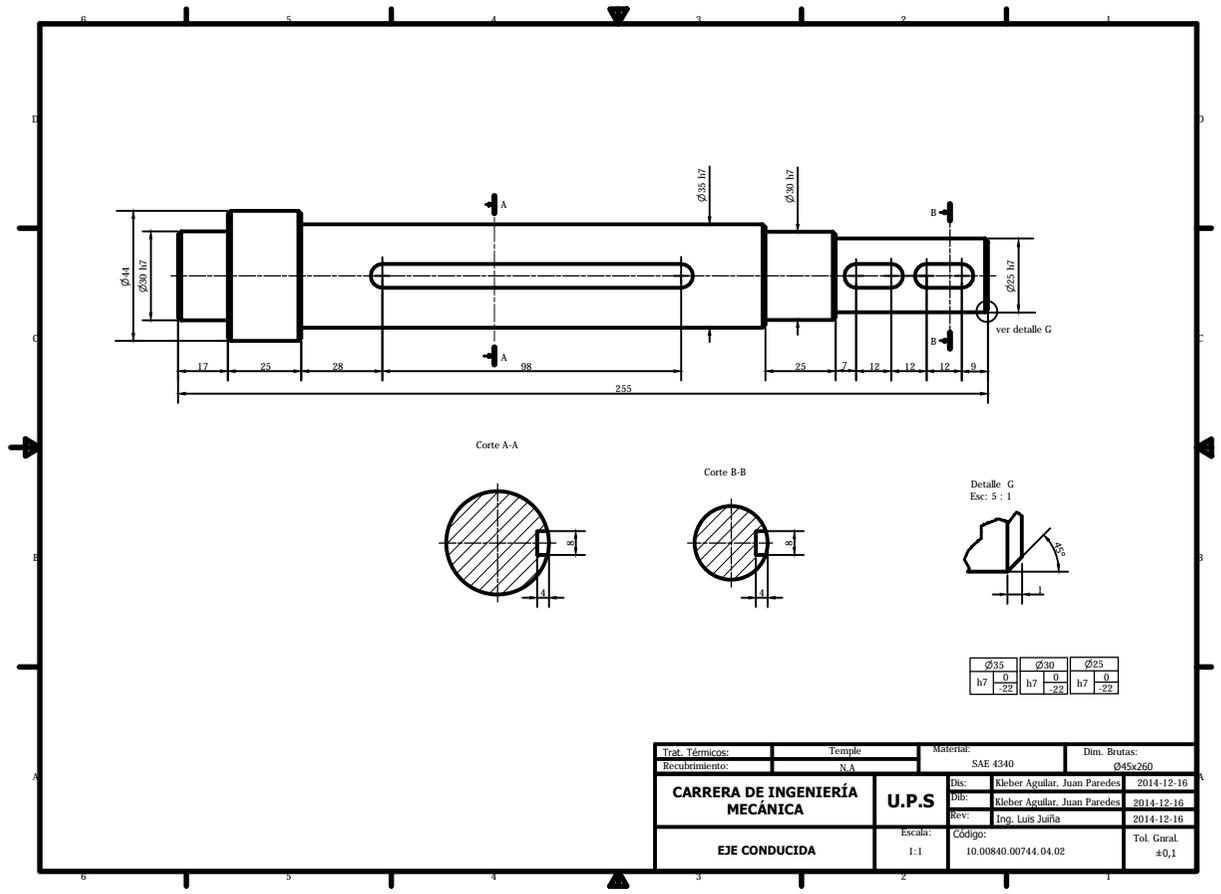
Esc: 5 : 1



| | | |
|-----|-----|-----|
| Ø35 | Ø30 | Ø25 |
| h7 | h7 | h7 |
| -22 | -22 | -22 |

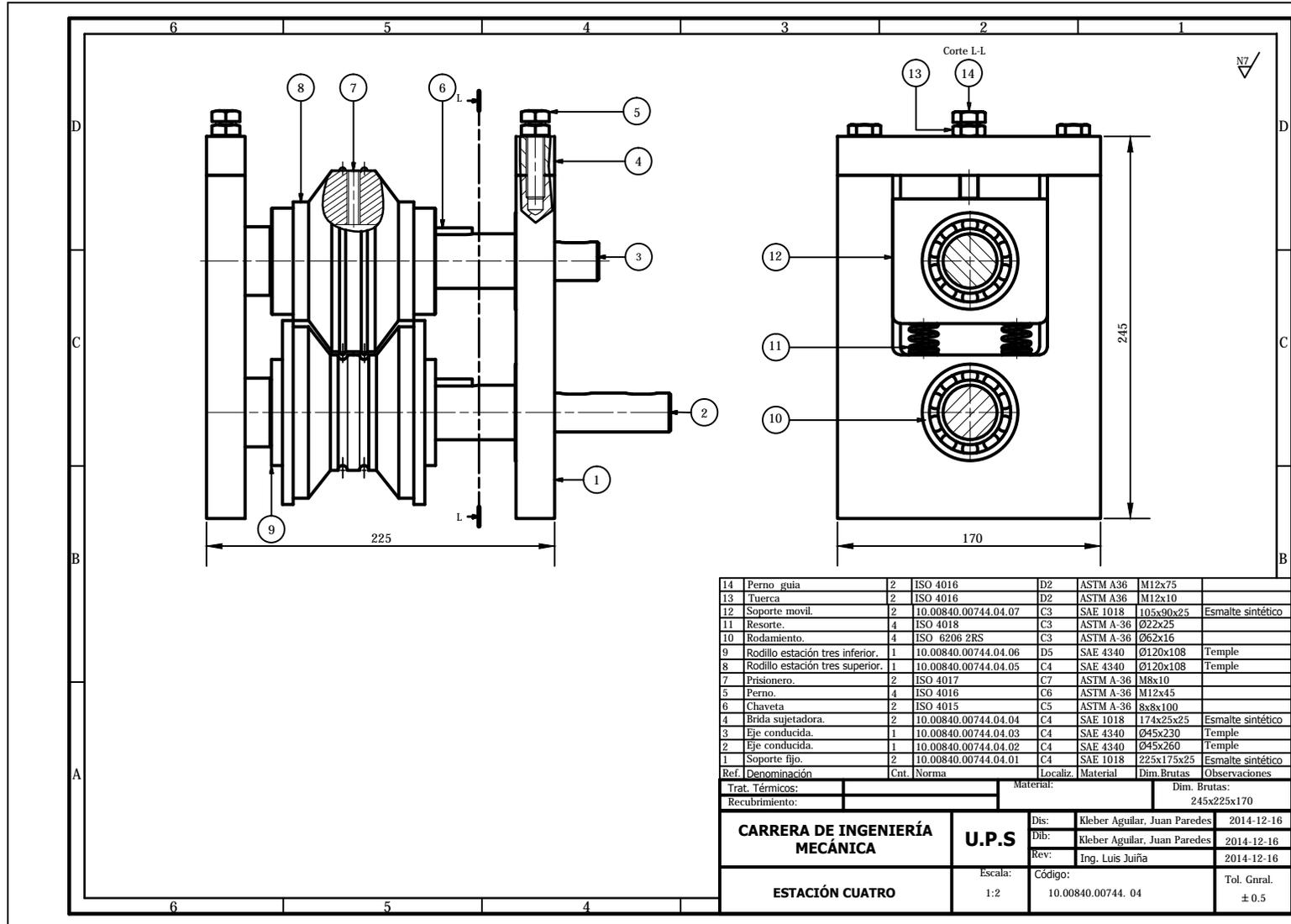
| | | | |
|---|--------------|----------------------|---|
| Tít. Técnico: | Temple | Material: | Dim. Brutas: |
| Recubrimientos: | N.A | SAE 4340 | Ø45x260 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | DB: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | REV: | Ing. Luis Juiña 2014-12-16 |
| EJE CONDUCTA | Escala: | Código: | Tol. Genral: |
| | 1:1 | 10.00840.00744.02.02 | ±0,1 |





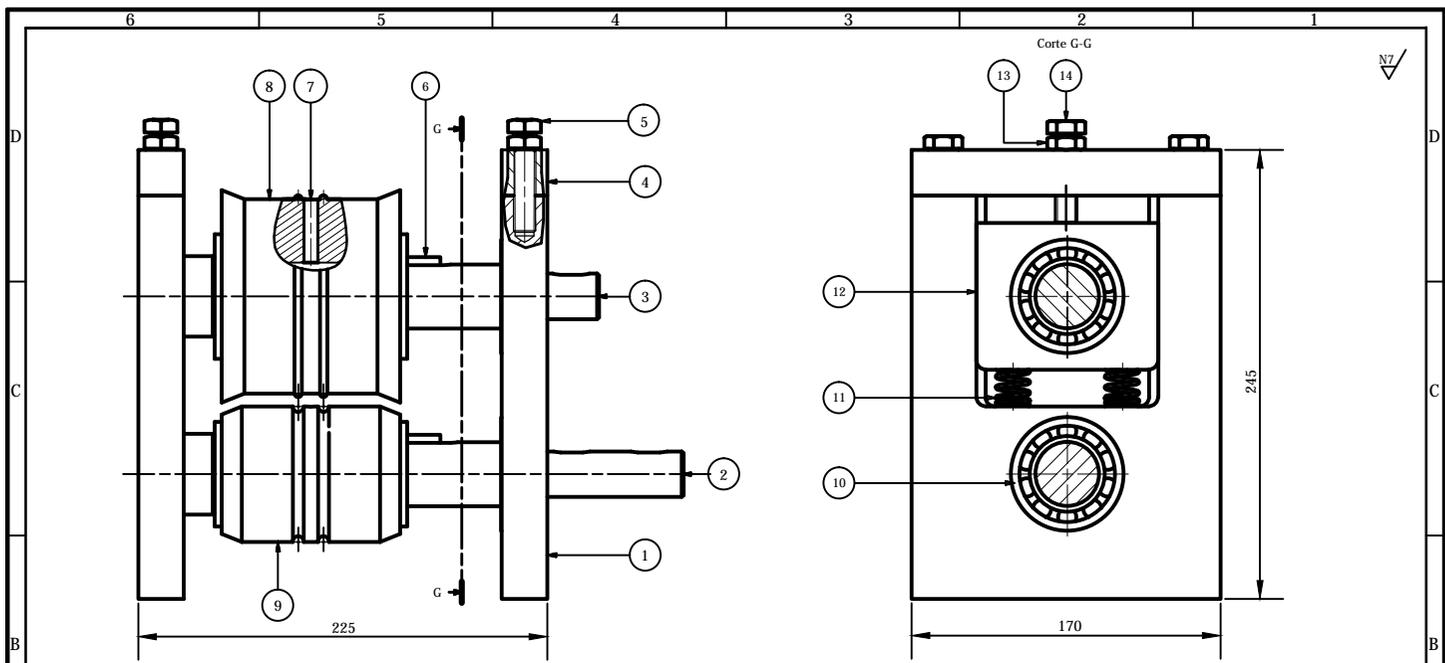
| | | |
|------------------|------------------|------------------|
| $\varnothing 35$ | $\varnothing 30$ | $\varnothing 25$ |
| $h7$ | $h7$ | $h7$ |
| $\frac{0}{-22}$ | $\frac{0}{-22}$ | $\frac{0}{-22}$ |

| | | | | | |
|---|--------------|----------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Trat. Térmicos: | Temple | Materia: | SAE 4340 | Dim. Brutas: | $\varnothing 45 \times 260$ |
| Recubrimiento: | N.A. | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juíña | 2014-12-16 | |
| EJE CONDUCTIDA | Escala: | 1:1 | Código: | 10.00840.00744.04.02 | Tol. Genral ±0,1 |



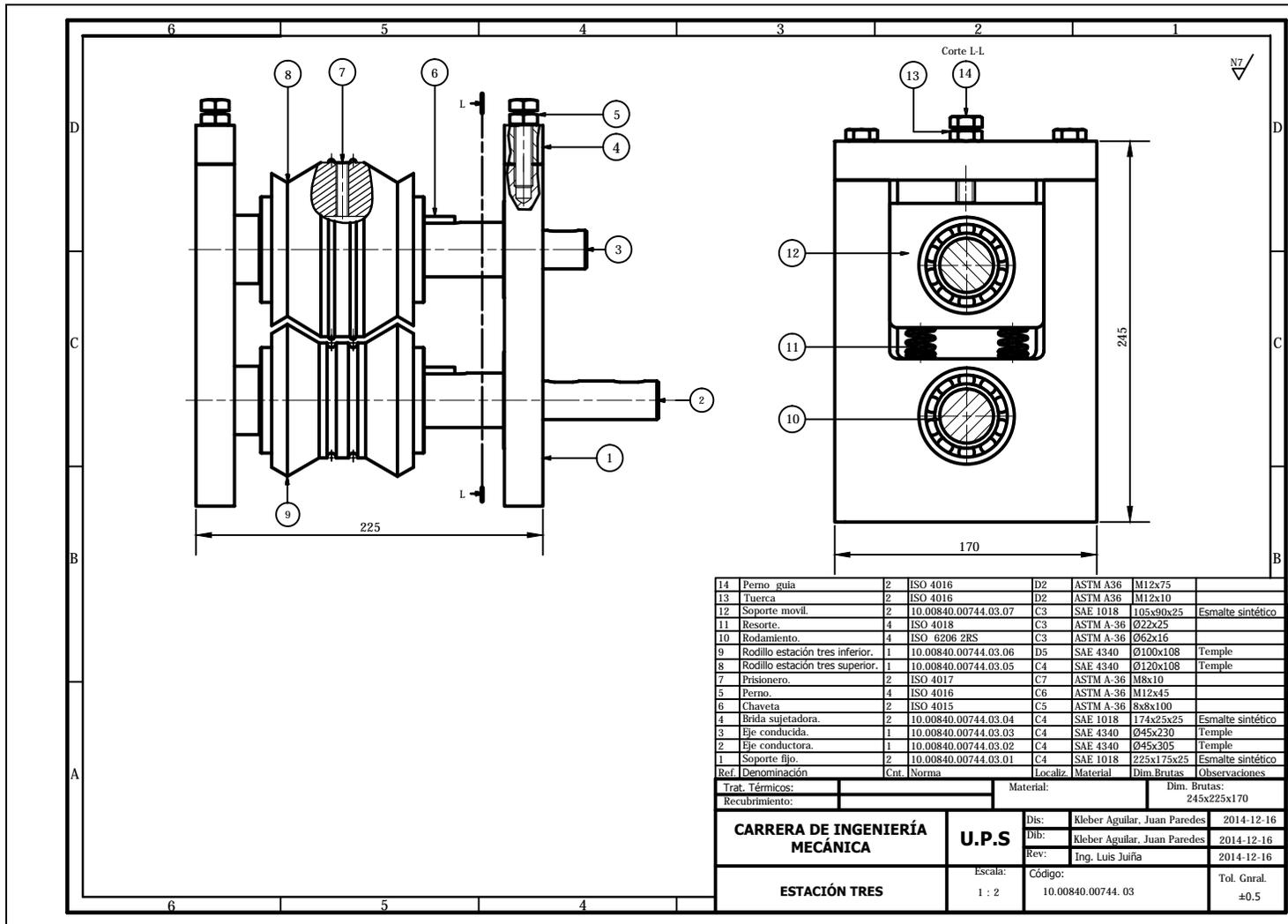
| | | | | | | | |
|------|---------------------------------|------|----------------------|----------|-----------|-------------|-------------------|
| 14 | Perno guía | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x75 | |
| 13 | Tuerca | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x10 | |
| 12 | Soporte movil. | 2 | 10.00840.00744.04.07 | C3 | SAE 1018 | 105x90x25 | Esmalte sintético |
| 11 | Resorte. | 4 | ISO 4018 | C3 | ASTM A-36 | Ø22x25 | |
| 10 | Rodamiento. | 4 | ISO 6206 2RS | C3 | ASTM A-36 | Ø62x16 | |
| 9 | Rodillo estación tres inferior. | 1 | 10.00840.00744.04.06 | D5 | SAE 4340 | Ø120x108 | Temple |
| 8 | Rodillo estación tres superior. | 1 | 10.00840.00744.04.05 | C4 | SAE 4340 | Ø120x108 | Temple |
| 7 | Prisionero. | 2 | ISO 4017 | C7 | ASTM A-36 | M8x10 | |
| 5 | Perno. | 4 | ISO 4016 | C6 | ASTM A-36 | M12x45 | |
| 6 | Chaveta | 2 | ISO 4015 | C5 | ASTM A-36 | 8x8x100 | |
| 4 | Brida sujetadora. | 2 | 10.00840.00744.04.04 | C4 | SAE 1018 | 174x25x25 | Esmalte sintético |
| 3 | Eje conducida. | 1 | 10.00840.00744.04.03 | C4 | SAE 4340 | Ø45x230 | Temple |
| 2 | Eje conducida. | 1 | 10.00840.00744.04.02 | C4 | SAE 4340 | Ø45x260 | Temple |
| 1 | Soporte fijo. | 2 | 10.00840.00744.04.01 | C4 | SAE 1018 | 225x175x25 | Esmalte sintético |
| Ref. | Denominación | Cnt. | Norma | Localiz. | Material | Dim. Brutas | Observaciones |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|-----------|--------------|-----------------|------------|--------------------|------------------------------|------------|
| Trat. Térmicos: | | Material: | | Dim. Brutas: | | | | |
| Recubrimiento: | | | | 245x225x170 | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | U.P.S | | | | | |
| | | | | | | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | | | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| ESTACIÓN CUATRO | | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 | | | |
| | | | Escales: | 1:2 | Código: | 10.00840.00744. 04 | Tol. Gnal. | ± 0.5 |



| | | | | | | | |
|------|--------------------------------|------|----------------------|----------|-----------|-------------|-------------------|
| 14 | Perno guía | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x75 | |
| 13 | Tuerca | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x10 | |
| 12 | Soporte movil. | 2 | 10.00840.00744.02.07 | C3 | SAE 1018 | 105x90x25 | Esmalte sintético |
| 11 | Resorte. | 4 | ISO 4018 | C3 | ASTM A-36 | Ø22x25 | |
| 10 | Rodamiento. | 4 | ISO 6206 2RS | C3 | ASTM A-36 | Ø62x16 | |
| 9 | Rodillo estación dos inferior. | 1 | 10.00840.00744.02.06 | D5 | SAE 4340 | Ø92x108 | Temple |
| 8 | Rodillo estación dos superior. | 1 | 10.00840.00740.02.05 | C4 | SAE 4340 | Ø120x108 | Temple |
| 7 | Prisionero. | 2 | ISO 4017 | C7 | ASTM A-36 | M8x10 | |
| 6 | Chaveta | 2 | ISO 4016 | C5 | ASTM A-36 | 8x8x100 | |
| 5 | Perno. | 4 | ISO 4015 | C6 | ASTM A-36 | M12x45 | |
| 4 | Brida sujetadora. | 2 | 10.00840.00744.02.04 | C4 | SAE 1018 | 174x25x25 | Esmalte sintético |
| 3 | Eje conducida. | 1 | 10.00840.00744.02.03 | C4 | SAE 4340 | Ø45x230 | Temple |
| 2 | Eje conducida. | 1 | 10.00840.00744.02.02 | C4 | SAE 4340 | Ø45x260 | Temple |
| 1 | Soporte fijo. | 2 | 10.00840.00744.02.01 | C4 | SAE 1018 | 225x175x25 | Esmalte sintético |
| Ref. | Denominación | Cnt. | Norma | Localiz. | Material | Dim. Brutas | Observaciones |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--|--------------|-------------------|------------------------------|------------|
| Trat. Térmicos: | | Material: | | Dim. Brutas: | |
| Recubrimiento: | | | | 245x225x170 | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| | | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 |
| ESTACIÓN DOS | | Escala: | Código: | Tol. Gnal. #05 | |
| | | 1:2 | 10.00840.00744.02 | | |



| | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|------|----------------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|
| 14 | Perno guía | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x75 | |
| 13 | Tuerca | 2 | ISO 4016 | D2 | ASTM A36 | M12x10 | |
| 12 | Soporte movil. | 2 | 10.00840.00744.03.07 | C3 | SAE 1018 | 105x90x25 | Esmalte sintético |
| 11 | Resorte. | 2 | ISO 4018 | C3 | ASTM A-36 | Ø22x25 | |
| 10 | Rodamiento. | 4 | ISO 6206 2RS | C3 | ASTM A-36 | Ø62x16 | |
| 9 | Rodillo estación tres inferior. | 1 | 10.00840.00744.03.06 | D5 | SAE 4340 | Ø100x108 | Temple |
| 8 | Rodillo estación tres superior. | 1 | 10.00840.00744.03.05 | C4 | SAE 4340 | Ø120x108 | Temple |
| 7 | Prisionero. | 2 | ISO 4017 | C7 | ASTM A-36 | M8x10 | |
| 5 | Perno. | 4 | ISO 4016 | C6 | ASTM A-36 | M12x45 | |
| 6 | Chaveta. | 2 | ISO 4015 | C5 | ASTM A-36 | 8x8x100 | |
| 4 | Brida sujetadora. | 2 | 10.00840.00744.03.04 | C4 | SAE 1018 | 174x25x25 | Esmalte sintético |
| 3 | Eje conducida. | 1 | 10.00840.00744.03.03 | C4 | SAE 4340 | Ø45x230 | Temple |
| 2 | Eje conductora. | 1 | 10.00840.00744.03.02 | C4 | SAE 4340 | Ø45x305 | Temple |
| 1 | Soporte fijo. | 2 | 10.00840.00744.03.01 | C4 | SAE 1018 | 225x175x25 | Esmalte sintético |
| Ref. Denominación | | Cnt. | Norma | Localiz. | Material | Dim. Brutas | Observaciones |
| Trat. Térmicos: | | | | Material: | | Dim. Brutas: | |
| Recubrimiento: | | | | | | 245x225x170 | |

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

U.P.S

| | | |
|------|------------------------------|------------|
| Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 |
| Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 |

ESTACIÓN TRES

Escala:

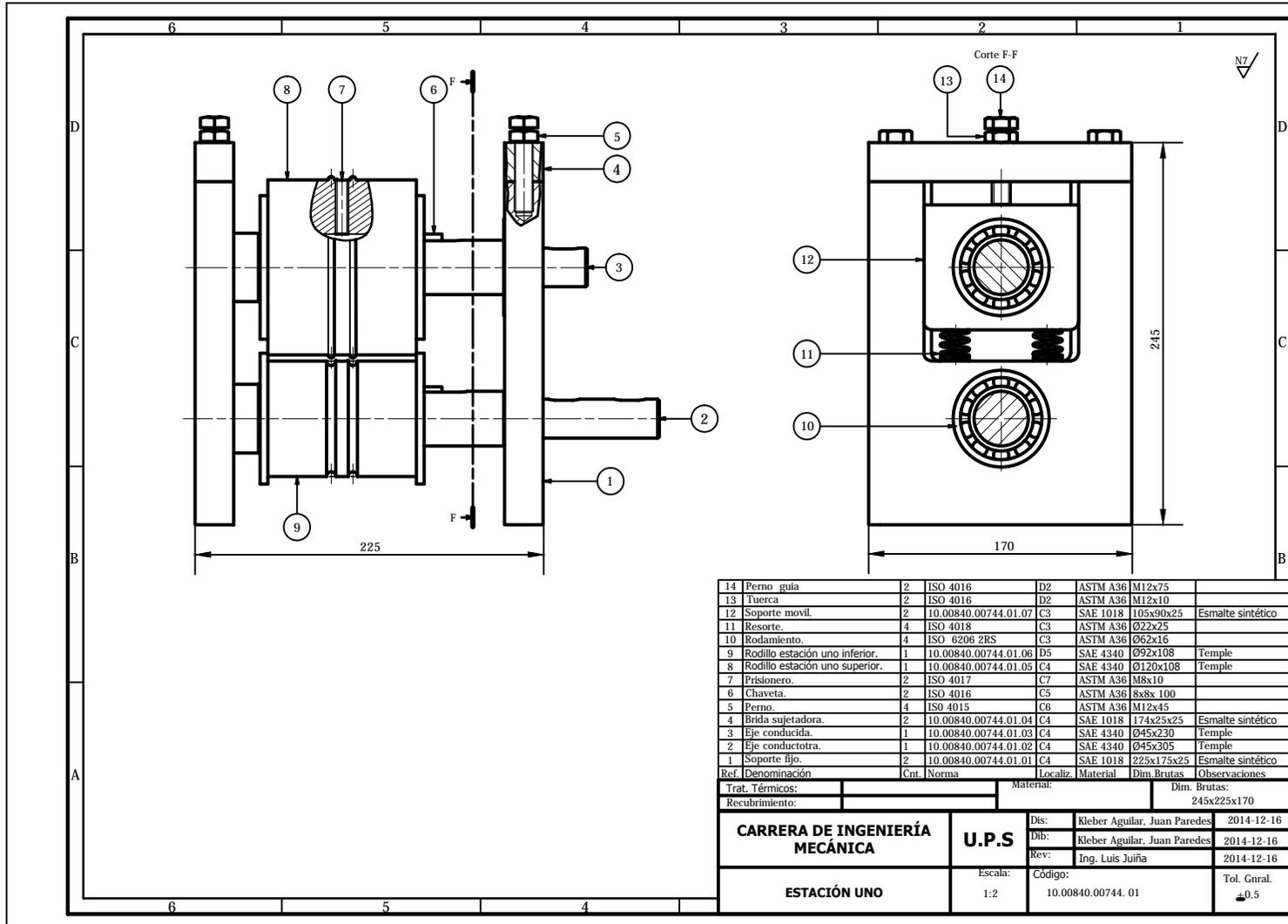
1 : 2

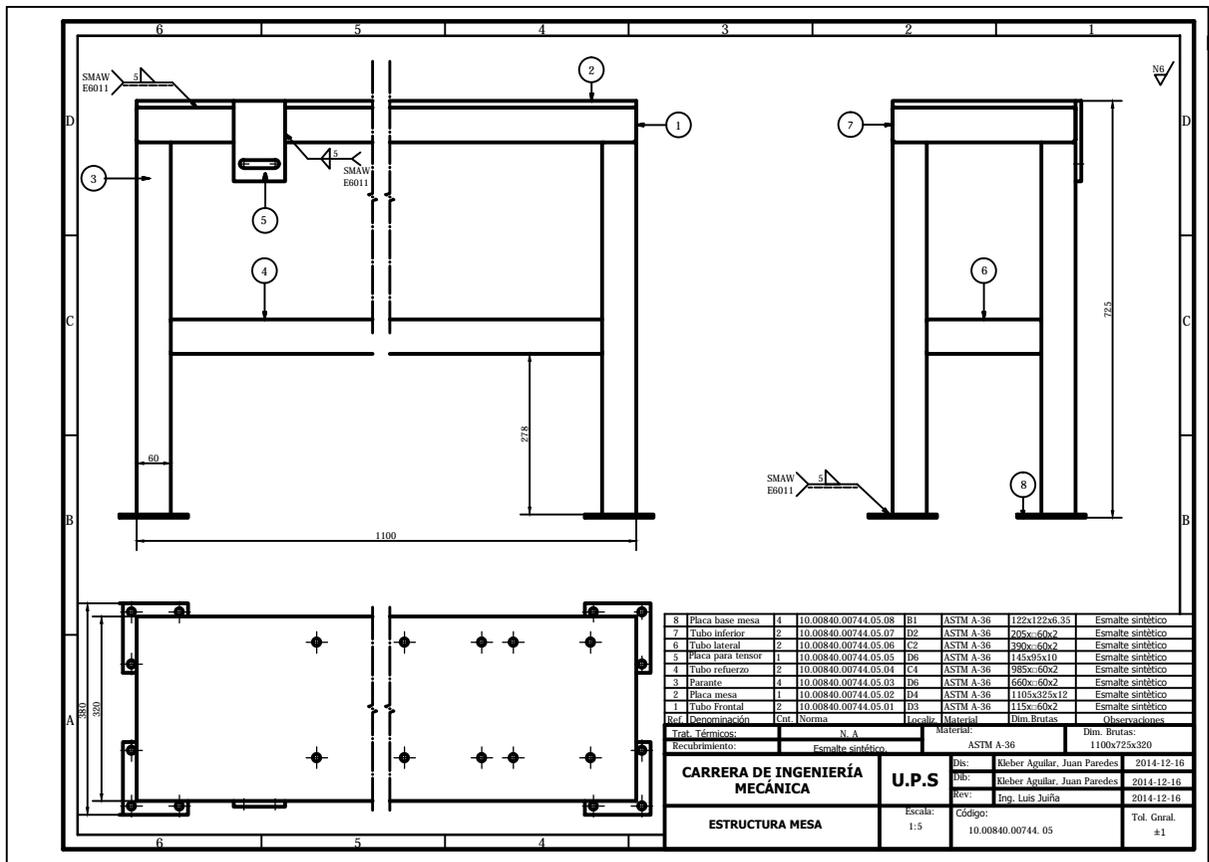
Código:

10.00840.00744.03

Tol. Gnal.

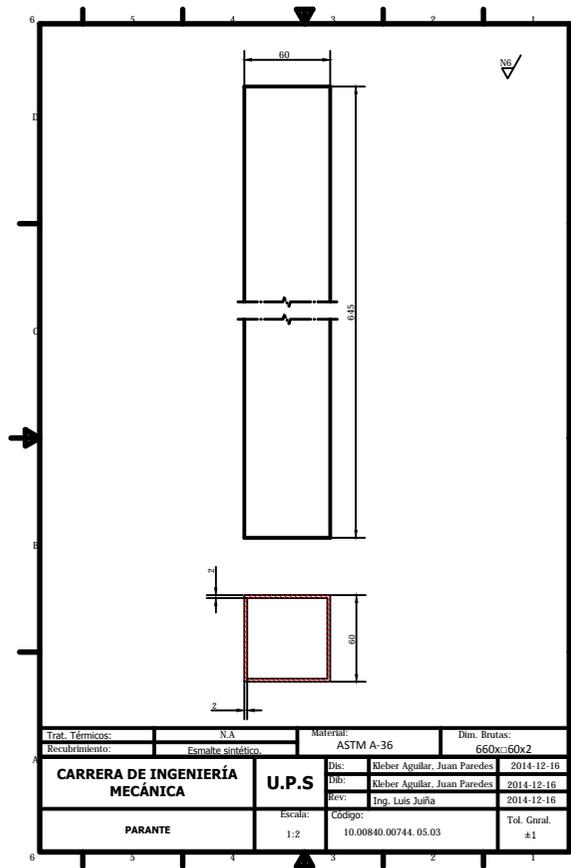
±0.5



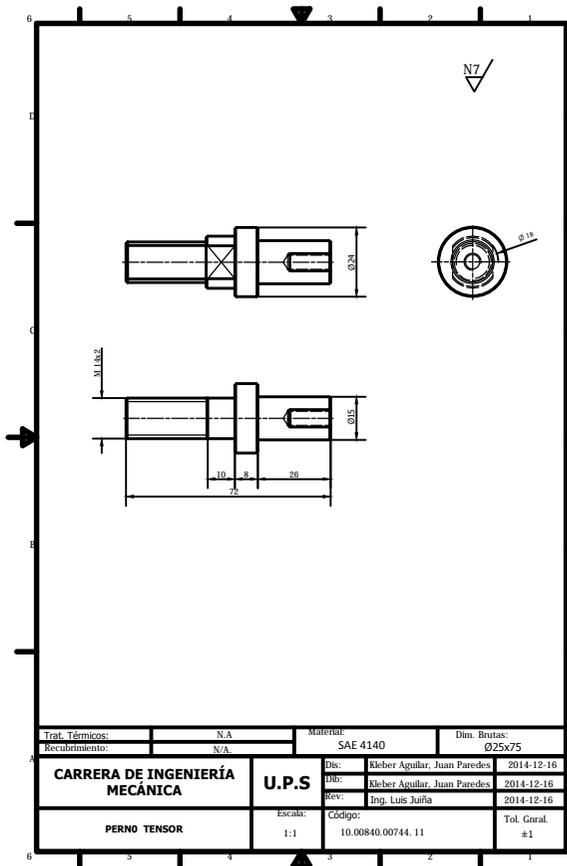


| Ref. | Denominación | Cnt. | Norma | Localiz. | Material | Dim. Brutas | Observaciones |
|------|-------------------|------|----------------------|----------|-----------|--------------|-------------------|
| 8 | Placa base mesa | 4 | 10.00840.00744.05.08 | B1 | ASTM A-36 | 122x122x6.35 | Esmalte sintético |
| 7 | Tubo inferior | 2 | 10.00840.00744.05.07 | D2 | ASTM A-36 | 205x-60x2 | Esmalte sintético |
| 6 | Tubo lateral | 2 | 10.00840.00744.05.06 | C2 | ASTM A-36 | 320x-60x2 | Esmalte sintético |
| 5 | Placa para tensor | 1 | 10.00840.00744.05.05 | D6 | ASTM A-36 | 145x95x10 | Esmalte sintético |
| 4 | Tubo refuerzo | 2 | 10.00840.00744.05.04 | C4 | ASTM A-36 | 985x-60x2 | Esmalte sintético |
| 3 | Parante | 4 | 10.00840.00744.05.03 | D6 | ASTM A-36 | 660x-60x2 | Esmalte sintético |
| 2 | Placa mesa | 1 | 10.00840.00744.05.02 | D4 | ASTM A-36 | 1105x325x12 | Esmalte sintético |
| 1 | Tubo Frontal | 2 | 10.00840.00744.05.01 | D3 | ASTM A-36 | 115x-60x2 | Esmalte sintético |

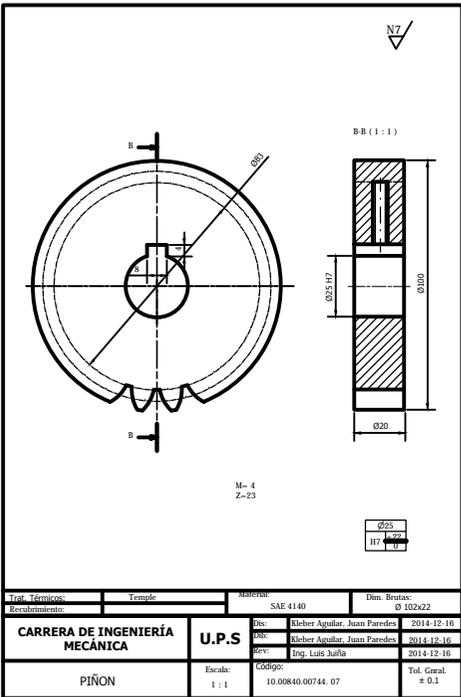
| | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|----------|------------------------------|--------------|--------------|
| Trat. Térmicos: | N. A. | Materia: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 1100x725x320 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dib: | Rleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juíña | 2014-12-16 | |
| ESTRUCTURA MESA | Escala: | Código: | 10.00840.00744.05 | Tol. Genal: | ±1 |
| | 1:5 | | | | |

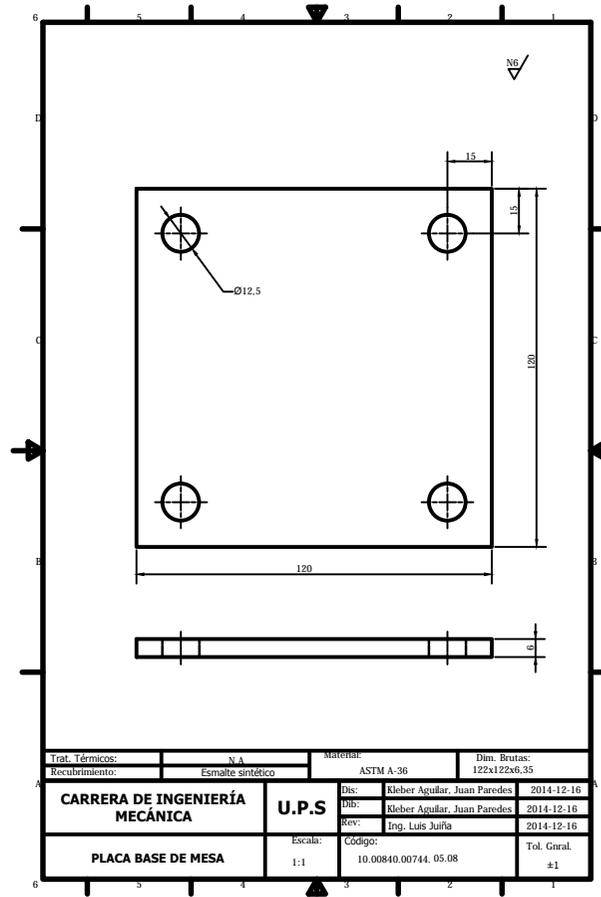


| | | | | | |
|---|--------------------|-----------|------------------------------|----------------------|-------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 660x60x2 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético. | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juña | 2014-12-16 | |
| PARANTE | Escala: | 1:2 | Código: | 10.00840.00744.05.03 | Tol. Genal. ±1 |

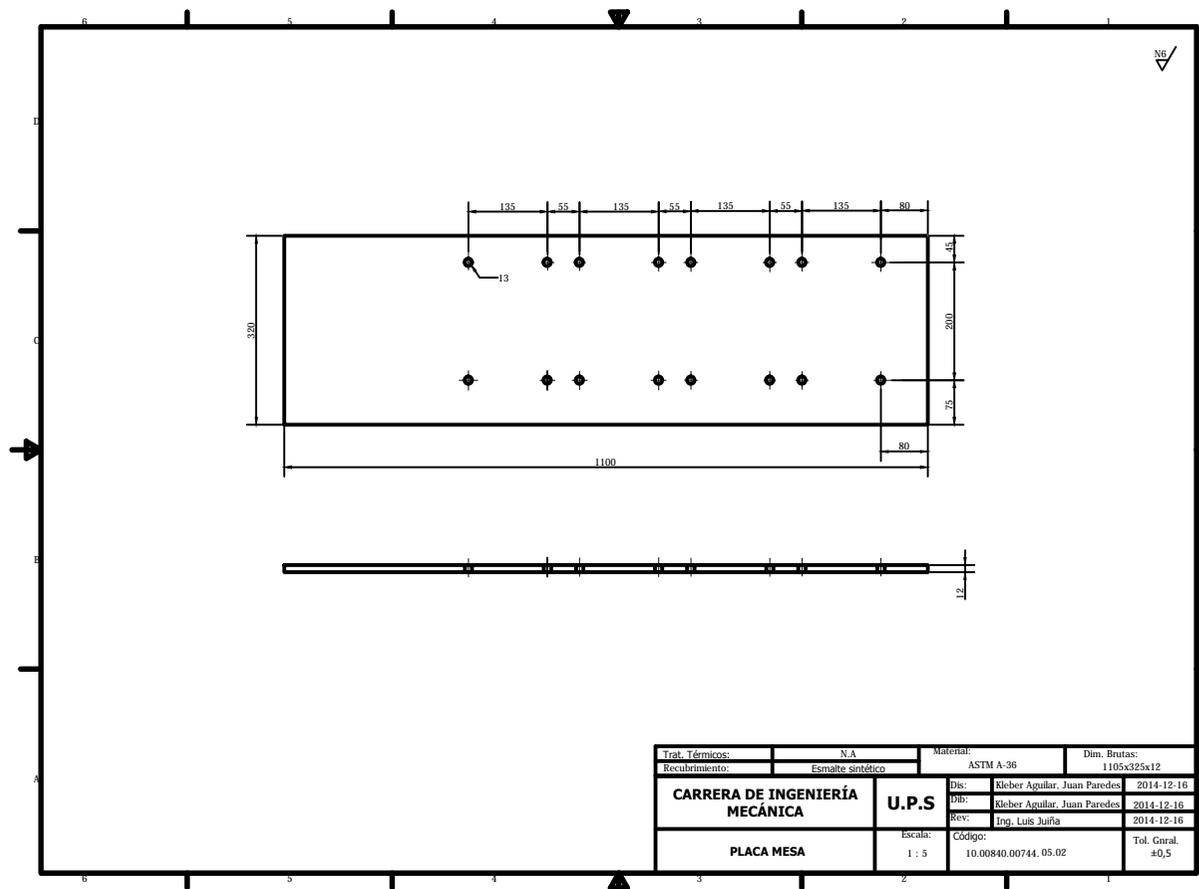


| | | | | | |
|---|--------------|-----------|------------------------------|--------------------|------------------|
| Trat. Térmico: | N/A | Material: | SAE 4140 | Dim. Bruto: | Ø25x75 |
| Recubrimiento: | N/A | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Eleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | PRE: | Eleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | REV: | Ing. Luis Juffa | 2014-12-16 | |
| PERNO TENSOR | Escala: | 1:1 | Código: | 10.00840.00744. 11 | Tol. Gnal. ±1 |

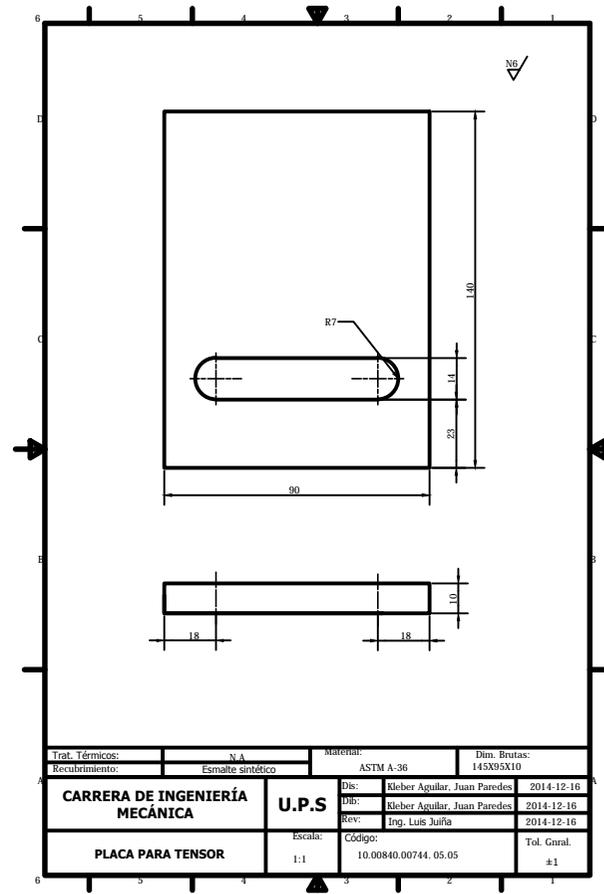




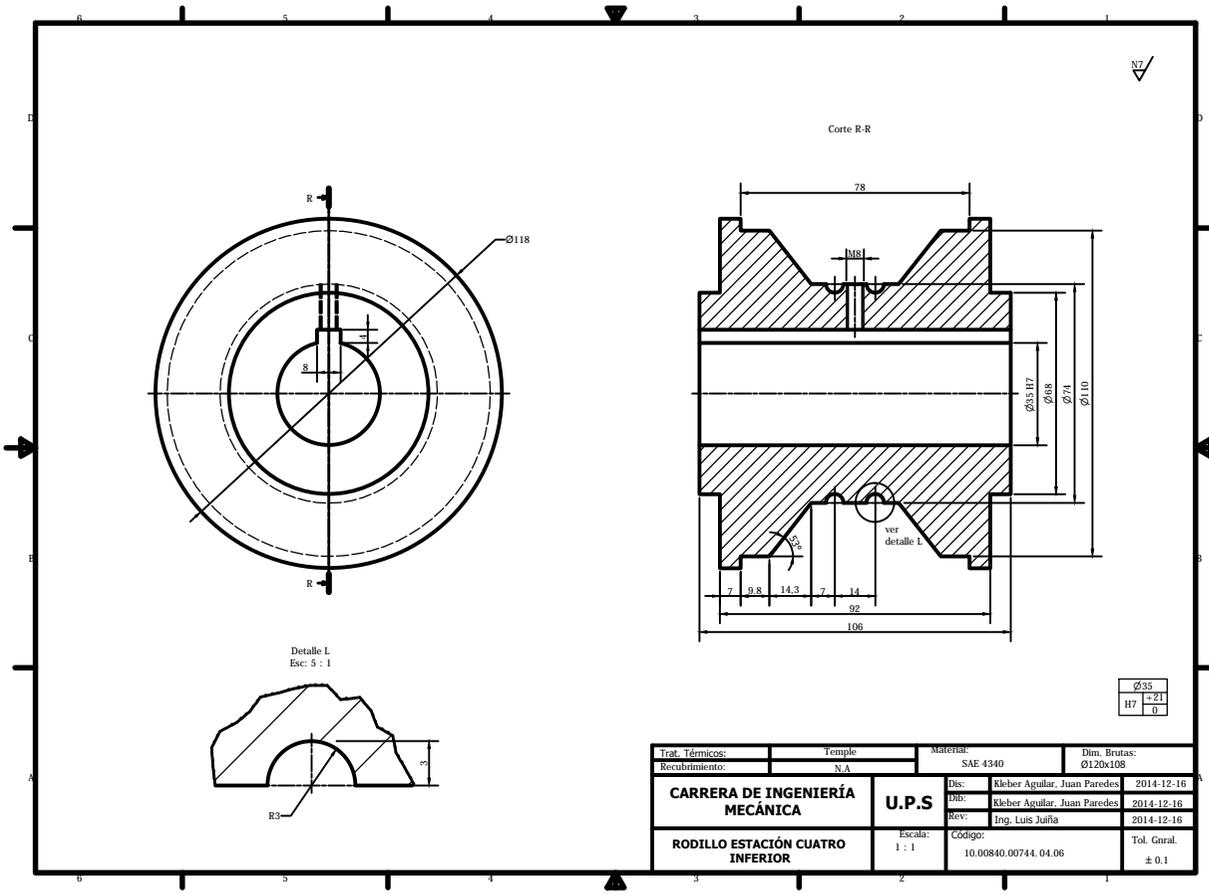
| | | | | | |
|---|-------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| Trat. Térmicos: | N.A. | Materia: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 122x122x6,35 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Rieber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Rieber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juifia | 2014-12-16 | |
| PLACA BASE DE MESA | Escala: 1:1 | Código: 10.00840.00744.05.08 | Tol. Giral. ±1 | | |



| | | | | | |
|---|-------------------|----------|------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Materia: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 1105x325x12 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Rieber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | DB: | Rieber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juíña | 2014-12-16 | |
| PLACA MESA | Escala: | 1 : 5 | Código: | 10.00840.00744. 05.02 | Tol. Gnral. ±0,5 |

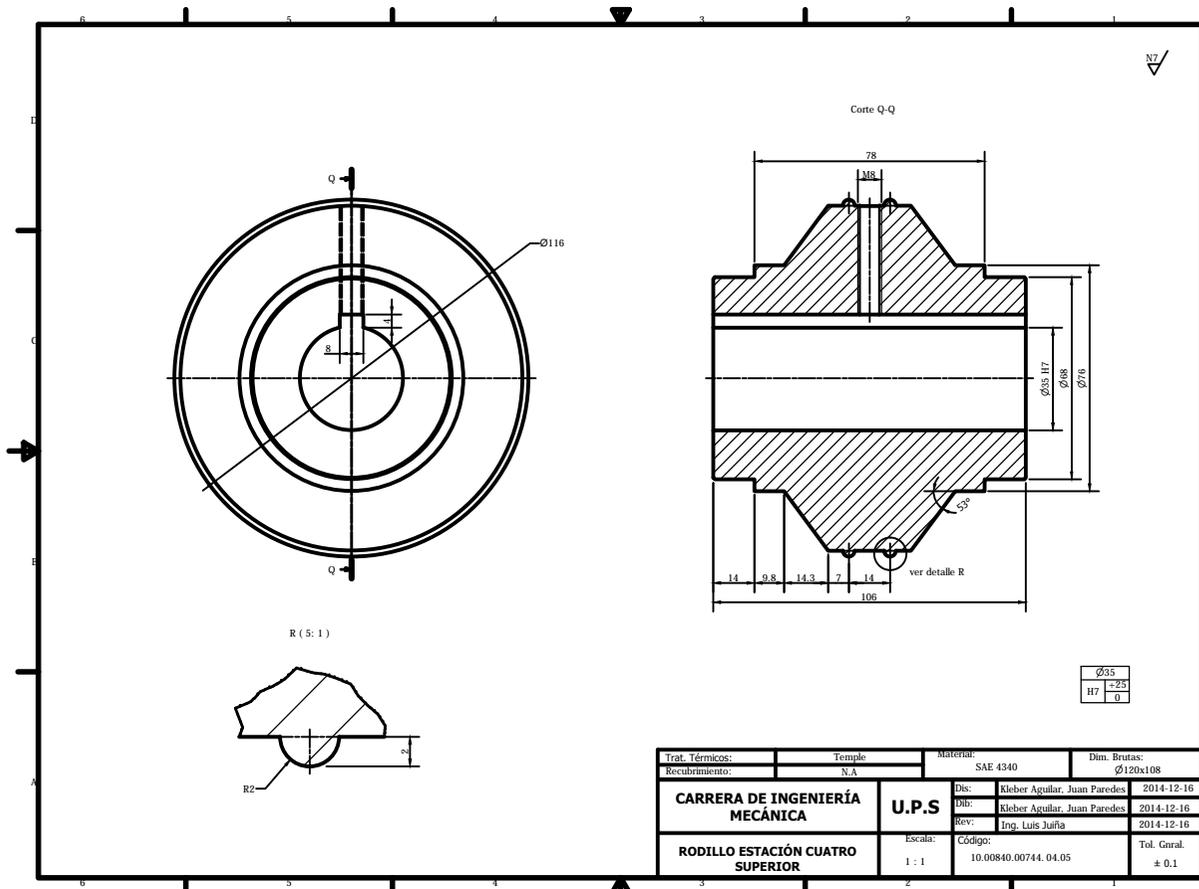


| | | | |
|---|-------------------|---------------------------------|---|
| Trat. Térmicos: | N.A. | Materia: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | ASTM A-36 | 145X95X10 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S. | Dis: | Eleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Dib: | Eleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juliá 2014-12-16 |
| PLACA PARA TENSOR | Escala: 1:1 | Código: 10.00840.00744.05.05 | Tol. Gnal. ±1 |

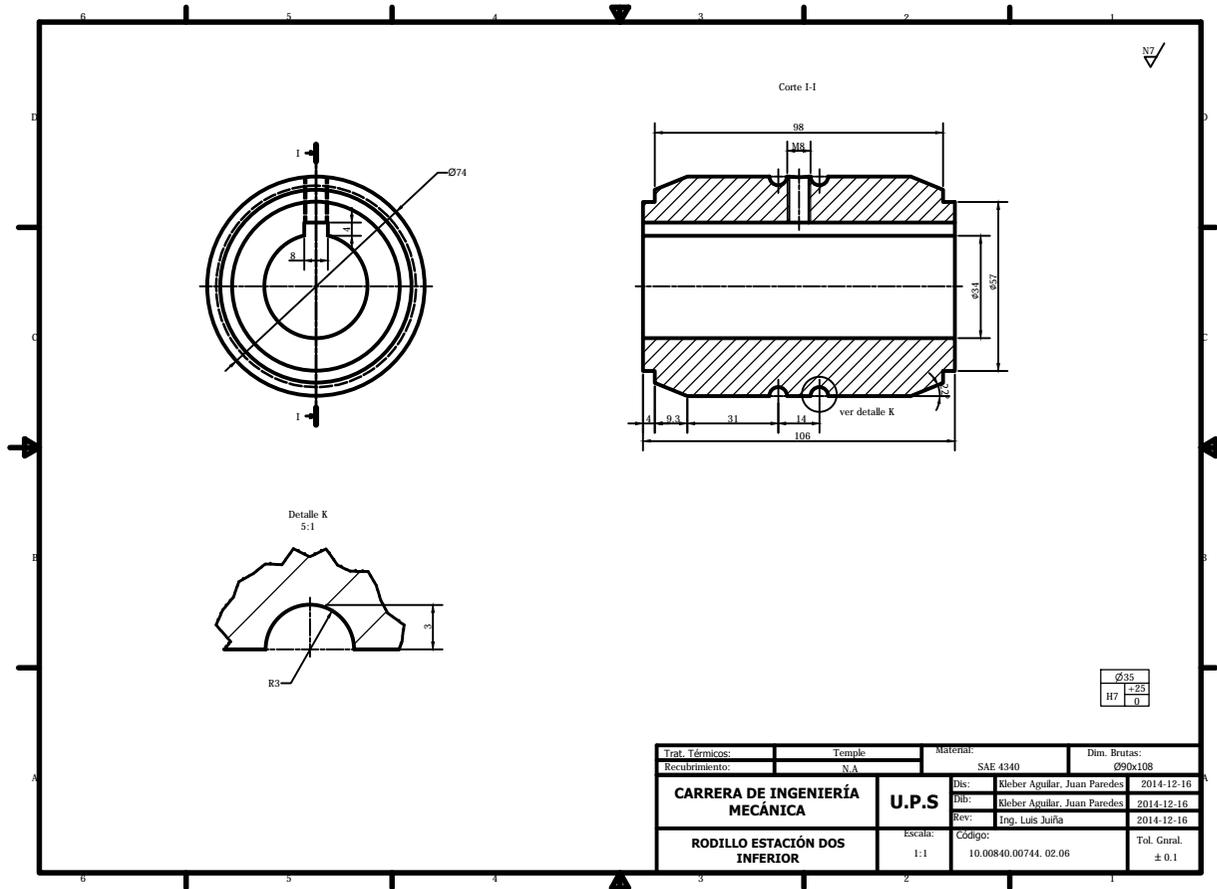


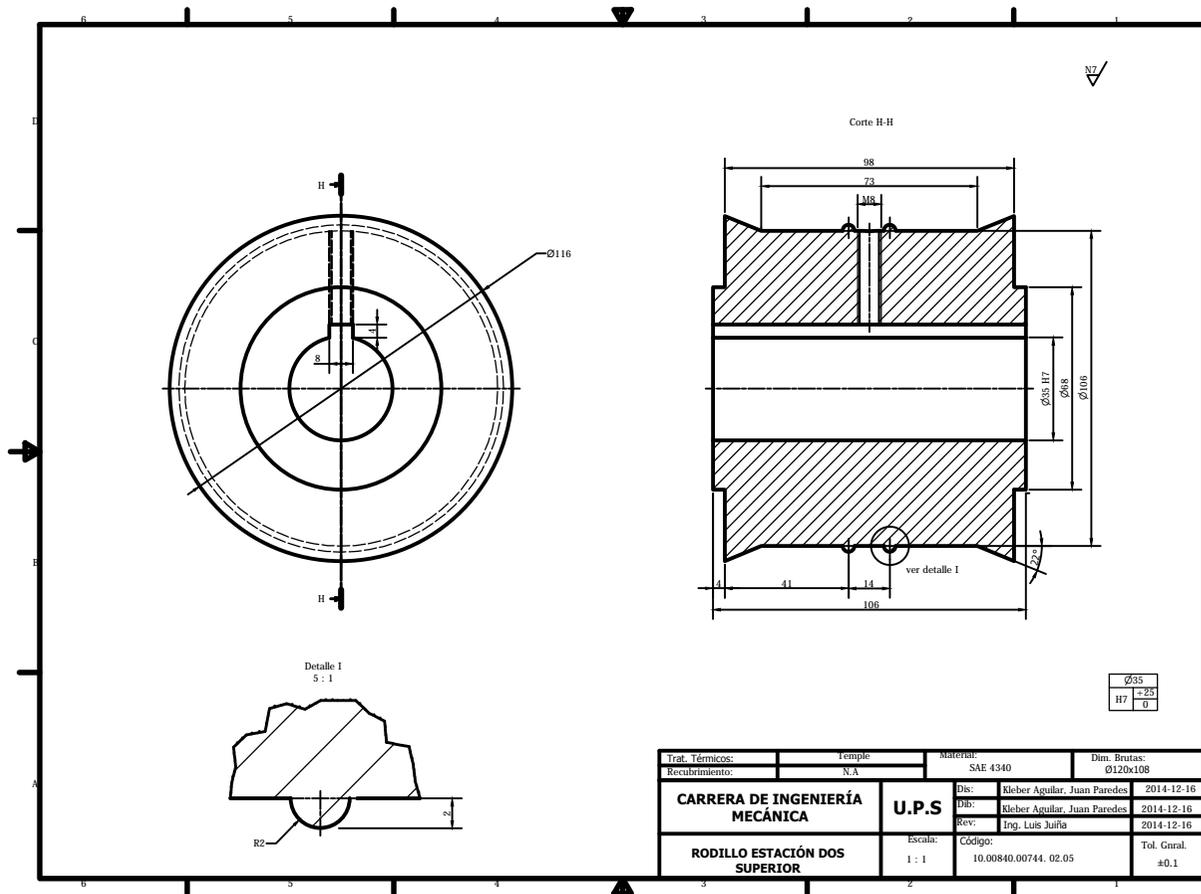
| | | | |
|---|--------------|----------------------|---|
| Trat. Térmicos: | Temple | Materia: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | N.A | SAE 4340 | Ø120x108 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juñja 2014-12-16 |
| RODILLO ESTACIÓN CUATRO INFERIOR | Escala: | Código: | Tol. Gnal. |
| | 1 : 1 | 10.00840.00744.04.06 | ± 0.1 |

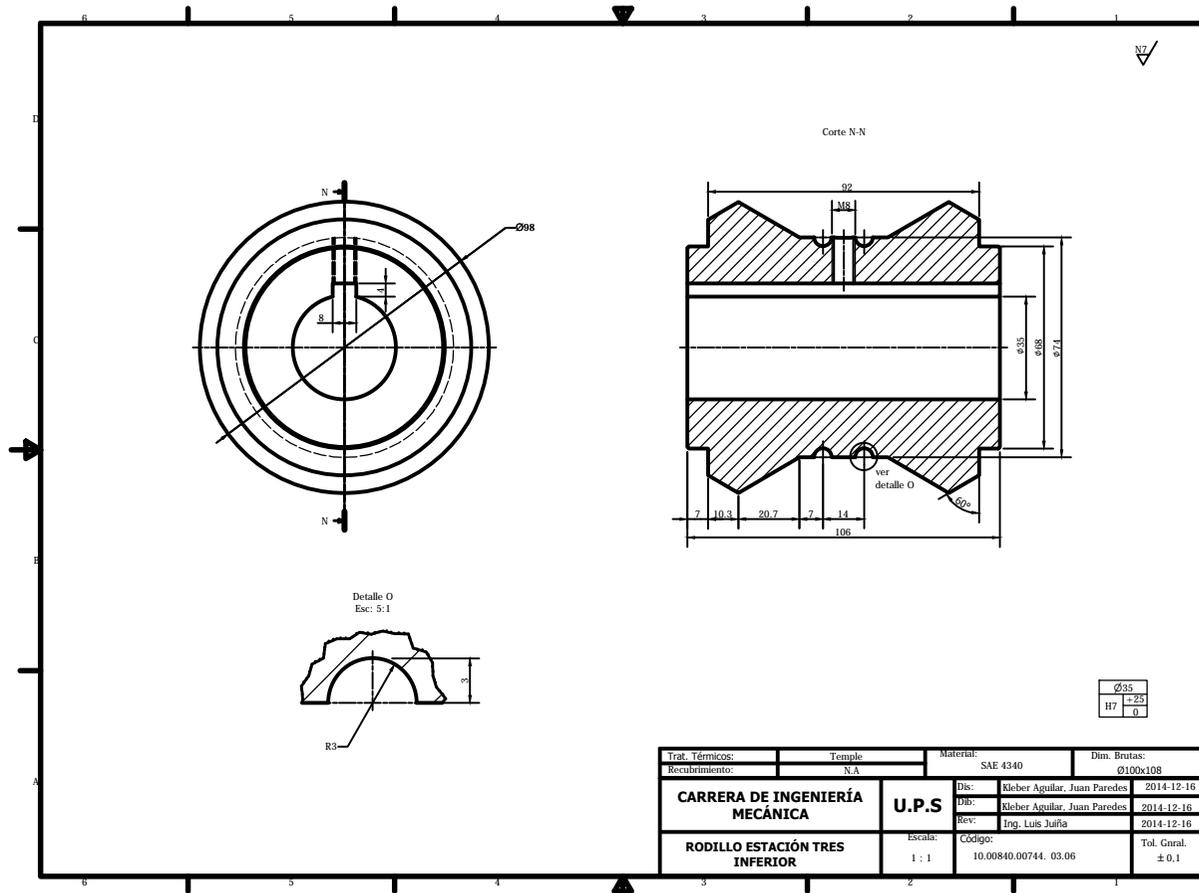
| |
|--------|
| Ø35 |
| H7 |
| ±0.021 |
| 0 |

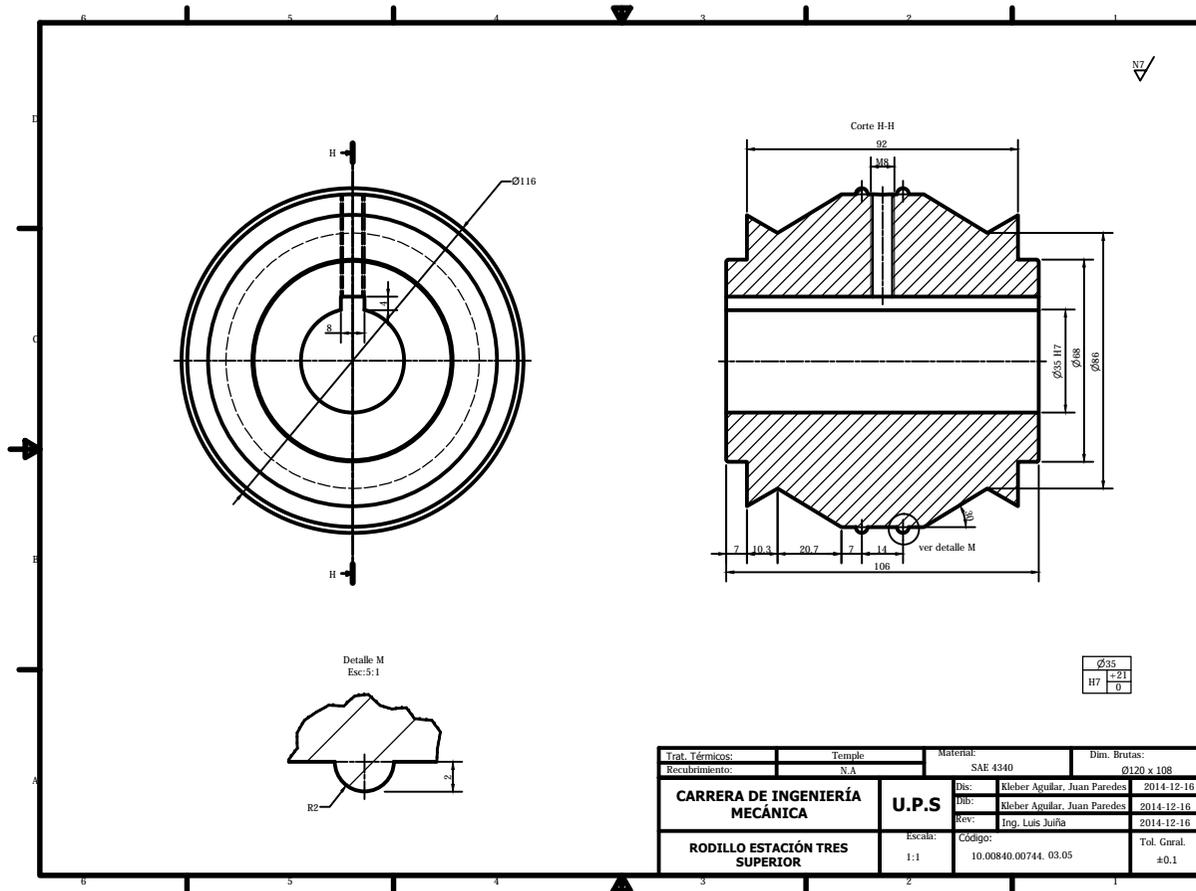


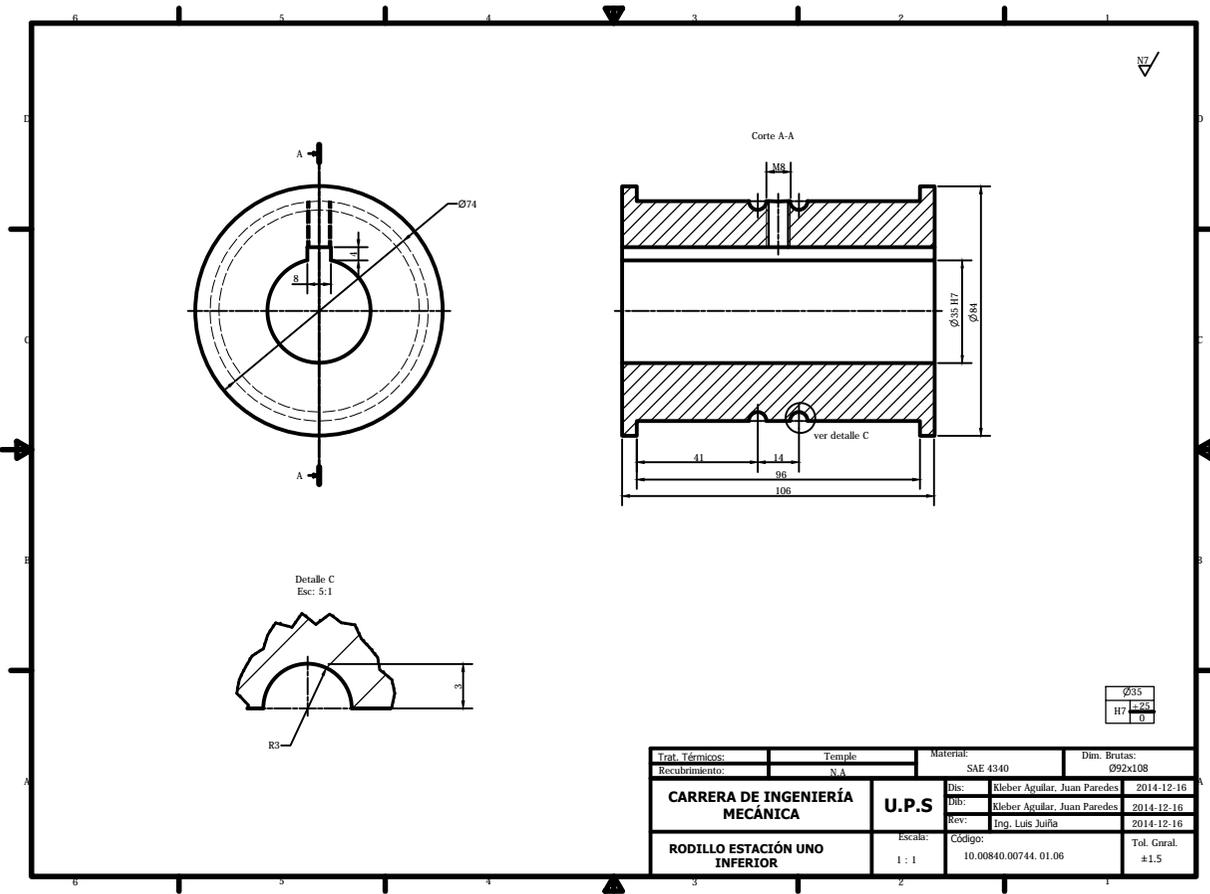
| | | | | | |
|---|--------------|----------|------------------------------|--------------|----------|
| Trat. Térmicos: | Temple | Materia: | SAE 4340 | Dim. Brutas: | Ø120x108 |
| Recubrimiento: | N.A | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dir: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juñá | 2014-12-16 | |
| RODILLO ESTACIÓN CUATRO SUPERIOR | Escala: | Código: | 10.00840.00744.04.05 | Tol. Genl. | ± 0.1 |
| | 1 : 1 | | | | |





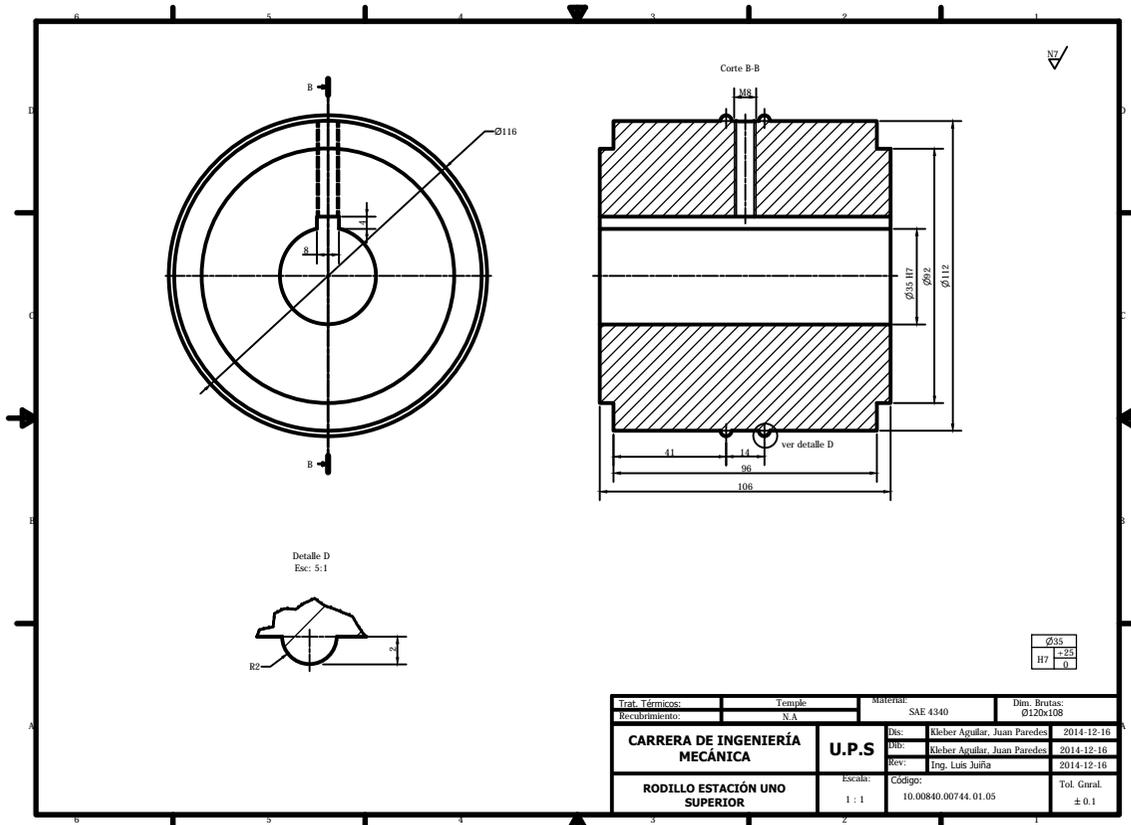


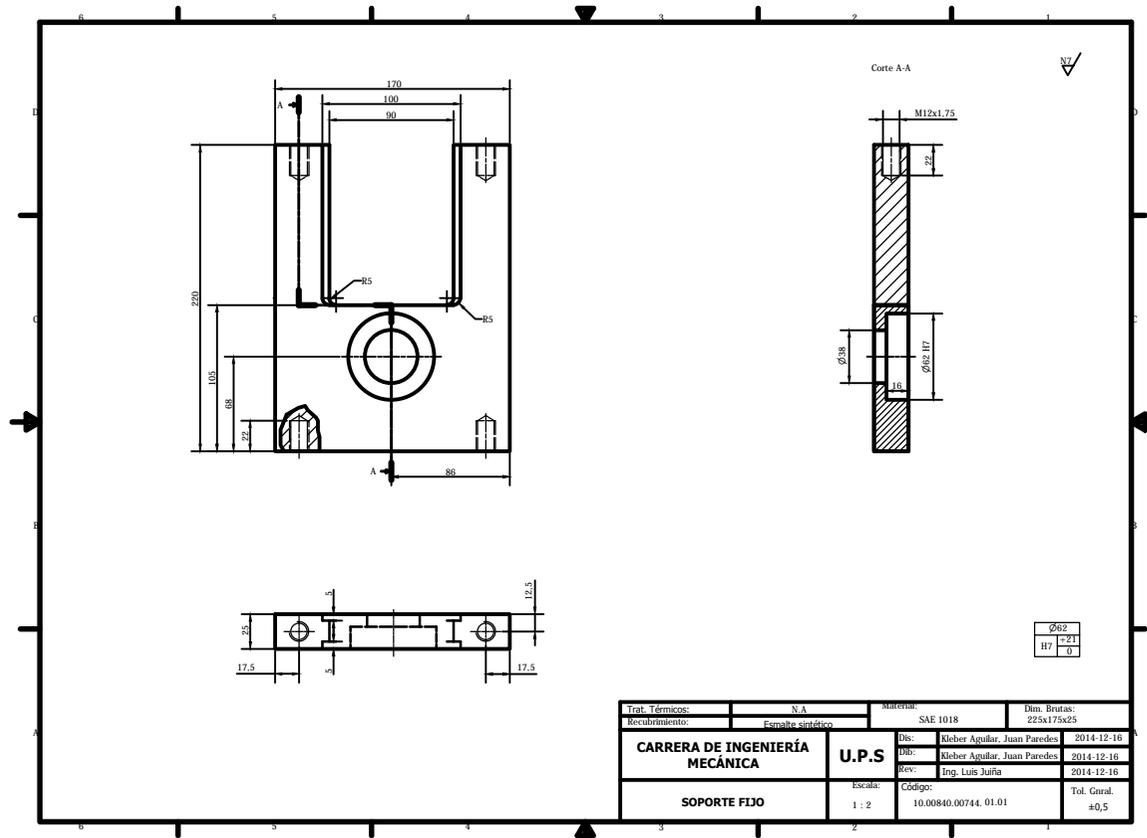




| |
|-----|
| Ø35 |
| H7 |
| f.6 |

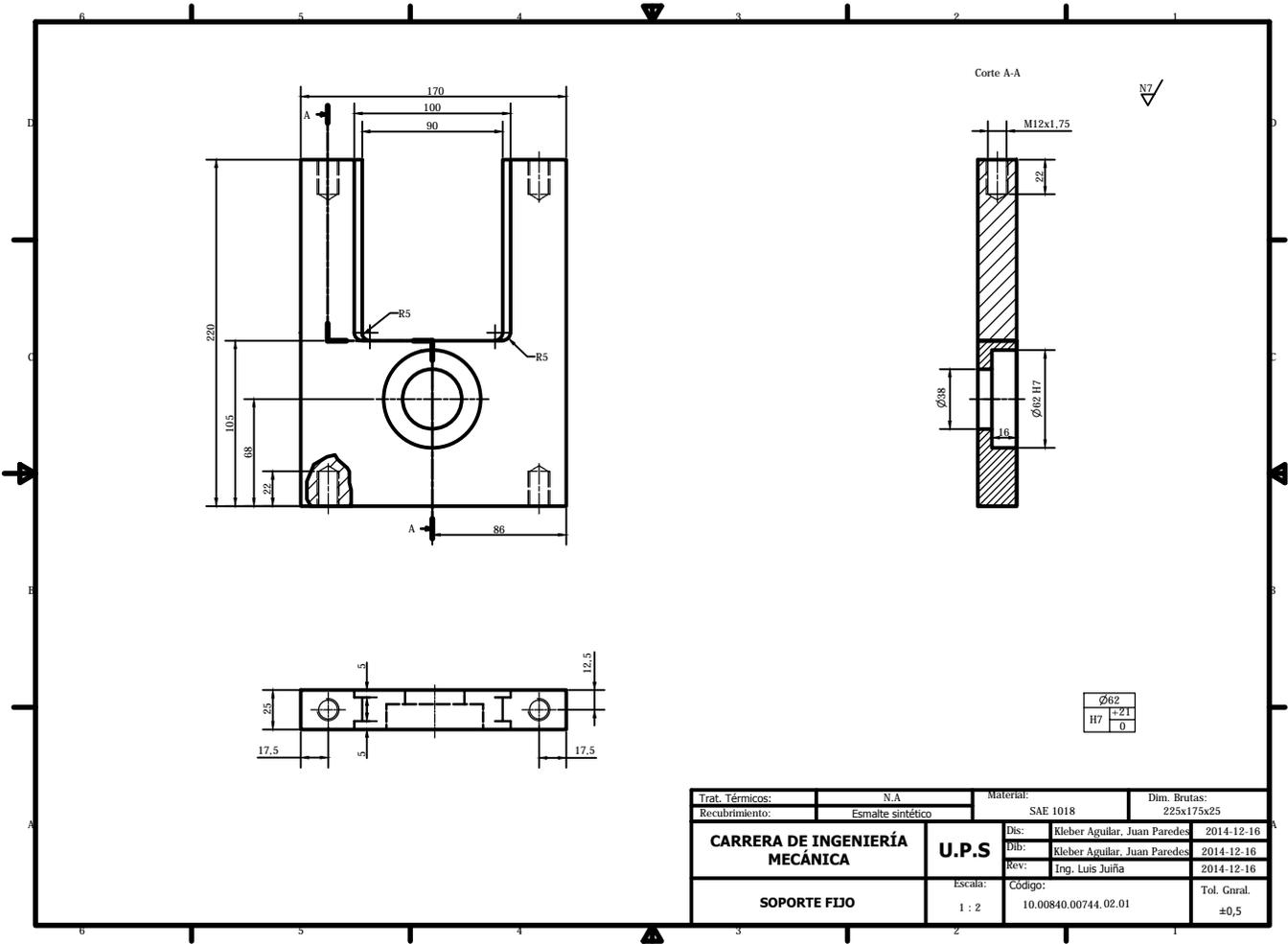
| | | | |
|---|--------------|----------------------|---|
| Trat. Térmicos: | Temple | Material: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | N.A. | SAE 4340 | Ø92x108 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juiña 2014-12-16 |
| RODILLO ESTACIÓN UNO INFERIOR | Escala: | Código: | Tol. Genral: |
| | 1 : 1 | 10.00840.00744.01.06 | ±1,5 |





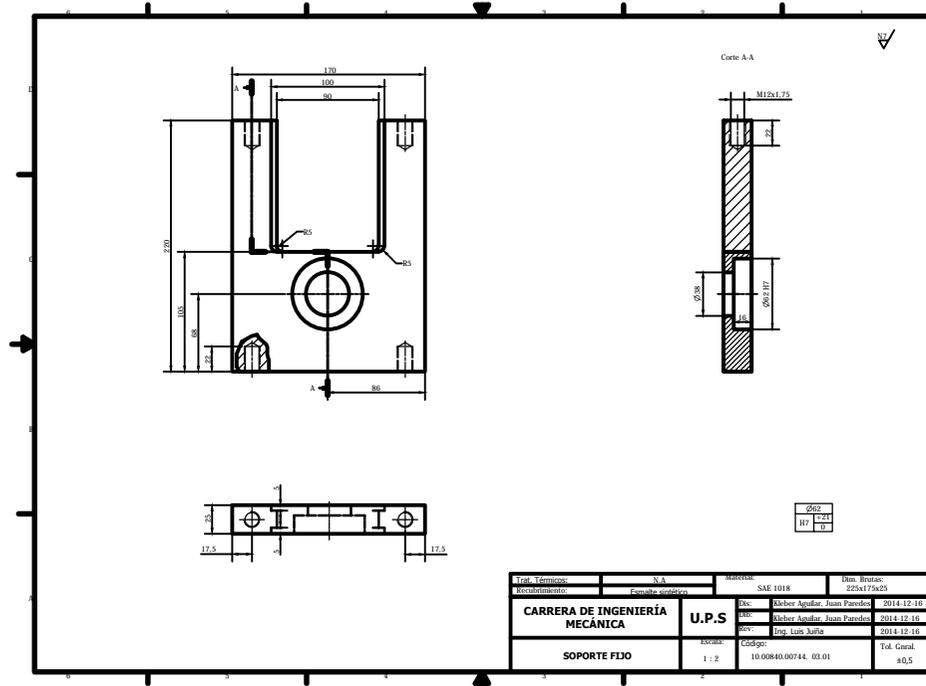
| | | | | | |
|---|-------------------|----------|------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Materia: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 225x175x25 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dir: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juriña | 2014-12-16 | |
| SOPORTE FIJO | Escala: | 1 : 2 | Código: | 10.00840.00744. 01.01 | Tol. Genral: ±0,5 |

| | |
|-----|-----|
| Ø62 | +21 |
| H7 | 0 |

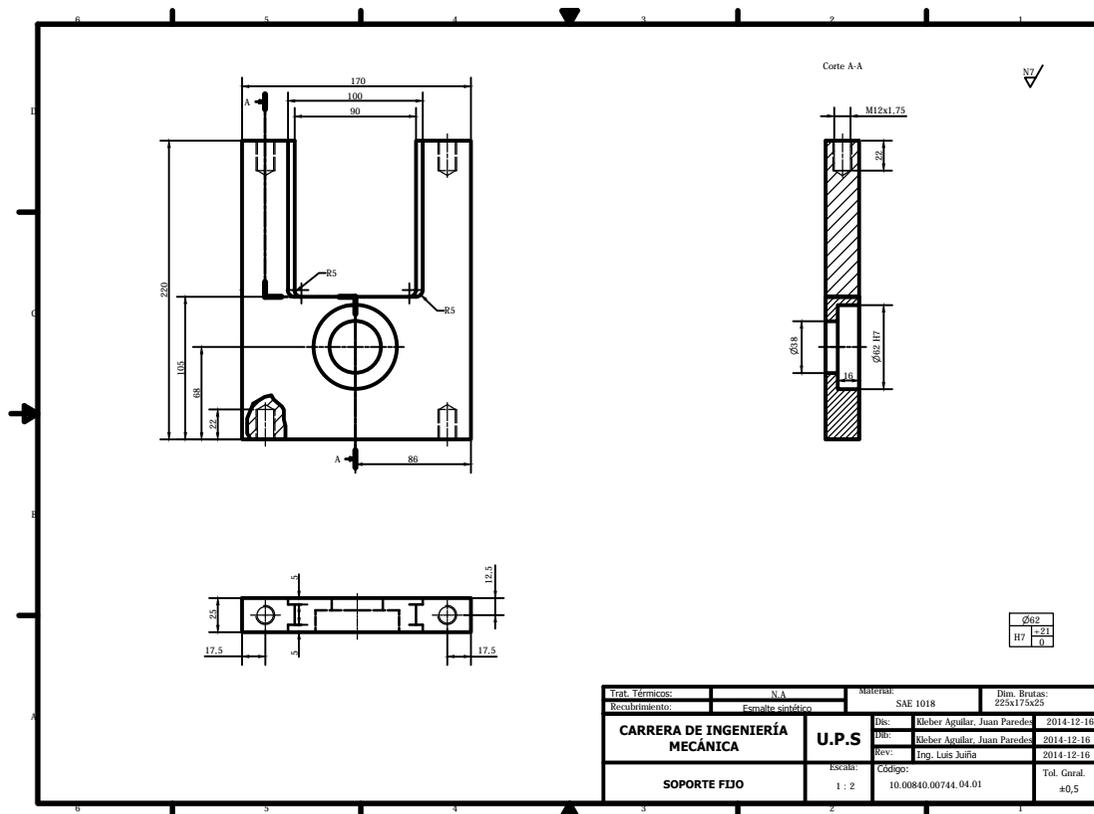


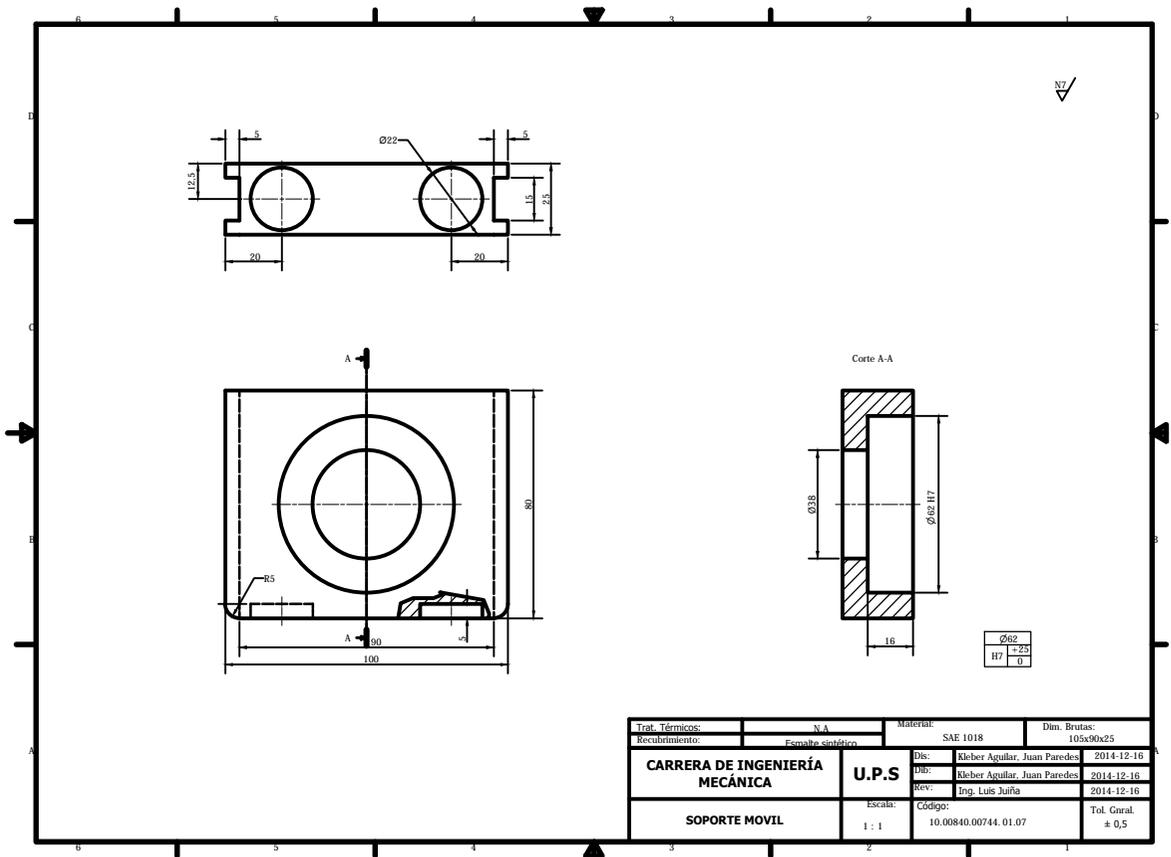
| |
|------------------|
| $\varnothing 62$ |
| H7 |
| 0 |

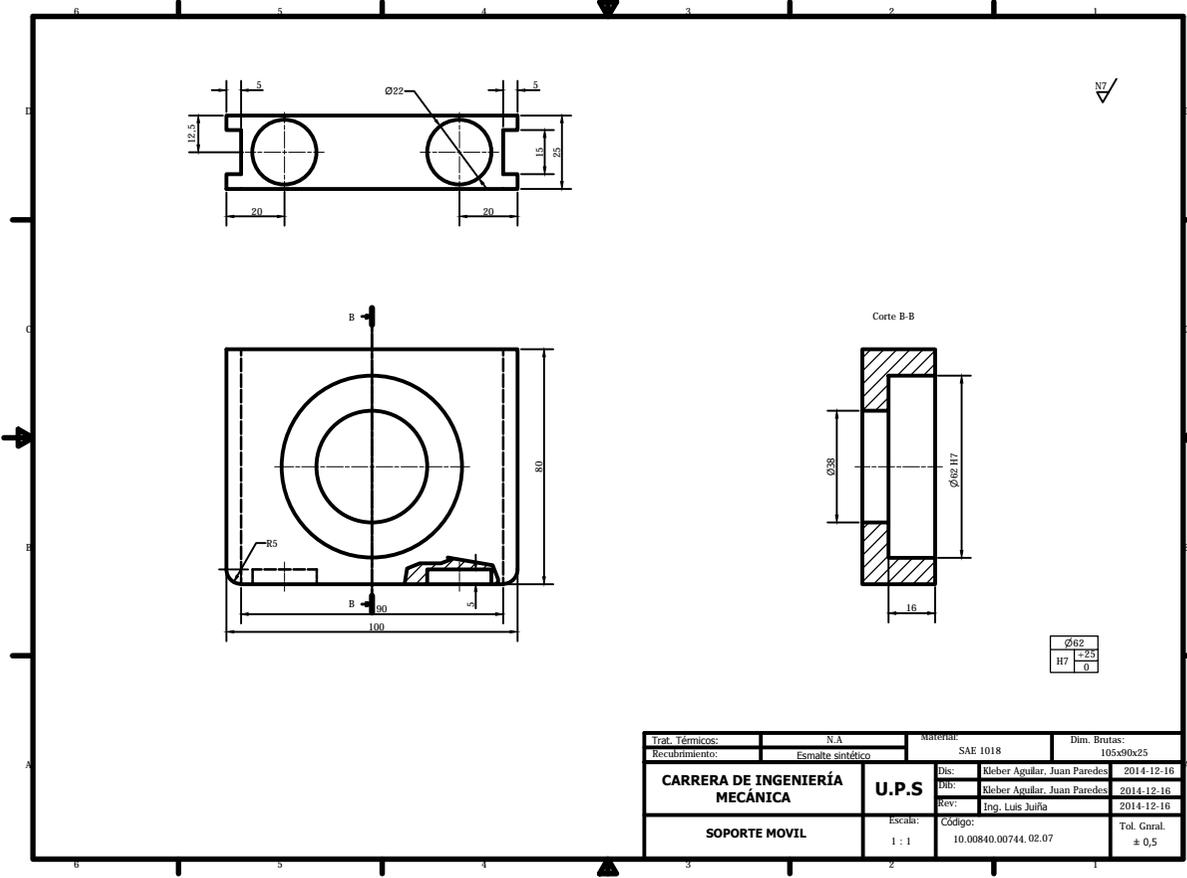
| | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------|--------------|------------|
| Traf. Térmicos: | N.A | Material: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 225x175x25 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 | |
| | | Escala: | 1 : 2 | | |
| SOPORTE FIJO | | Código: | 10.00840.00744.02.01 | Tol. Gnral: | ±0,5 |

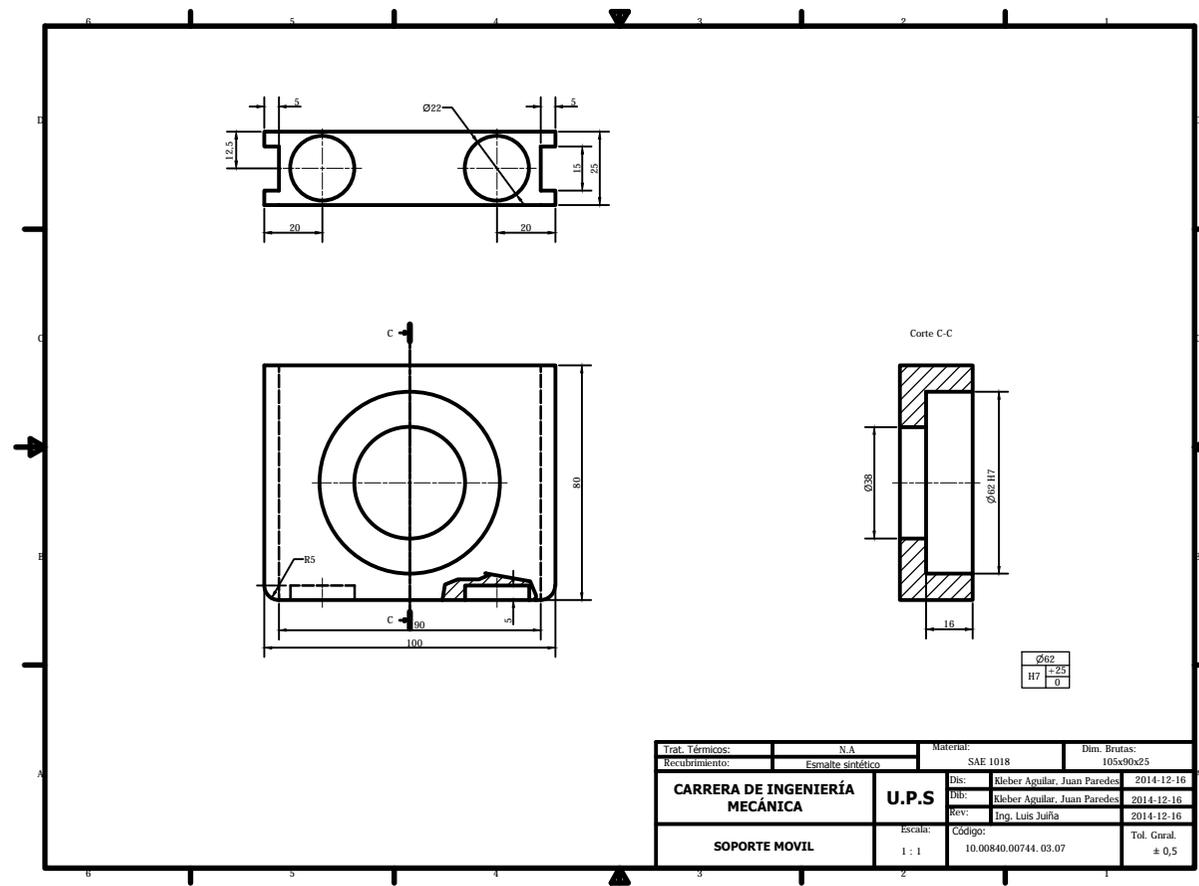


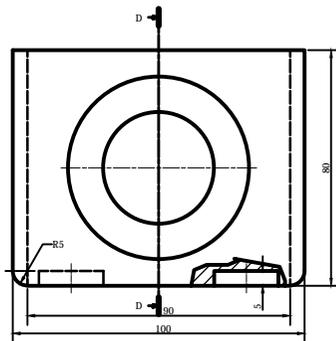
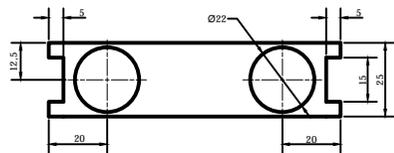
| | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|--|
| Inst. Técnico: | N.A. | Matrícula: | 225x175x25 |
| Reclutamiento: | Familiares graduados | SAE 1018 | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dic: | Róber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Pro: | Róber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Dir: | Eng. Luis Zurita 2014-12-16 |
| SOPORTE FIJO | Escala: 1 : 2 | Código: 10.00840.00744. 03.01 | Tel. Canal: 40,5 |



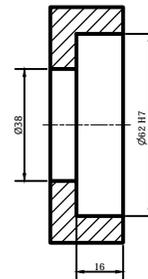






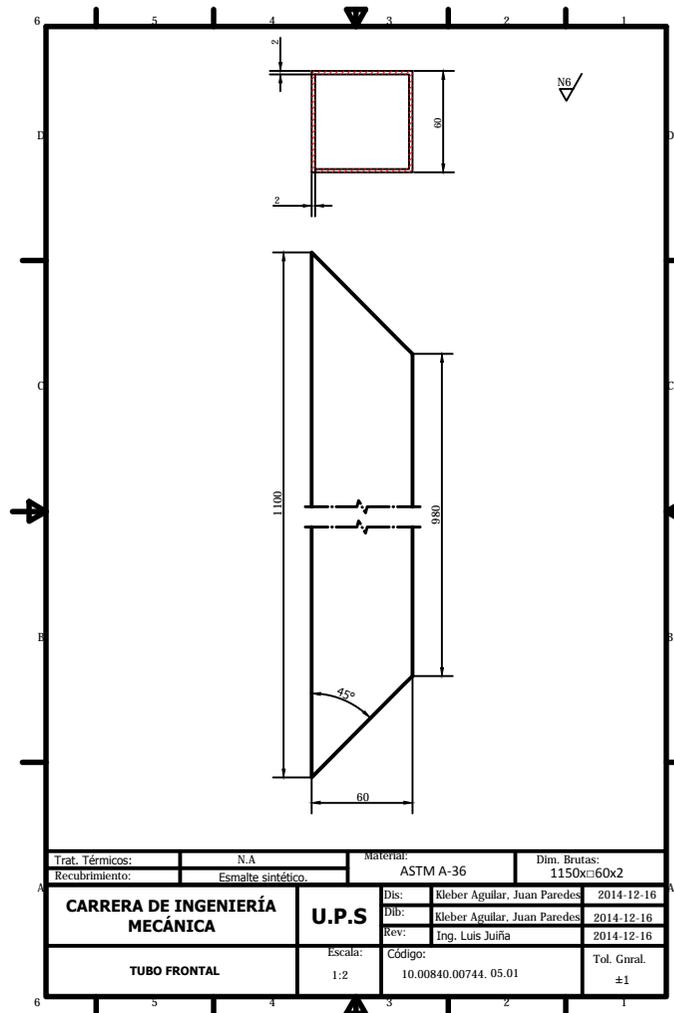


Corte D-D

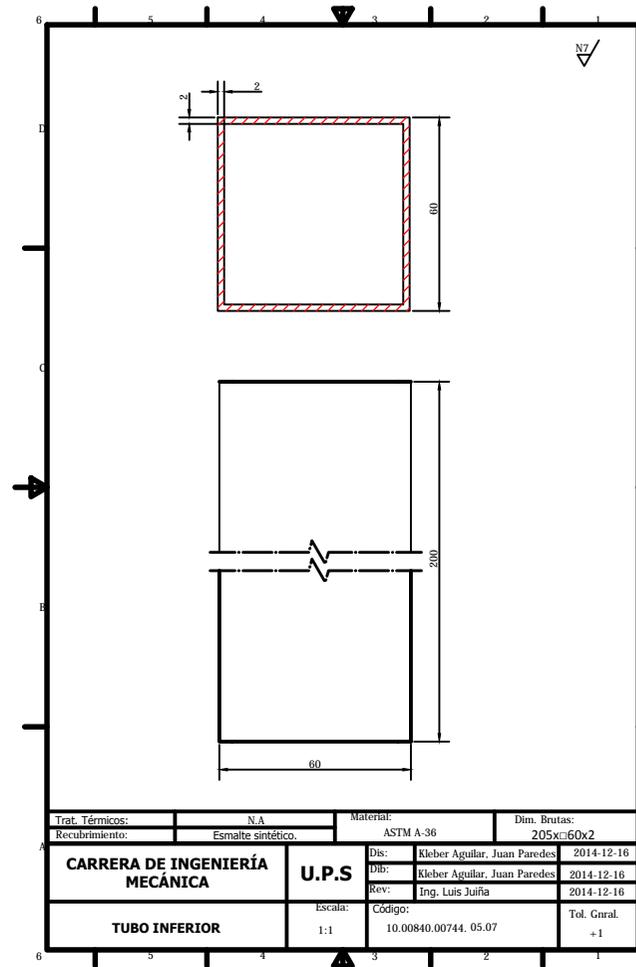


| |
|-----|
| Ø22 |
| H7 |
| +25 |
| 0 |

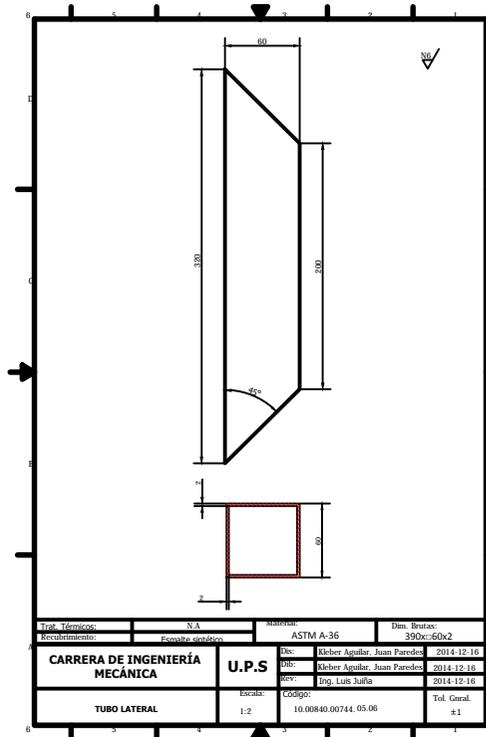
| | | | | | |
|---|-------------------|-----------|------------------------------|---------------------|-----------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | SAE 1018 | Dim. Brutas: | 105x80x25 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juliña | 2014-12-16 | |
| | | Código: | 10.00840.00744.04.07 | Tol. Gnal. ± 0,5 | |
| SOPORTE MOVIL | Escala: | 1 : 1 | | | |



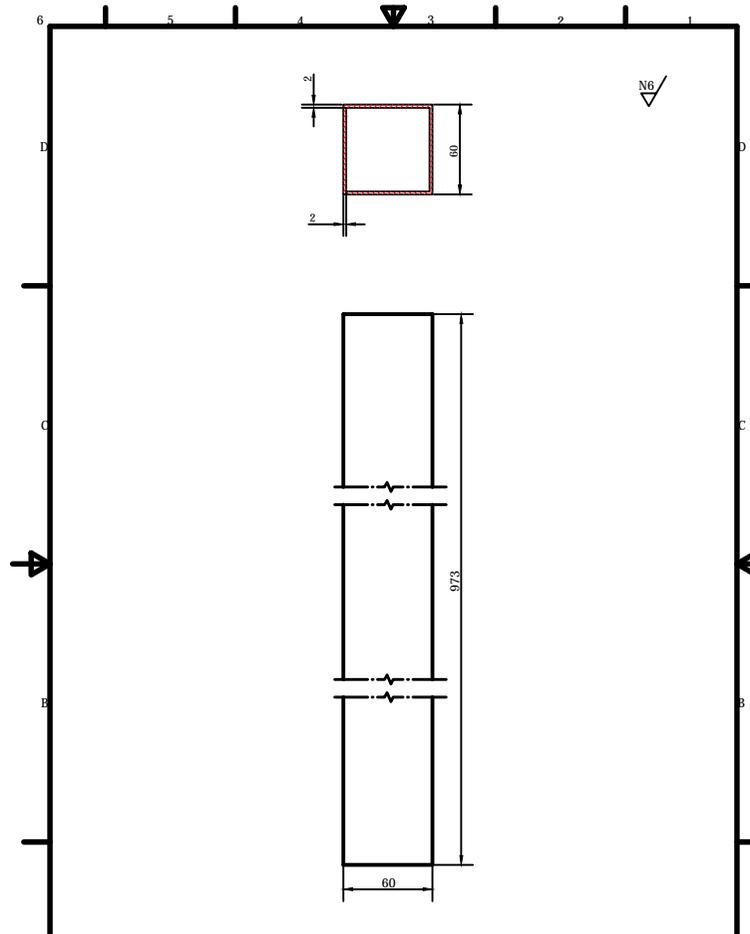
| | | | | | |
|---|--------------------|-----------|------------------------------|--------------|-----------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 1150x60x2 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético. | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 | |
| TUBO FRONTAL | Escala: | Código: | 10.00840.00744. 05.01 | Tol. Gnral. | ±1 |
| | 1:2 | | | | |



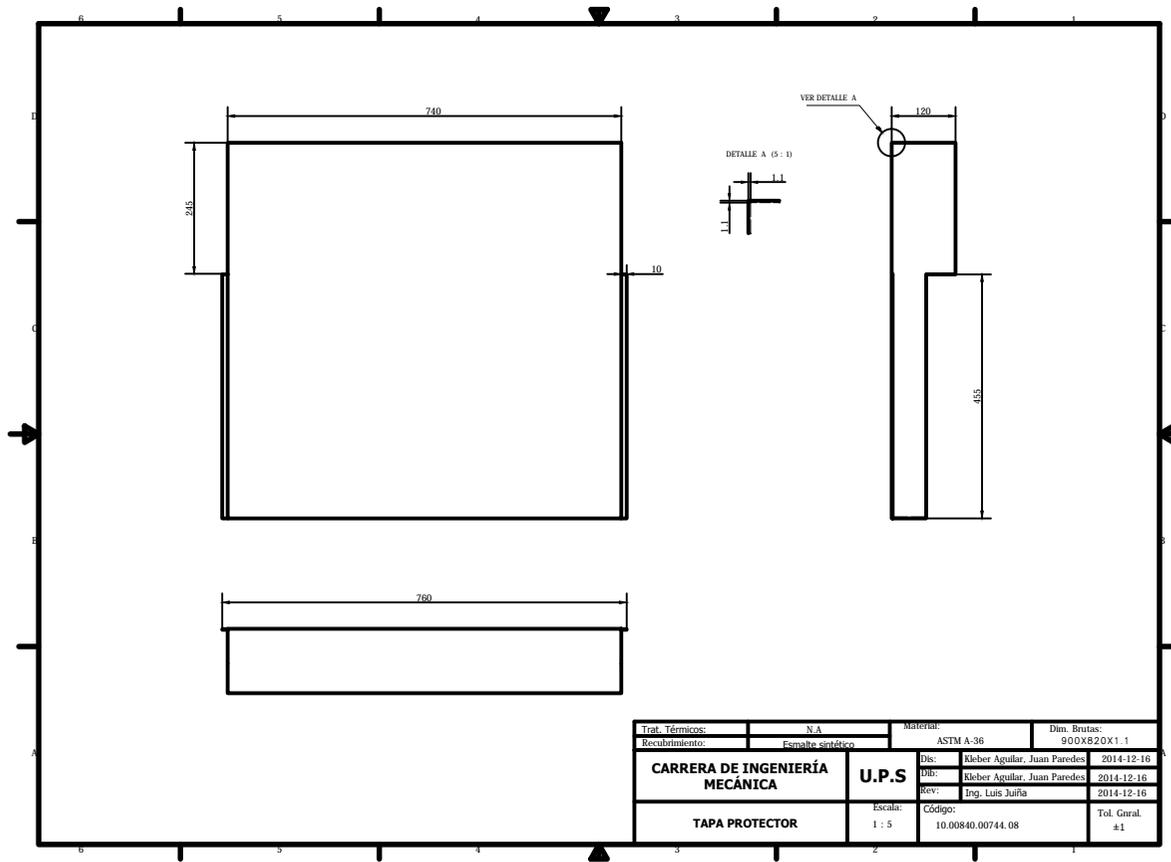
| | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|----------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 205x60x2 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético. | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | Rev: | Ing. Luis Juiña | 2014-12-16 | |
| TUBO INFERIOR | Escala: 1:1 | Código: 10.00840.00744. 05.07 | Tel. Gral. +1 | | |



| | | | | | | |
|---|-------------------|----------|------------------------------|----------------------|--------------|----|
| Tít. Técnico: | N.A. | Materia: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 390x60x2 | |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Eleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Dib: | Eleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | | |
| | | Rev: | Ing. Luis Julia | 2014-12-16 | | |
| TUBO LATERAL | Escala: | 1:2 | LOGNo: | 10.00840.00744.05.06 | Tol. Genral: | ±1 |



| | | | |
|---|--------------------|----------------------|---|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | Dim. Brutas: |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético. | ASTM A-36 | 985□60x2 |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Dib: | Kleber Aguilar, Juan Paredes 2014-12-16 |
| | | Rev: | Ing. Luis Juíña 2014-12-16 |
| TUBO REFUERZO | Escala: | Código: | Tol. Gnal. |
| | 1:2 | 10.00840.00744.05.04 | ±1 |



| | | | | | |
|---|-------------------|-----------|------------------------------|--------------|-------------|
| Trat. Térmicos: | N.A | Material: | ASTM A-36 | Dim. Brutas: | 900X820X1.1 |
| Recubrimiento: | Esmalte sintético | Dis: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA | U.P.S | DB: | Kleber Aguilar, Juan Paredes | 2014-12-16 | |
| | | REV: | Ing. Luis Juñiga | 2014-12-16 | |
| TAPA PROTECTOR | Escala: | Código: | 10.00840.00744.08 | Tol. Genral: | ±1 |
| | 1 : 5 | | | | |