

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULIDORA
ROTATIVA PARA PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MONTÚFAR

jimm_uno@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS T.

jaime.vargas@epn.edu.ec

Quito, Enero 2011

DECLARACIÓN

Yo, José Luis Martínez Montúfar, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

José Luis Martínez Montúfar

CERTIFICACIÓN

Certificamos que bajo nuestra dirección la presente tesis fue desarrollada en su totalidad por el señor: José Luis Martínez Montúfar.

ING. JAIME VARGAS T.

DIRECTOR DE TESIS

ING. JORGE ESCOBAR

COLABORADOR

ING. PATRICIO ESTUPIÑAN

COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por ser mi guía, mi camino, mi fortaleza y mi sabiduría para emprender todos los retos que la vida tiene para mí, siendo la culminación de este proyecto uno de los pasos agigantados por alcanzar el éxito, bajo las bendiciones que Él me brinda día a día.

A mi Madre, que es un pilar indestructible ante las adversidades que tiene la cotidianidad y fuente de ejemplo para mí, por su tenacidad, ternura, apoyo, esfuerzo, humildad y cariño en cada momento de mi vida.

A mi Hermano, por su muestra de valentía y coraje por superarse personalmente e imprimir en mi vida, el sello de la juventud que posee el alma.

A mi Novia, por ser el apoyo incondicional que mi mente, corazón y alma necesitan para estar en equilibrio, por ser mi felicidad, mi compañera y mi mejor amiga y porque sencilla y principalmente le amo.

Al Ing. Jaime Vargas T., por su paciencia, enseñanza y dirección, antes durante y después de lograr escalar un peldaño más en mi vida personal y profesional, y a los Colaboradores del Proyecto, profesores, personal administrativo de la querida Facultad de Ingeniería Mecánica y todos aquellos quienes me han brindado su ayuda de una u otra forma en alguna página del gran libro que es la vida.

DEDICATORIA

A mi amada madre; María del Carmen Montúfar, quien con su amor, educación y cariño, hizo y hace de mí una persona muy especial, llena de sueños por cumplir gracias a sus maravillosas y sabias palabras, que han sabido adornar con logros el camino que la vida me depara.

A mi adorado hermano; Santiago Martínez "Cachi", por llenar de alegría y júbilo cada rincón de mi corazón, porque me hace saber cuánto me ama no con palabras sino con juegos, risas y golpes que tiene para mí cada vez que estoy cerca y eso hace que nunca desmaye en el deseo de ser siempre un ejemplo a seguir para Él.

A mi amada y hermosa novia; Evelyn Torres, con quien he pasado los mejores momentos de mi vida, quien me ha hecho saber y conocer que el amor existe y es tan grande como el universo, por quien realizo y doy todo lo mejor, por ser quien me apoya y cuida todos los días, por ser mi cómplice en todos los proyectos y sueños que tengo y porque quiero compartir con Ella el resto de mi vida, y

A José Luis Martínez quien nunca dejará de soñar y luchar por conseguir lo mejor de la vida, porque todo es posible si no se pierde la Fe y la Esperanza.

José Luis

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS, Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 DEFINICIÓN E HISTORIA.....	1
1.2.1 ACERO INOXIDABLE	2
1.2.1.1 Acero inoxidable ferrítico.....	3
1.2.1.2 Acero inoxidable martensítico.....	4
1.2.1.3 Acero inoxidable austenítico.....	4
1.2.2 LAS CALIDADES	5
1.2.3 LAS DENOMINACIONES.....	6
1.2.4 LAS PROPIEDADES.....	7
1.2.5 LOS USOS	8
1.2.6 LA APLICACIÓN	9
1.3 MECANIZADO DEL ACERO INOXIDABLE.....	10
1.4 TIPOS Y NECESIDADES DE ACABADOS SUPERFICIALES.....	10
1.4.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.4.2 DEFINICIÓN.....	11
1.4.3 TIPOS GENERALES DE ACABADOS.....	11
1.4.3.1 Superficies en bruto.....	12
1.4.3.1 Superficies mecanizadas.....	12

1.4.3.1	Superficies tratadas.....	12
1.4.4	ESTADO DE LAS SUPERFICIES	12
1.4.4.1	Rugosidad.....	13
1.4.4.2	Ondulación.....	13
1.4.5	REPRESENTACION, ESPECIFICACIONES Y SIMBOLOGÍA DE LAS IRREGULARIDADES	15
1.5	GUÍA DE ACABADOS DE ACERO INOXIDABLE	16
1.5.1	ACABADOS MECÁNICOS ESMERILADOS Y ABRILLANTADOS.....	16
1.5.1.1	Acabado 2G.....	17
1.5.1.2	Acabado 2J.....	18
1.5.1.3	Acabado 2K.....	18
1.5.1.4	Acabado 2P.....	19
1.5.2	ACABADOS DECORATIVOS ESPECIALES	19
1.6	DENOMINACIONES DE ACABADO MECÁNICO	20
1.6.1	ACABADO N° 3.....	20
1.6.2	ACABADO ARQUITECTÓNICO N° 4.....	20
1.6.3	ACABADO SANITARIO N° 5.....	20
1.6.4	ACABADO N° 6.....	21
1.6.5	ACABADO N° 7	21
1.6.6	ACABADO N° 8.....	21
1.7	SISTEMA DE VACÍO.....	22
1.7.1	GENERACIÓN DE VACÍO	25
1.8	MOTORES ELÉCTRICOS AC.....	27
1.9	PROCESOS CON ABRASIVOS.....	29

1.9.1	RUEDAS RECTIFICADORAS	29
1.9.1.1	Selección del abrasivo.....	30
1.9.1.2	Tamaño de grano.....	30
1.9.1.3	Grado.....	30
1.9.1.4	Estructura.....	31
1.9.1.5	Tipo de aglutinante.....	31
1.9.2	RELACIÓN DE RECTIFICACIÓN	31
1.9.3	VELOCIDADES DE LAS RUEDAS	32
1.9.4	VELOCIDADES DE TRABAJO	32
1.9.5	AVANCE TRANSVERSAL	33
1.9.6	PROFUNDIDAD DE PULIDO.....	33
1.9.7	SOBRESPEJOR PARA ESMERILAR	34
1.9.8	SEGURIDAD	34
1.10	OPERACIONES DE ACABADO.....	35
1.10.1	PULIDO	35
1.10.2	ABRILLANTADO	36
 CAPÍTULO 2.....		38
ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROTOTIPO		38
2.1	INTRODUCCIÓN.....	38
2.2	PARÁMETROS FUNCIONALES DE LA PULIDORA.....	38
2.3	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.....	39

2.3.1	ESPACIO FÍSICO.....	39
2.3.2	ACCESORIOS	40
2.3.3	CAPACIDAD DE CARGA.....	40
2.3.4	PESO	41
2.3.5	COSTO.....	41
2.3.6	LIMPIEZA	41
2.3.7	SEGURIDAD	42
2.3.8	ASPECTO VISUAL.....	42
2.4	PARÁMETROS FUNCIONALES.....	42
2.5	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	43
2.5.1	ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE SUJECIÓN.....	44
2.5.1.1	Alternativa Nro. 1.1 Sistema de sujeción por medio de ventosas.....	44
2.5.1.2	Alternativa Nro. 1.2 Sistema de sujeción por medio de prensas mecánicas de tornillo.....	45
2.5.2	ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN	47
2.5.2.1	Alternativa Nro. 2.1 Mecanismo de banda y polea.....	47
2.5.2.2	Alternativa Nro. 2.2 Mecanismo de cadena y rueda dentada.....	48
2.5.3	ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO	50
2.5.3.1	Alternativa Nro.3.1 Desplazamiento por mecanismo de engrane recto y cremallera.....	50
2.5.3.2	Alternativa Nro. 3.2 Desplazamiento por tornillo y tuerca.....	51
2.6	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO A CONSTRUIR.....	53
2.7	ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO.....	57
2.7.1	ESTRUCTURA SOPORTE	58

2.7.2	SISTEMA DE SUJECIÓN DE LAS PIEZAS A PULIR	59
2.7.3	SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO PARA EL PULIDO.....	60
2.7.4	SISTEMA DE IMPULSIÓN DE LA RUEDA RECTIFICADORA	60
2.7.5	ACCESORIOS DE PULIDO	61
2.7.6	PROTECCIONES.....	61
2.8	COMPONENTES DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO A CONSTRUIR SELECCIONADA.....	62
2.9	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	63
2.9.1	DATOS DE LA EMPRESA A VERIFICAR EL PROTOTIPO.....	64
2.9.2	DIMENSIONES FISICAS DEL PROTOTIPO.....	64
2.9.3	PERPENDICULARIDAD DE LA RUEDA ABRASIVA.....	65
2.9.4	GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DE LAS PIEZAS.....	65
2.9.5	FUNCIONAMIENTO Y CONEXIÓN DEL MOTOR.....	66
2.9.6	ACABADO SUPERFICIALES.....	66
2.9.7	ACCESORIOS PARA EL PULIDO.....	66
2.9.8	INSPECCIÓN EN LA SUJECIÓN.....	67
2.9.9	SEGURIDAD DEL OPERARIO.....	67
2.9.10	POTENCIA Y VELOCIDAD.....	67

CAPITULO 3	69
DISEÑO DE PARTES A CONSTRUIR Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS	69
3.1 INTRODUCCIÓN.....	69
3.2 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	69
3.3 SELECCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA PARA ELEVAR LA CARGA DEL MOTOR Y DESPLAZAR EL SOPORTE BASE DE LAS PIEZAS A PULIR	71
3.3.1 CÁLCULO DE DIÁMETROS	72
3.3.2 CÁLCULO DEL ÁNGULO DE AVANCE.....	72
3.3.3 CÁLCULO DEL PAR DE TORSIÓN (T)	73
3.3.4 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA (e).....	74
3.3.5 CONDICIÓN DE AUTO ASEGURAMIENTO.....	74
3.4 FUERZAS DE LA RUEDA ABRASIVA.....	74
3.5 FUERZAS DEL SISTEMA	76
3.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	78
3.7 SELECCIÓN DEL MOTOR.....	80
3.8 TRANSMICIÓN DE POTENCIA	81
3.9 TRANSMISIÓN DE CADENA DE RODILLOS.....	82
3.9.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO EXTERIOR DE LA RUEDA DENTADA.....	83
3.9.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.....	84
3.9.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA	85
3.10 CÁLCULO DE LA FUERZA DE RETENCIÓN DE LA VENTOSA.....	86
3.10.1 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE VENTOSAS	87

3.10.2	CÁLCULO DE LA FUERZA DE ASPIRACIÓN.....	88
3.11	DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL.....	88
3.11.1	REACCIONES Y MOMENTOS RESULTANTES	90
3.12	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	94
3.13	ESTRUCTURA SOPORTE DE LA MÁQUINA PULIDORA	96
3.13.1	REACCIONES Y MOMENTOS RESULTANTES	98
3.13.2	RESULTADOS DE LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS REACCIONES Y MOMENTOS DE LA ESTRUCTURA	102
3.14	DIMENSIONAMIENTO DE LOS PERNOS DE SUJECCIÓN.....	105
3.15	SELECCIÓN DE SOLDADURAS	111
3.16	PLANOS DE TALLER Y MONTAJE	111
CAPITULO 4		112
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO DEL PROTOTIPO		112
4.1	INTRODUCCIÓN.....	112
4.2	CONSTRUCCIÓN	112
4.2.1	MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	113
4.2.2	PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN.....	114
4.2.3	MATERIA PRIMA	114
4.2.4	ELEMENTOS A CONSTRUIR.....	115
4.2.4.1	Etapas en la construcción de la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable.....	116
4.2.4.2	Tiempos estimados de construcción.....	116

4.2.4.3	Fotografías de construcción.....	117
4.3	MONTAJE	119
4.3.1	FOTOGRAFÍAS DE MONTAJE.....	119
4.4	PRUEBAS DE CAMPO	121
4.4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	124
4.4.2	FOTOGRAFÍAS DE PRUEBAS DE CAMPO E INSPECCIÓN.....	125
CAPITULO 5.....		127
INTRODUCCION Y ANALISIS DE COSTOS DEL PROTOTIPO		127
5.1	INTRODUCCION.....	127
5.2	ANALISIS DE COSTOS DEL PROTOTIPO	127
5.2.1	COSTOS DIRECTOS.....	128
5.2.1.1	Costos de materiales para la construcción del prototipo.....	128
5.2.1.2	Costos de elementos terminados para la construcción del prototipo.....	129
5.2.1.3	Costos de maquinado (mano de obra) en la construcción del prototipo.....	130
5.2.1.4	Costos de montaje del prototipo.....	131
5.2.1.5	Costo directo total.....	131
5.2.2	COSTOS INDIRECTOS	132
5.2.2.1	Costos de materiales imprevistos.....	132
5.2.2.2	Costos de diseño.....	132
5.2.2.3	Gastos imprevistos.....	133
5.2.2.4	Costo total indirecto.....	133

5.2.3	COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO	134
CAPITULO 6		135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		135
6.1	CONCLUSIONES	135
6.2	RECOMENDACIONES.....	136
BIBLIOGRAFÍA		138
CONSULTAS WEB.....		139
ANEXOS		140

INDICE DE TABLAS

1.1 Denominación del Acero Inoxidable según normas Europea y Americana.	6
2.1 Ponderación de los criterios de diseño.....	53
2.2 Ponderación de las alternativas en base al bajo peso	53
2.3 Ponderación de las alternativas en base a la fiabilidad	53
2.4 Ponderación de las alternativas en base al fácil montaje.....	54
2.5 Ponderación de las alternativas en base al fácil mantenimiento	54
2.6 Ponderación de las alternativas en base a la prolongada vida útil.....	54
2.7 Ponderación de las alternativas en base a la fácil adquisición	55
2.8 Ponderación de las alternativas en base al bajo precio	55
2.9 Conclusión de prioridad de las alternativas	55
3.1 Iteración del número de pernos necesarios para el anclaje	109
4.1 Tabla de los diferentes tipos de máquinas y herramientas necesarias para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable.....	112
4.2 Tabla con los diferentes tipos de procesos realizados para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable	113
4.3 Tabla con los diferentes tipos de materiales utilizados para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable	114
4.4 Tabla con los diferentes elementos a construirse para la pulidora de piezas planas de acero inoxidable	114
4.5 Tabla con el tiempo estimado de construcción de los elementos a conformar el prototipo	116
4.6 Tabla con el desarrollo del proceso de montaje del prototipo	118
5.1 Costo de materiales para la construcción del prototipo	127
5.2 Costo de materiales para la construcción del prototipo	128

5.3 Costo de maquinado en la construcción del prototipo	129
5.4 Costo de montaje del prototipo.....	130
5.5 Costo directo total	130
5.6 Costo de materiales imprevistos	131
5.7 Costo indirecto total.....	132
5.8 Costo indirecto total de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable.....	133

INDICE DE FIGURAS

1.1 Imperfección superficial denominada rugosidad	12
1.2 Imperfección superficial denominada ondulación	13
1.3 Imperfección superficial simultánea	13
1.4 Símbolos de Rugosidad utilizados en planos	14
1.5 Acabado superficial 2G	16
1.6 Acabado superficial 2J	17
1.7 Acabado superficial 2K	17
1.8 Acabado superficial 2P	18
1.9 Acabados superficiales decorativos especiales	18
1.10 Sistema de vacío	21
1.11 Sistema de vacío con regulación	22
1.12 Simbología del sistema de vacío	22
1.13 Fuerza de retención de la ventosa	23
1.14 Niveles de presión.....	25
1.15 Principio de funcionamiento de un generador de vacío	26
1.16 Estructura de un motor de inducción	27
2.1 Ventosa de aspiración	43
2.2 Prensa mecánica	44
2.3 Sistema Banda – Polea.....	46
2.4 Sistema Cadena – Rueda dentada	48
2.5 Transmisión cremallera – piñón	49
2.6 Transmisión tornillo y tuerca	51

2.7	Elementos fundamentales que conforman el prototipo	56
2.8	Gráfico de la estructura soporte de la máquina pulidora desarrollado en el Programa de análisis estructural SAP 2000 11	58
2.9	Prototipo de Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable según las alternativas de diseño seleccionadas	61
2.10	Sistema de vacío usado en el prototipo	62
3.1	Diagrama de cuerpo libre de la rueda abrasiva	74
3.2	Diagrama de cuerpo libre de la máquina pulidora	76
3.3	Dimensiones del motor seleccionado (pulg)	80
3.4	Diagrama de cuerpo libre del eje principal	88
3.5	Diagrama del eje principal	89
3.6	Diagramas de reacciones y momentos resultantes	90
3.7	Valores y sentido de reacción y momento resultantes	91
3.8	Cuadro con valores máximos de reacciones y momentos resultantes en las distancias críticas del eje	91
3.9	Gráfico del resultado de análisis del material seleccionado con su deformación máxima	92
3.10	Gráfico del diseño de la estructura soporte de la máquina pulidora	95
3.11	Gráfico con las restricciones y cargas distribuidas para cada miembro de la estructura	96
3.12	Diagrama de reacciones en el eje Y con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte	97
3.13	Diagrama de reacciones en el eje X con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte	98
3.14	Diagrama de reacciones axiales con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte	98

3.15 Diagrama de momento torsor con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte	99
3.16 Diagrama de momento en el eje Y con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte.....	99
3.17 Diagrama de momento en el eje Y con los valores establecidos en los miembros de la estructura soporte.....	100
3.18 Valores de reacciones en las restricciones y deformación de la estructura	100
3.19 Valores máximos de reacciones y momentos en diferentes miembros de la estructura	102
3.20 Gráfico del resultado de análisis del material seleccionado con su deformación máxima.....	103
3.21 Gráfico del perno que sujeta el motor con la base del mismo	104

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO I. Formato del protocolo de pruebas
- ANEXO II. Tabla de tipos de ventosas
- ANEXO III. Tabla de propiedades mecánicas del acero inoxidable
- ANEXO IV. Tabla de tipos de tornillos sinfin
- ANEXO V. Tabla de datos del motor
- ANEXO VI. Tabla de tipos de ruedas abrasivas
- ANEXO VII. Especificación y simbología ISO de acabado superficial
- ANEXO VIII. Guía de acabados en acero inoxidable
- ANEXO IX. Materiales usados
- ANEXO X. Seguridades para el manejo del prototipo
- ANEXO XI. Hojas de procesos
- ANEXO XII. Planos de taller y montaje

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFIA 1. Fabricación de la estructura soporte del prototipo	117
FOTOGRAFIA 2. Fabricación del eje principal y volantes del prototipo	117
FOTOGRAFIA 3. Montaje del sistema de impulsión de la rueda abrasiva del prototipo.....	119
FOTOGRAFIA 4. Prototipo terminado.....	119
FOTOGRAFIA 5. Inspección del prototipo	124
FOTOGRAFIA 6. Participantes en la presentación del prototipo.....	125

RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación, aborda el “Diseño y Construcción de una Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable”, solucionando así, el problema de acondicionar el acabado superficial posterior al mecanizado de diferentes formas y figuras elaboradas en planchas de acero inoxidable laminadas en frío o caliente con varios tipos de espesor.

El diseño y la construcción del prototipo se realizan, bajo normas y catálogos que garantizan la funcionalidad, seguridad y estética de la máquina, por lo tanto el proyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El capítulo uno, indica los fundamentos históricos, generales y específicos del tratamiento, manejo y utilización del acero inoxidable en la industria, además de los elementos empleados para los diferentes sistemas que posee el prototipo al encontrar el problema a resolver.

El capítulo dos, investiga y selecciona las alternativas adecuadas para implementar en el diseño y la construcción del prototipo de la Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable, con parámetros funcionales y de diseño que sirven de guía para realizar un documento de pruebas que genera una aceptación en el mercado local.

El capítulo tres, define y desarrolla toda la información del diseño, cálculo y selección de elementos normalizados y constitutivos del prototipo, que tiene como respaldo y

ayuda los anexos con las tablas y detalles de los diferentes elementos seleccionados, además cuenta con el respaldo de la herramienta informática (SAP 2000 11) indispensable para el cálculo y selección de los perfiles estructurales.

El capítulo cuatro, detalla el proceso de construcción y montaje del prototipo, basado en la utilización de máquinas y herramientas, y un sistema de fabricación y montaje que se comprueba al realizar pruebas de campo bajo el documento de protocolo de pruebas, que aseguran un correcto funcionamiento y una indicada construcción del prototipo según las hojas de procesos y planos de taller y montaje establecidos en los anexos.

El capítulo cinco, realiza un análisis, cálculo y comprensión detallada de los costos directos e indirectos necesarios que intervienen en el diseño, construcción, montaje y desarrollo del proyecto, y

En el capítulo seis, se proponen las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos en el desarrollo del Diseño y Construcción de la Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable, presentado como Proyecto de Titulación.

PRESENTACIÓN

En el Ecuador y específicamente en el mercado local, existe una determinada cantidad de Talleres Metalúrgicos que trabajan el acero inoxidable de diferentes maneras, según las máquinas y herramientas que posea cada uno de ellos.

El presente Proyecto de Titulación se enfoca en implementar a estos Talleres con una máquina específicamente diseñada para realizar un determinado acabado superficial en piezas planas de acero inoxidable.

En nuestro país y según un estudio realizado existen elementos y máquinas para dar acabados superficiales al acero inoxidable, las cuales no garantizan la seguridad necesaria de obtener un acabado final de acuerdo a las exigencias del medio.

Entonces de lo mencionado anteriormente nace la idea de diseñar y construir el prototipo de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable, que brinde entre otras cosas un acabado superficial estético necesario para la decoración de fachadas que se encuentran en auge en el medio de decoración de interiores, siendo estas piezas partes para la elaboración de pasamanos, cobertores de columnas, bases de lámparas, bridas, etc.

Para este fin, se recopila toda la información necesaria sobre los materiales usados en la construcción del prototipo existentes en el mercado local y nacional, como lo son: los aceros estructurales, sistemas de vacío, accesorios de pulido, ruedas abrasivas, cadenas y ruedas dentadas o piñones, chumaceras, etc.

Debido a que el modelo estructural no se encuentra establecido, se procede a realizar un análisis de los sistemas que intervienen en el prototipo mediante una selección de alternativas, hasta encontrar la mejor para cada sistema implementado en el prototipo.

De esta selección de alternativas se diseña y construye el prototipo, mediante cálculos, planos constructivos, planos de montaje y hojas de proceso, que corroboran una correcta funcionalidad en los elementos y sistemas mecánicos que tiene el prototipo.

Finalmente se procede a realizar las pruebas de campo del prototipo construido mediante un formato de protocolo de pruebas, que verifica el comportamiento y funcionamiento de los diferentes elementos mecánicos que conforman la Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS, Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza un estudio de la definición y clasificación del Acero Inoxidable y de la máquina a diseñar. Para tener un entendimiento claro de lo que se va a diseñar; se estudia además la Norma Europea EN 10088 Acabados del Acero Inoxidable, que sirve de guía para diseñar un prototipo de tal modo que asegure el acabado superficial del Acero Inoxidable.

1.2 DEFINICIÓN E HISTORIA

El Acero Inoxidable es un material relativamente moderno, cuyo uso no comenzó a desarrollarse sino hasta los años veinte. El principio de alear acero y cromo se remonta a 1821, pero es sólo a partir de 1904 cuando se descubre que la presencia de carbono inhibe la resistencia a la corrosión. Ese año, el francés Léon Guillet obtiene acero inoxidable bajo en carbono.

En 1912 aparece por primera vez el acero inoxidable austenítico, Eduard Maurer y la sociedad Krupp registraron una patente para la fabricación de acero inoxidable 18/8, es decir, que contiene un 18% de cromo y un 8% de níquel. En 1913, el inglés Harry Brearley desarrolla, por su parte, acero inoxidable martensítico para cubertería.

Paralelamente, se registraron numerosas patentes relativas a técnicas de acabado y tratamientos superficiales que tienden a normalizarse a mediados de los años 1930, el pulido electrolítico, por ejemplo, fue inventado en 1929 por el francés Jacquet.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la laminación en frío se hizo más precisa y se obtuvo mejor acabado gracias al proceso Sendzimir¹ desarrollado en 1947.

Las dos construcciones que verdaderamente lanzaron el acero inoxidable arquitectónico fueron el Edificio Chrysler en 1930 y el Empire State Building en 1931, ambos en Nueva York. En el caso del Empire State Building, los montantes verticales de las fachadas son de acero inoxidable.

El acero inoxidable continúa su progresión en los años ochenta, reflejándose en el expresionismo de los materiales utilizados en la arquitectura High-Tech, actualmente, su uso es frecuente en la construcción de lucernarios, fachadas, ascensores y escaleras mecánicas y se extiende, de forma creciente, a la carpintería metálica.

Recientemente, han aparecido nuevas aplicaciones del acero inoxidable en sectores hasta ahora reservados a otros aceros o materiales: estructuras de edificios residenciales, piscinas e incluso revestimientos de edificios industriales.

Estos usos lo convierten en un material verdaderamente accesible y no solamente asociado a una imagen de lujo, encontrando su lugar en la construcción.

1.2.1 ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidables son aceros que contienen como mínimo un 10,5% de cromo, menos del 1,2% de carbono y otros componentes de aleación.

¹ La galvanización Sendzimir es un procedimiento industrial de protección de los aceros a base de zinc extremadamente avanzada y eficaz que es utilizada en numerosos ámbitos industriales notablemente en las construcciones metálicas.

Su resistencia a la corrosión, propiedad intrínseca, conseguida gracias a la reacción del cromo con el oxígeno, crea sobre la superficie una capa autoprotectora pasiva muy fina. Esta capa protectora se regenera espontáneamente si resulta dañada.

La resistencia del acero inoxidable a la corrosión y sus propiedades físicas pueden mejorarse con la adición de otros componentes como níquel, molibdeno, titanio, niobio, manganeso, nitrógeno, cobre, silicio, aluminio y vanadio.

El acero inoxidable se puede dividir en los siguientes grupos:

1.2.1.1 Acero inoxidable ferrítico

A este grupo se le denomina con frecuencia hierro inoxidable, debido a su bajo contenido de carbono. Las aleaciones poseen gran ductilidad, capacidad para ser trabajadas en frío o en caliente, así como excelente resistencia a la corrosión y suelen tener un costo relativamente bajo. Aunque estas aleaciones de bajo carbono y cromo no pueden endurecerse con tratamiento térmico, si pueden endurecerse hasta un grado considerable al trabajarlas en frío, tiene una buena resistencia y maquinabilidad. Para resistir condiciones de oxidación a altas temperaturas, se aumenta el contenido de como Cr hasta entre 25 y 30%.

Se emplean mucho en equipo de cocina, maquinaria para instalaciones lecheras, decoraciones para interiores, ornamentos para automóviles y equipo químico (resistencia de corrosión por ácido nítrico).

1.2.1.2 Acero inoxidable martensítico

Las aleaciones templables pueden someterse a tratamiento térmico hasta llevarlos a una alta dureza y, debido a su alta resistencia a la oxidación, se emplean mucho en cuchillería, hojas de afeitar, instrumentos quirúrgicos y dentales, resortes para funcionamiento a altas temperaturas, válvulas de bola y sus asientos, y aplicaciones similares. En el temple de estas aleaciones es preferible el enfriamiento por inmersión en aceite, y en el revenido a 425°C no disminuye la dureza, mostrando de esta manera una resistencia notable a los ácidos. Tiene una maquinabilidad relativamente buena.

1.2.1.3 Acero inoxidable austenítico

La adición de cantidades considerables de níquel Ni a las aleaciones con alto contenido de cromo estabiliza la austenita a tal grado que las aleaciones son austeníticas a la temperatura ambiente. La composición más común es 18 Cr y 8 Ni y se han producido muchas modificaciones para aplicaciones especiales, no pueden templarse excepto mediante trabajo en frío, tienen alta resistencia a muchos ácidos, poseen alta tenacidad a temperaturas tan bajas como la del helio líquido (- 269°C) y son útiles para piezas sometidas a esfuerzos severos a temperaturas elevadas.

La resistencia normal a la corrosión puede restaurarse al calentar el acero a más de 925°C y enfriarlo con rapidez, encontrando excelentes aplicaciones cuando hay que soldar y resulta impráctico el recocido posterior. Se caracteriza por su alto coeficiente de alargamiento con una maquinabilidad media – baja. Además existen muchos grados no estándar de aceros inoxidables, que han sido creados para aplicaciones específicas, un grupo peculiar de acero inoxidable es el austenítico – ferrítico, llamado acero inoxidable dúplex, con una baja maquinabilidad.

Las composiciones y propiedades mecánicas de los grupos de aleaciones se encuentran detalladas en el Anexo III.

1.2.2 LAS CALIDADES

Existen más de cien calidades de acero inoxidable, clasificadas en siete “familias” principales que corresponden a estructuras metalúrgicas precisas (Norma Europea EN 10088)²:

- Martensíticas: 0,1% de carbono, 10,5 al 17% de cromo. Estos aceros inoxidables se utilizan principalmente para herramental, herramientas de corte y muelles.
- Ferríticas: 0,02 al 0,06% de carbono, 10,5 al 29% de cromo, 0 al 4% de molibdeno. Estas calidades son utilizadas normalmente en interiores y ahora empiezan a desarrollarse para productos de cerramiento y estructurales.
- Ferríticos estabilizados: con estabilizadores como titanio, niobio o zirconio.
- Austeníticos: 0,015 al 0,10% de carbono, 16 al 18% de cromo, 8 al 13% de níquel, 0 al 4 % de molibdeno. La presencia del níquel mejora la resistencia a la corrosión y hace al acero inoxidable más dúctil. La presencia del molibdeno refuerza aun más la resistencia a la corrosión en medios ácidos. Los aceros inoxidables austeníticos representan un 70% de la producción mundial.
- Austeníticos estabilizados: con estabilizadores como titanio, niobio o circonio.
- Austeníticos bajos en níquel, o “serie 200”: son aceros al cromo manganeso, con un bajo contenido de níquel (siempre inferior al 5%).
- Austeníticos refractarios: 0,2% como máximo de carbono, 20 al 25% de cromo, 10 al 20% de níquel.

² ArcelorMittal; El Acero Inoxidable en la Construcción; Segunda Edición; Inglaterra

- Austenoferríticos (o “dúplex”) con, por ejemplo: 0,02% de carbono, 3% de molibdeno, 5,5% de níquel y 22% de cromo. Poseen una estructura bifásica de austenita más ferrita. Presentan unas excelentes calidades para un precio de coste controlado, gracias a su baja cantidad de níquel (material altamente especulativo).

Cada una de estas familias tiene unas características mecánicas específicas: grado de dureza, límite de elasticidad, resistencia a la rotura, capacidad de alargamiento, etc.

1.2.3 LAS DENOMINACIONES

En Europa, las calidades de aceros inoxidable se designan con una serie de cifras del tipo 1.4000 (norma EN 10088), mientras que en Estados Unidos se utilizan tres cifras (norma AISI). Además, la letra L en la denominación americana indica un contenido muy bajo de carbono que garantiza una mejor resistencia a la corrosión, como por ejemplo la calidad 316 L (o 1.4404).

La Norma Europea también indica la composición de forma más detallada: por ejemplo, X5CrNi18-10 para 1.4301. Las principales calidades utilizadas en el sector de la construcción son aceros inoxidable austeníticos, ferríticos y dúplex. Las calidades martensíticas son utilizadas algunas veces para aplicaciones como alambres o barras.

En la tabla 1.1 se presentan las denominaciones de los diferentes tipos de aceros inoxidable según las normas Europea y Americana.

	EN	AISI
	1.4618*	17-4Mn
	1.4372	201
Aceros inoxidables austeníticos	1.4301	304
Austenitic stainless steels	1.4307	304L
	1.4401	316
	1.4404	316L
	1.4571	316Ti
	1.4003	410S
	1.4016	430
Aceros inoxidables ferríticos	1.4510	430Ti
Ferritic stainless steels	1.4526	436
	1.4520	439
	1.4509	441
	1.4521	444
Aceros inoxidables dúplex	1.4362	2304
Duplex stainless steels	1.4462	2205
Aceros inoxidables martensíticos (alambre y barras)	1.4034	420
Martensitic stainless steels (wires and bars)	1.4057	431
	1.4542	630

* En fase de introducción / Currently implemented

Tabla 1.1 Denominación del Acero Inoxidable según las normas Europea y Americana.

Fuente: http://www.stainlessinconstructionV2_GBES/2.36Mo

1.2.4 LAS PROPIEDADES

Existen muchas calidades de acero inoxidable, algunas capaces de resistir la corrosión en entornos agresivos, temperaturas extremas, absorción de impactos, etc., es la presencia de determinados elementos de aleación, en proporciones bien definidas, la que hace que una calidad sea apta para responder a un tipo de agresión determinado.

La elección de la calidad frente al entorno en el que se encuentra el elemento a proteger (medio industrial, marítimo, industria química, acero inoxidable para la industria alimentaria, etc.) su resistencia mecánica de 550 a 1.400 MPa, su límite de elasticidad de 220 a 1.100 MPa y, sobre todo, su favorable relación coeficiente de elasticidad / densidad, le permite conciliar rigidez y ligereza, mejor resistencia a las altas temperaturas que los aceros al carbono, lo que lo convierte en un excelente material para estructuras como pasarelas y construcciones en zonas sísmicas.

Otras cualidades: su neutralidad con respecto a su entorno, resistencia ignífuga, propiedades mecánicas altas, resistencia y ductilidad a muy bajas temperaturas, posibilidades de aplicación (estampación, plegado, hidroconformación, soldadura, soldeo con aleaciones, etc.), durabilidad, reciclabilidad, aspecto homogéneo, ligeramente brillante y plateado.

El acero inoxidable también se puede pulir y colorear de muchas maneras (lisos, brillos, satinados, pulidos, estampados, grabados, etc.), presentando una gran variedad de acabados superficiales.

1.2.5 LOS USOS

El acero inoxidable se utiliza en la construcción como chapa en estructuras, cubiertas, fachadas, revestimientos, luminarias, cubrición de suelos, carpintería metálica, conductos de humos, etc.

Se utiliza en forma de tubos para estructuras, canalizaciones, calefacción, climatización y barandillas; en forma de barras para carpintería metálica, tirantes de cercha y alambre para riostras, armaduras para hormigón armado y, en forma de alambre, para cables y malla tejida. Por último, participa en la fabricación de

elementos de fijación, tornillería y bulonería³, grapas o anclajes para paneles acristalados.

Los productos tejidos y la malla, desarrollados por diferentes fabricantes a partir de alambre de acero inoxidable, han dado lugar también a numerosas innovaciones técnicas que convierten el acero inoxidable en un material representativo de la arquitectura contemporánea.

1.2.6 LA APLICACIÓN

El acero inoxidable es fácil de trabajar utilizando los procedimientos tradicionales como el pulido, perfilado, plegado, cizallado, taladrado, estampado, mecanizado y la soldadura. Las herramientas utilizadas en las diferentes operaciones deben reservarse para trabajar con el acero inoxidable, a fin de evitar, especialmente, la contaminación ferrosa que podría formar puntos de ataque por la herrumbre.

Como cualquier acero, el acero inoxidable es un material especialmente indicado para la realización de estructuras. Además de sus excelentes propiedades mecánicas y su ductilidad, su excelente resistencia a la corrosión ofrece una protección natural a las estructuras expuestas a los elementos.

La calidad visual del acero inoxidable permite también unos interesantes efectos arquitectónicos cuando las estructuras son visibles.

³ Bulonería: Fabricación de tornillos de tamaño relativamente grande, que poseen rosca al final de los mismos.

1.3 MECANIZADO DEL ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidable se endurecen durante la deformación en el proceso de corte, el endurecimiento del acero inoxidable, decrece rápidamente con el incremento de la distancia mecanizada respecto a la superficie. Los valores de dureza del mecanizado de la superficie pueden incrementarse un 100% del valor de la dureza inicial si usamos una herramienta incorrecta.

Los aceros inoxidable no son buenos conductores de calor. Esto lleva a la generación de una alta temperatura en el filo de corte o pulido de la herramienta, además de una tendencia a manchar la superficie de la herramienta que está en contacto en el mecanizado.

Debido a la alta resistencia del acero inoxidable existen problemas para romper la viruta y evacuarla eficientemente. Las altas velocidades de avance transfieren más calor alejándolo de las áreas de mecanizado. Esto es una consideración muy importante para obtener una operación de mecanizado (pulido) sin problemas.

1.4 TIPOS Y NECESIDADES DE ACABADOS SUPERFICIALES

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Una superficie perfecta es una abstracción matemática, ya que cualquier superficie real por perfecta que parezca, presentará irregularidades que se originan durante el proceso de fabricación. Las irregularidades mayores son errores de forma asociados con la variación de tamaño de una pieza, paralelismo entre superficie y planitud de

una superficie o conicidad, redondez y cilindricidad, que pueden medirse con instrumentos convencionales.

Las irregularidades menores son la ondulación y la rugosidad. Las primeras pueden ocasionar la flexión de la pieza durante el maquinado, falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformaciones por tratamiento térmico, vibraciones, etc.; la segunda la provoca el elemento utilizado para producir el maquinado, por ejemplo la herramienta de corte o la rueda abrasiva de rectificado.

1.4.2 DEFINICIÓN

Acabado superficial abarca un rango amplio de procesos de acabado que alteran la superficie de un elemento de fabricación para lograr una propiedad determinada, en el caso del pulido se emplea para mejorar la apariencia.

Los procesos de acabado de superficie pueden clasificarse por cómo afectan a la pieza:

- Quitar o remodelar el acabado
- Añadir o modificar el acabado

1.4.3 TIPOS GENERALES DE ACABADOS

El acabado superficial es el estado final de la superficie de una pieza, que depende del trabajo a que esté destinada así como de la apariencia que se desee dar a su terminación.

Fundamentalmente se establecen tres tipos de acabados:

1. Superficies en bruto.

2. Superficies mecanizadas
3. Superficies tratadas

1.4.3.1 Superficies en bruto.

Superficie en bruto es aquella que se conserva tal como queda después del proceso de fabricación: laminación, forja, corte, etc.

1.4.3.2 Superficies mecanizadas.

Superficie mecanizada es aquella que se consigue mediante un mecanizado:

- con separación de virutas: torneado, fresado, amolado, limado, o
- mecanizado especial: esmerilado, rasquetado, pulido.

1.4.3.3 Superficies tratadas.

Superficie tratada es aquella superficie mecanizada que además precisa una apariencia externa o propiedades particulares: niquelado, pintado, decapado, templado. Independientemente de las propiedades externas que presentan las superficies, también se distinguen en ellas su uniformidad y alisado.

1.4.4 ESTADO DE LAS SUPERFICIES

Al fabricar una pieza utilizando diferentes maquinas y útiles, por muy sofisticadas que estas sean no se puede conseguir la perfección teórica. Como consecuencia de ello se producen imperfecciones en las diferentes superficies de la pieza, las que se pueden clasificar en dos tipos:

1.4.4.1 Rugosidad

Son las irregularidades más pequeñas, hay desviaciones micro geométricas a lo largo de toda la pieza, por la que la gráfica de rugosidad plasmara picos y valles donde la superficie sea irregular. Su origen son las huellas que dejan las herramientas empleadas para mecanizar o trabajar su superficie, como se aprecia en la figura 1.1.

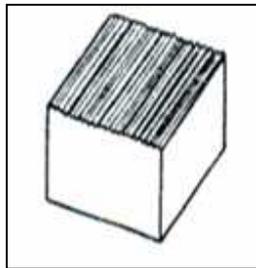


Figura 1.1 Imperfección superficial denominada rugosidad.

Fuente: Propia

1.4.4.2 Ondulación

Son irregularidades más grandes, el espacio entre valles y picos es mucho mayor del que se presenta en una superficie rugosa, presentando defectos, hoyos o deformaciones en la superficie, producidas por efecto de las holguras y desajustes que existen en las máquinas y herramientas que se emplean para trabajar la superficie, la ondulación se muestra en la figura 1.2.

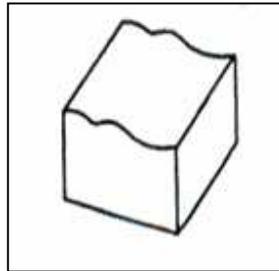


Figura 1.2 Imperfección superficial denominada ondulación.

Fuente: Propia

Se debe tener en cuenta que este tipo de imperfecciones o irregularidades son compatibles y generalmente se presentan simultáneamente, como se ilustra en la figura 1.3.

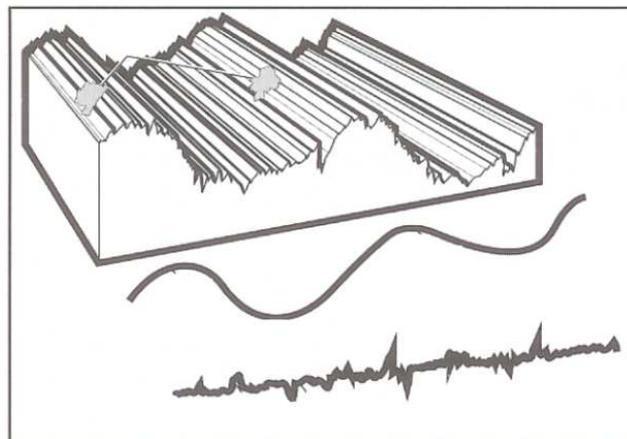


Figura 1.3 Imperfección superficial simultánea.

Fuente: Máquinas prontuario, N. Larburu Arrizabalaga, pág. 279

1.4.5 REPRESENTACION ESPECIFICACIONES Y SIMBOLOGÍA DE LAS IRREGULARIDADES

A las imperfecciones superficiales mencionadas anteriormente se denominan en general como Rugosidad (R), la cual se puede medir con ayuda de sofisticados aparatos electrónicos provistos de palpadores, que indican en micrómetros (μm) los valores de rugosidad, los índices o símbolos empleados para medir la rugosidad se indican en la figura 1.4.

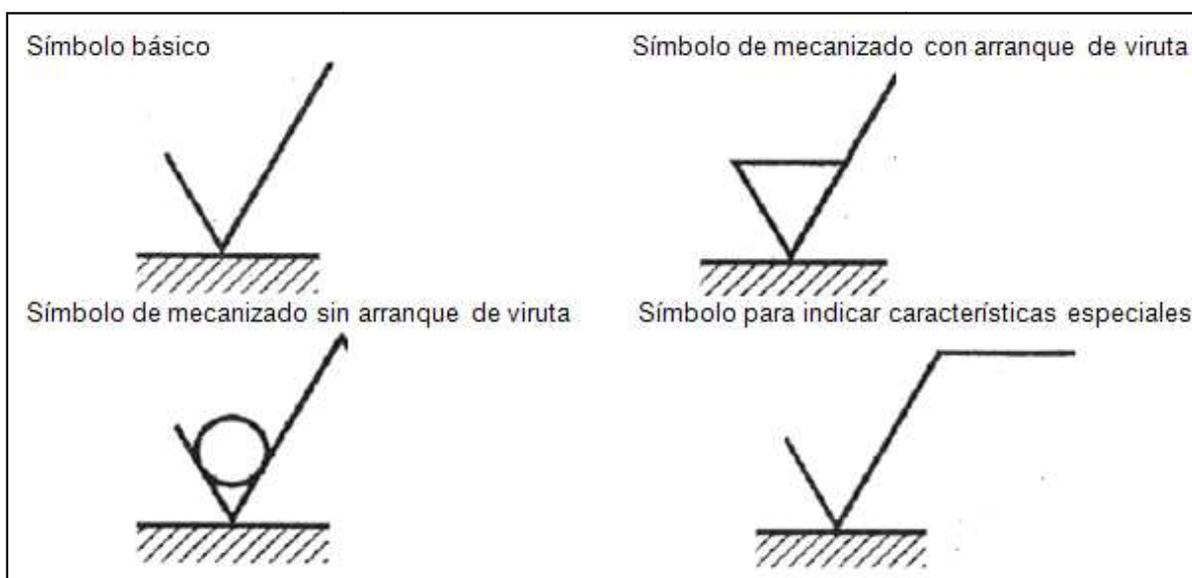


Figura 1.4 Símbolos de Rugosidad utilizados en planos.

Fuente: Máquinas prontuario, N. Larburu Arrizabalaga, pág. 281

Las especificaciones y simbología ISO para acabados superficiales se encuentran detalladas en el Anexo VII.

1.5 GUÍA DE ACABADOS DE ACERO INOXIDABLE

En la Norma Europea EN 10088 Parte 2 que se presenta en el Anexo VIII, se detallan los acabados de laminación y los acabados superficiales, de los aceros inoxidables laminados en caliente y en frío.

Los acabados superficiales se designan con un número, 1 para los laminados en caliente, 2 para los laminados en frío, y se clasifican con una combinación de números y letras, por ejemplo 2B. Este sistema proporciona la información básica sobre su proceso de fabricación y su descripción, aunque no su aplicación práctica⁴.

Los acabados superficiales más importantes para determinar un correcto funcionamiento del prototipo en el proceso de acabado final mediante el pulido, se detallan a continuación:

1.5.1 ACABADOS MECÁNICOS ESMERILADOS Y ABRILLANTADOS

Los acabados aplicados tendrán una relación directa con la apariencia superficial y la transformación medioambiental del material, por lo que hay que tener cuidado al elegirlos. Los acabados abrillantados y pulidos mecánicamente implican el uso de unos materiales abrasivos que cortan realmente la superficie del metal en determinado grado.

Existe una gran cantidad de acabados unidireccionales, dependiendo de la superficie original del acero inoxidable, del tipo y la textura de las cintas y cepillos, y de la

⁴ Eurinox; Guía de Acabados de Acero Inoxidable; Segunda Edición; Luxemburgo; 2002

naturaleza del proceso de pulido utilizado, los acabados obtenidos mecánicamente pueden incluir cintas de pulido húmedas (esmeril graso) o secas (esmeril con trapos o cepillos de fibra), que proporcionan mucho lustre, poca rugosidad y un acabado sedoso.

Para conseguir una superficie de calidad consistente, conviene acordar con el contratista una especificación del pulido que pueda incluir la rugosidad Ra y los criterios de inspección. Se deberían realizar muestras de referencia para acordar la norma y ayudar a todas las partes.

Los acabados húmedos son más lisos y pueden ser más consistentes que los secos. Sin embargo, el coste es algo más elevado y puede haber un requerimiento mínimo para el suministro.

1.5.1.1 Acabado 2G

Superficie uni-direccional uniforme, poco reflectante. El acabado es apropiado para aplicaciones de interior, se puede observar de mejor manera en la figura 1.5.



Figura 1.5: Acabado superficial 2G

Fuente: Guía de acabados de acero inoxidable Eurinox.

1.5.1.2 Acabado 2J

Esta superficie se consigue con cintas o cepillos de pulido. Es uni-direccional, no reflectante y apto para aplicaciones arquitectónicas internas, detallándose más a fondo en la figura 1.6.

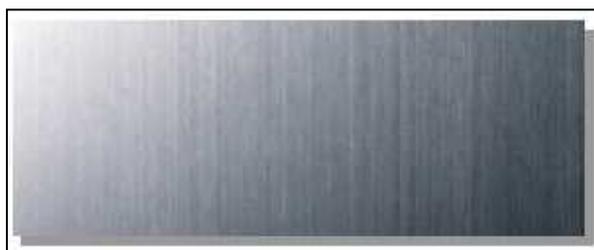


Figura 1.6: Acabado superficial 2J

Fuente: Guía de acabados de acero inoxidable Eurinox.

1.5.1.3 Acabado 2K

La superficie lisa reflectante de este tipo lo hace adecuado a la mayoría de aplicaciones arquitectónicas, sobre todo en el exterior donde las condiciones atmosféricas son críticas. El acabado se obtiene usando cintas o cepillos de esmeril más fino que proporcionan un acabado limpio, como se aprecia en la figura 1.7:



Figura 1.7: Acabado superficial 2K

Fuente: Guía de acabados de acero inoxidable Eurinox.

1.5.1.4 Acabado 2P

Acabado espejo ultra liso de gran reflexión conseguido mediante un pulido y abrillantado con algodón y aditivos especiales de pulido. Esta superficie refleja una imagen perfectamente clara, como se ve en la figura 1.8:

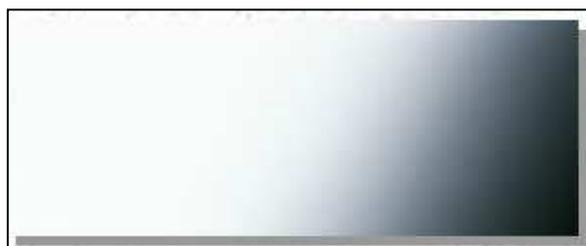


Figura 1.8: Acabado superficial 2P

Fuente: Guía de acabados de acero inoxidable Eurinox.

1.5.2 ACABADOS DECORATIVOS ESPECIALES

Las técnicas y procesos actuales proporcionan los medios para crear diseños gráficos apasionantes y creativos. Los procesos incluyen: pulido, ataque con ácido, chorreo con granalla, coloreado, grabado, amolado, y se pueden conseguir infinidad de superficies con dibujos y efectos diferentes (figura 1.9).



Figura 1.9: Acabados superficiales decorativos especiales

Fuente: Guía de acabados de acero inoxidable Eurinox.

1.6 DENOMINACIONES DE ACABADO MECÁNICO

Las denominaciones de acabado mecánico se asignan según el uso de los diferentes tipos de lijas con su tamaño de grano respectivo, entre los más importantes en el medio están:

1.6.1 ACABADO N° 3

También conocido como rectificado o desbaste áspero. Estos acabados son gruesos en la naturaleza. Un ejemplo podría ser el rectificado o eliminado del exceso de soldadura en el acero inoxidable, mediante una lija de tamaño de grano uniforme entre 60–80.

1.6.2 ACABADO ARQUITECTÓNICO N° 4

Este tipo de acabado se presenta por realizar un cepillado o pulido de manera unidireccional uniforme, presentando líneas finas y continuas. Es producido por pulir el acero inoxidable con ruedas de lija abrasiva, con tamaños de grano comprendidos entre 120 – 180.

1.6.3 ACABADO SANITARIO N° 5

Este tipo de acabado para acero inoxidable es comúnmente utilizado para la industria médica y alimenticia, teniendo un acabado más fino que el arquitectónico, ya que se debe evitar defectos superficiales como fosos, porque pueden permitir la proliferación de bacterias. Para este tipo de acabado se sugiere la utilización de lijas abrasivas con tamaño de grano comprendido entre 180 - 240

1.6.4 ACABADO N° 6

También conocido como bien satinado. Este tipo de acabado es muy fino, producido por lijas con tamaño de grano comprendido entre 220 – 280, obteniendo así líneas de pulido más suaves y menos reflectoras que en el caso del acabado arquitectónico.

1.6.5 ACABADO N° 7

Un acabado N° 7 es producido por pulido con una lija de tamaño de grano 280–320 ya sea rueda abrasiva o cinturón de lija y sisal buffing. Se trata de un acabado semi-bright que todavía tendrá algunas líneas de pulido, pero deben ser muy aburridas, siendo una buena opción para realizar un pulido con costos bajos para un acabado brillante pero no impecable.

1.6.6 ACABADO N° 8

También conocido como un acabado terminado espejo. Este acabado es producido por un pulido con al menos una lija con su tamaño de grano no menor a 320. Se debe tener cuidado para asegurar que se eliminen todos los defectos superficiales; además de la lija se debe utilizar un sisal o rueda de tela para abrillantar la superficie y obtener así el acabado tipo espejo, dependiendo directamente de la calidad del acero inoxidable a pulir, ya que no siempre se llega a obtener los mismos resultados.

1.7 SISTEMA DE VACÍO

Un sistema de vacío está formado por el generador de vacío, más la ventosa de aspiración y de válvulas las cuales van a permitir realizar el control de flujo (ver figura 1.10).

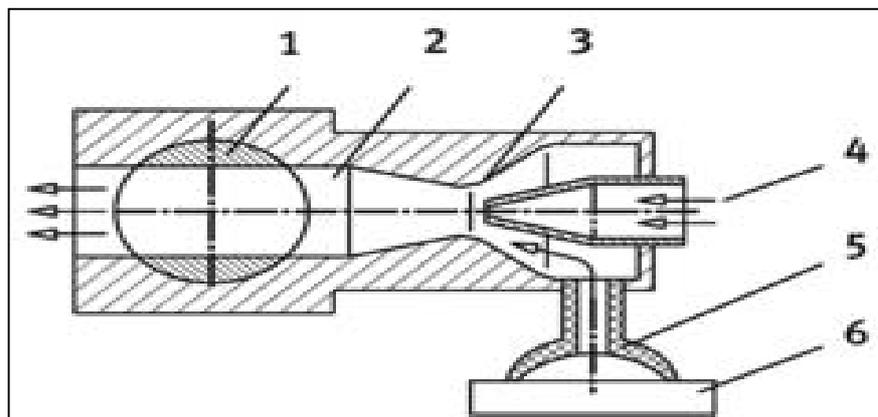


Figura 1.10: Sistema de vacío.

Fuente: Propia

1. Válvula de cierre
2. Tobera receptora
3. Tobera eyectora
4. Alimentación de aire comprimido
5. Ventosa de aspiración
6. Pieza

Además la presión o cantidad de vacío que se genera puede ser regulada colocando una válvula estranguladora o reguladora en el ingreso del aire hacia el generador (ver figura 1.11).

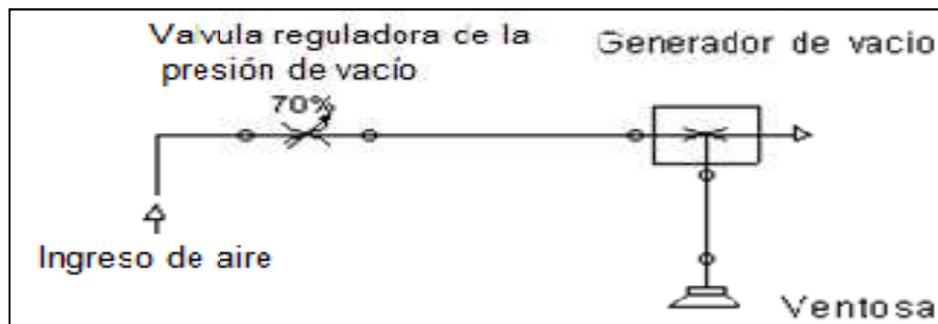


Figura 1.11: Sistema de vacío con regulación

Fuente: Propia

El símbolo usado en neumática para un sistema de vacío se representa de la siguiente manera como se muestra en la figura 1.12.

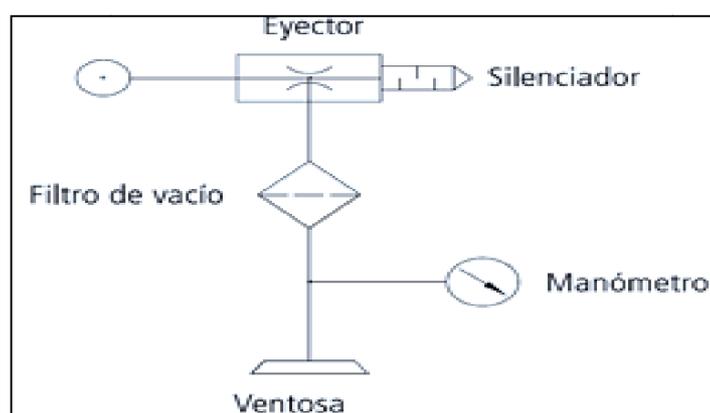


Figura 1.12: Simbología del sistema de vacío

Fuente: Propia

Para el cálculo de un sistema de vacío, es importante conocer primero la masa en Kg. de la pieza que va a ser transportada. Luego se calcula la fuerza de retención, a partir de la masa.

Adicionalmente, las ventosas deben poder soportar también las fuerzas de aceleración, además de la aceleración de la gravedad, existe otra aceleración

cuando la ventosa se coloca horizontalmente sobre la pieza que va a ser desplazada lateralmente. Estas fuerzas se detallan en la figura 1.13:

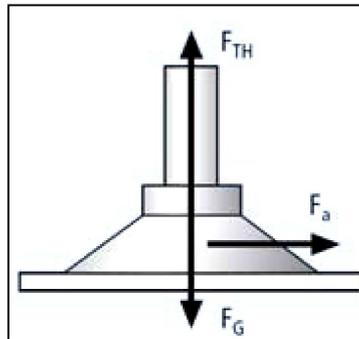


Figura 1.13: Fuerza de retención de la ventosa

Fuente: Propia

En este caso la fuerza de retención de la ventosa se calcula de la siguiente forma:

$$F_{TH} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S$$

Donde:

F_{TH} = Fuerza de retención teórica [N]

F_a = Fuerza de aceleración = $m * a$

m = Masa [kg]

g = Aceleración terrestre [9,81 m/s²]

a = Aceleración [m/s²] de la instalación.

μ = Coeficiente de fricción

S = Seguridad (valor mínimo 1,5 veces de seguridad, en el caso de piezas críticas, heterogéneas o porosas, o bien en el caso de superficies rugosas, 2,0 ó mayor).

El siguiente paso es el cálculo de la fuerza de aspiración para lo cual se usa la siguiente ecuación en capítulos posteriores:

$$F_s = \frac{F_{TH}}{n}$$

Donde:

F_s = Fuerza de aspiración

n = Numero de ventosas.

Dependiendo de las exigencias, hay diferentes materiales para ventosas especialmente aptos para superficies lisas o rugosas, piezas aceitosas o especialmente sensibles, ventosas antiestáticas para componentes electrónicos, ventosas que dejan pocas huellas para materiales delicados de plástico, etc.

Dependiendo de las características de la superficie, se recomiendan diseños específicos de ventosa, principalmente, se dispone de ventosas planas o de fuelle, con los más variados labios o bordes selladores, así como distintos diseños y geometrías, esto es mejor demostrado en el Anexo II.

1.7.1 GENERACIÓN DE VACÍO

Se entiende por vacío el margen de presión que se encuentra por debajo de la presión atmosférica. Dependiendo del campo de aplicación, existen distintos niveles de vacío.

Para la manipulación por vacío, es suficiente un vacío relativamente bajo, llamado bajo vacío. El margen de presión del bajo vacío va desde 1 mbar hasta la presión atmosférica (1013 mbar) como se indica en la figura 1.14.

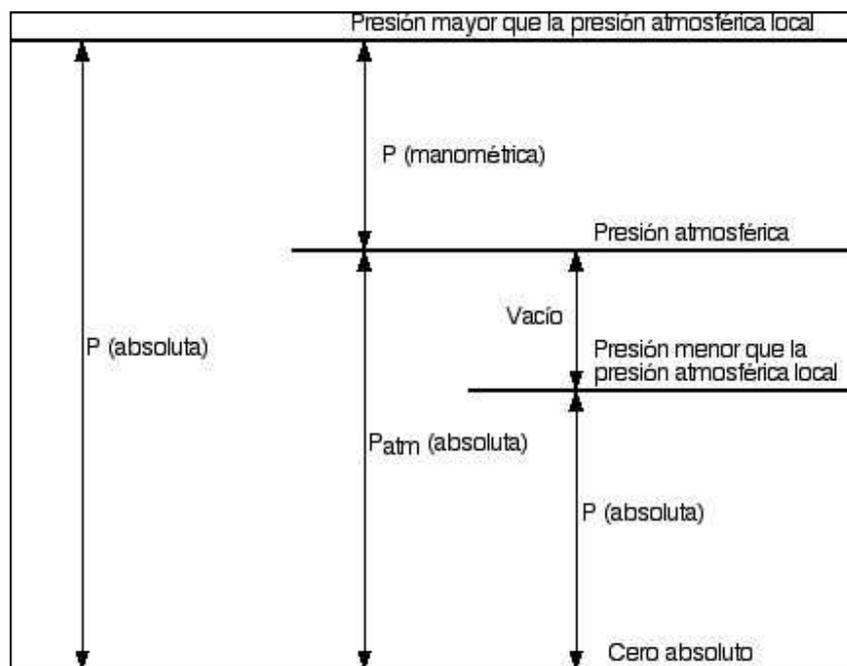


Figura 1.14: Niveles de presión

Fuente: <http://www.me.uprm.edu/fpla/intro.html>

Las unidades de medida para la presión en la técnica de vacío son el Pascal [Pa], el Kilo pascal [kPa], el Bar [bar] y el Milibar [mbar].

Para lograr la presión de vacío se utiliza dos métodos; una bomba de vacío o un generador de vacío llamado también tobera de aspiración.

Las toberas de aspiración, generan vacío según el principio Venturi⁵. El aire comprimido entra a través de la conexión (A) en el generador y fluye por la tobera Venturi (B). El aire se ve acelerado y comprimido. Detrás de la tobera se alivia el aire acelerado y se produce una depresión (vacío). El aire se aspira a través de la conexión de vacío (D). El aire aspirado y el aire comprimido salen juntos a través del silenciador (C). (Ver figura 1.15)

⁵ Efecto Venturi: Fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado, que disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

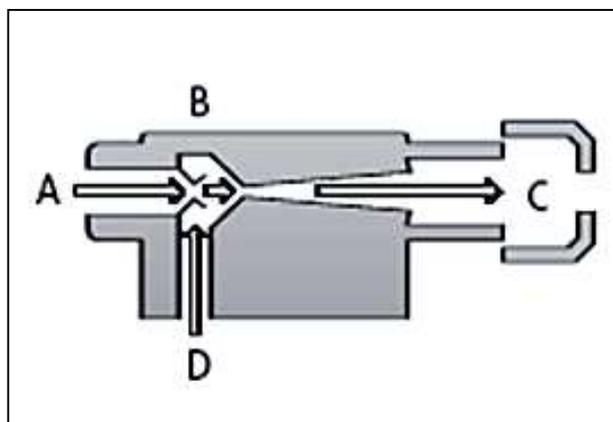


Figura 1.15: Principio de funcionamiento de un generador de vacío

Fuente: <http://es.schmalz.com/produkte/vakuumkomponenten/allgemeineinfos/00409/>

1.8 MOTORES ELÉCTRICOS AC

Las máquinas de inducción están formadas por una parte estacionaria, la cual se conoce como estator y una parte rotatoria llamada Rotor. El estator está hecho de láminas de acero circulares con ranuras a lo largo de su periferia interior. Los lados de las bobinas se localizan en estas ranuras.

De acuerdo a la forma del rotor, puede ser del tipo jaula de ardilla o rotor bobinado como se indica en la figura 1.16.

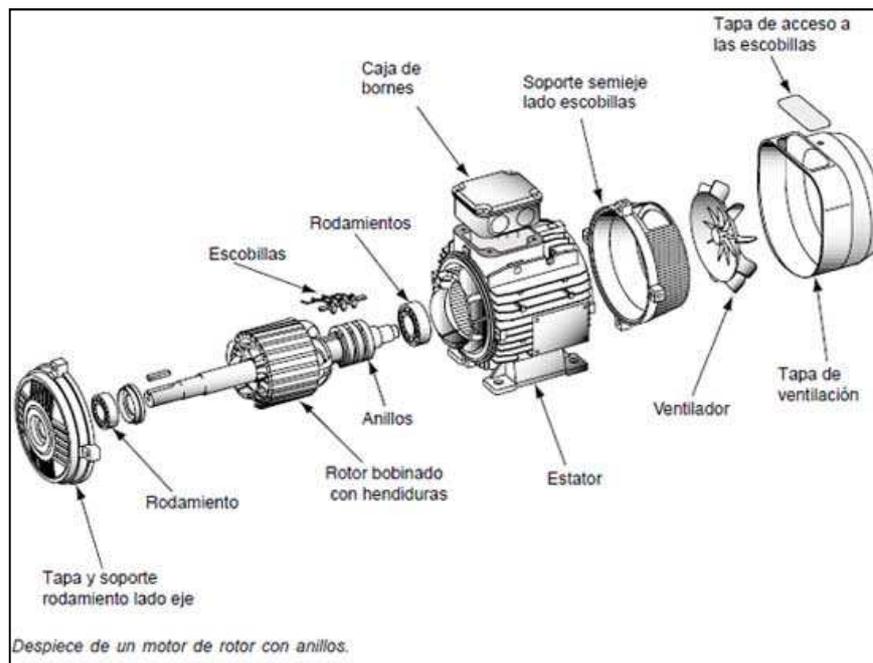


Figura 1.16: Estructura de un motor de inducción

Fuente: <http://www.ikkaro.com/book/export/html/85>

El campo magnético giratorio en el estator, induce una f.e.m. en el rotor, lo que provoca la circulación de corrientes en el rotor, de esta manera se producen fuerzas electromagnéticas entre las corrientes del rotor y el campo magnético del estator; el par producido logra que el rotor gire a una velocidad menor que la sincrónica.

La potencia de un motor eléctrico AC está definida por la ecuación

$$P = T_D \times \omega$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$V = 2\pi \times R \times f$$

Donde:

P: Potencia del motor

T_D : Torque transmitido a la rueda abrasiva.

ω : Velocidad angular de la rueda abrasiva.

V: Velocidad lineal

R: Radio de la rueda abrasiva

f : Frecuencia

El tipo de motor a usarse para este proyecto y especificaciones técnicas del mismo se detallan en el Anexo V.

1.9 PROCESOS CON ABRASIVOS

1.9.1 RUEDAS RECTIFICADORAS

En las características de las ruedas rectificadoras influyen:

- Tipo de abrasivo
- Tamaño del grano
- Grado
- Estructura
- Tipo de aglutinante

Estos aspectos son detallados a continuación:

1.9.1.1 Selección del abrasivo

Aunque existen diversos abrasivos naturales, como esmeril, corindón⁶, cuarzo, granate y diamante, los más comunes en las ruedas rectificadoras son el óxido de aluminio, que es el más utilizado, y el carburo de silicio.

El óxido de aluminio es más blando que el carburo de silicio y debido a su fragilidad y su bajo desgaste por frotamiento, es adecuado para la mayor parte de las aplicaciones.

1.9.1.2 Tamaño de grano

La selección del tamaño de grano depende de la razón deseada de arranque de material y del acabado superficial.

Los gruesos (50 – 120) se emplean para arranque rápido de material; los granos finos (180 – 320) para razones pequeñas de arranque de material y para acabado fino.

1.9.1.3 Grado

El grado de una rueda rectificadora es una medida de la resistencia mecánica de su aglutinante. La fuerza que actúa en el grano al rectificar depende de las variables del proceso (velocidades, profundidad del corte, etc.) y la resistencia mecánica del material de la pieza de trabajo.

⁶ CORINDÓN: El corindón (Al_2O_3) es un mineral formado por óxido de aluminio, además, es un agente abrasivo de gran efectividad, cuando se usa en los sistemas de SandBlast, para preparación superficial del acero.

Por tanto, una fuerza mayor sobre el grano, aumentará la posibilidad de desprenderlo; si la aglutinación es demasiado fuerte, el grano tenderá a desafilarse y si es demasiado débil, el desgaste de la rueda será demasiado grande.

1.9.1.4 Estructura

La estructura de una rueda es importante en dos aspectos:

- Suministra un espacio libre para la viruta y,
- Determina el número de puntos de corte en la rueda.

Además de en términos de sus características, las ruedas rectificadoras se surten en muy diversas formas y dimensiones. Se clasifican en tipos, por ejemplo ruedas rectas tipo 1, ruedas de lados cónicos tipo 4, ruedas en forma de plato tipo 12, etcétera.

1.9.1.5 Tipo de aglutinante

En las ruedas rectificadoras se emplean diversos tipos de aglutinante y pueden ser orgánicos e inorgánicos. Los aglutinantes orgánicos son materiales como resina, caucho, goma laca y otros agentes ligantes similares. Los materiales inorgánicos son vidrio, arcilla, porcelana, silicato de sodio, oxiclورو de magnesio y metal. El tipo más común de aglutinante es el vitrificado que se compone de arcilla, vidrio, porcelana, o materiales cerámicos relacionados.

1.9.2 RELACIÓN DE RECTIFICACIÓN

La relación de rectificación se define como la relación del volumen del material arrancado y el volumen de desgaste de la rueda y depende de parámetros como el tipo de rueda, velocidad de la pieza de trabajo, velocidad de la rueda, avance transversal, avance descendente y fluido para rectificar utilizado.

En la práctica, se han observado valores desde 2 hasta más de 200. Una elevada relación de rectificación no siempre da como resultado una mejor integridad superficial de la pieza.

1.9.3 VELOCIDADES DE LAS RUEDAS

Según sea el tipo de la rueda y el tipo y resistencia del aglutinante, las velocidades de las ruedas para aplicaciones estándar son entre 4500 y 16000 pie de superficie por minuto (1400 y 4800 m/min).

La mayor parte de las operaciones de rectificación de superficies se efectúan a velocidades entre 5500 y 6500 pie/min (1750 a 2000 m/min.) Una tendencia reciente es hacia la rectificación de alta eficiencia en la que se emplean velocidades de las ruedas de 12000 a 18000 pie/min. (3600 a 5500 m/min). Se ha encontrado que, al aumentar la velocidad de la rueda, se puede aumentar la razón del material arrancado, con lo cual el trabajo resulta más económico.

1.9.4 VELOCIDADES DE TRABAJO

Las velocidades de trabajo dependen del tamaño y tipo del material que se trabaja y de si tiene suficiente rigidez para conservar su forma. En la rectificación de

superficies, las velocidades de la mesa por lo general son de 15 a 30 m/min; para rectificación cilíndrica, las velocidades de la pieza son entre 20 y 30 m/min; para rectificación de interiores, suelen ser de 20 a 60 m/min.

1.9.5 AVANCE TRANSVERSAL

El avance transversal depende de la anchura de la rueda. Para el desbaste, la pieza de trabajo debe recorrer entre $3/4$ y $7/8$ de la anchura de la rueda por cada revolución de la pieza.

Ya que la pieza avanza mas allá de la rueda con un movimiento helicoidal, la regla antes citada permite un ligero traslapo. Para el trabajo de acabado, se emplea un avance más fino, por lo general entre $1/10$ y $1/4$ de la anchura de la rueda por cada revolución de la pieza de trabajo.

1.9.6 PROFUNDIDAD DE PULIDO

En la operación de desbaste la profundidad del pulido debe ser toda la que pueda soportar la rueda sin deformarse; lo cual varía, según sean la dureza del material y el diámetro de la pieza de trabajo; la única guía es la experiencia del operario. Para la operación de acabado, la profundidad del pulido siempre es ligera, 0.0005 a 0.0001 pulg. (0.013 a 0.025 mm.) . Por lo que se refiere el acabado, se logran buenos resultados si se deja que la rueda haga cierto número de pasadas sobre la pieza sin avance transversal. Esta práctica de dejar que la rueda “rectifique a fondo” ha dado resultados satisfactorios, incluso con una rueda de grano grueso.

1.9.7 SOBREPESOR PARA ESMERILAR

Por lo general, para el acabado, es común que se arranque de 0.02 a 0.010 pulg. (0.05 a 0.025 mm.) de material. Se puede dar acabado en la pieza de trabajo al rectificar hasta una tolerancia de 0.0002 pulg (0.005 mm.) y a una aspereza superficial de 1.2 μm .

En los casos en que la rectificación deja esfuerzos residuales indeseables en la superficie, se puede emplear la técnica de la rectificación suave o de bajos esfuerzos, la cual consiste en arrancar una capa de alrededor de 0.010 pulg. (0.25 mm.) a profundidades de corte de 0.0002 a 0.0005 pulg. (0.005 a 0.013 mm.) con la rueda a velocidades más bajas que las convencionales de 5500 a 6500 pie/min.

1.9.8 SEGURIDAD

Si una rueda rectificadora no se almacena, maneja y utiliza en forma correcta, puede ser una herramienta peligrosa. Debido a su masa y alta velocidad de rotación, una rueda rectificadora tiene una energía considerable y, si se llega a fracturar puede causar varias lesiones e incluso la muerte del operario o de las personas que estén cerca. Para más información al respecto de la seguridad, se recomienda observar el Anexo X.

1.10 OPERACIONES DE ACABADO

1.10.1 PULIDO

El pulido es una operación mediante la que se eliminan las raspaduras o marcas de las herramientas o, en algunos casos, las superficies ásperas que quedan después de forjar, laminar o de operaciones similares, mediante partículas abrasivas. No es una operación de precisión.

El pulido se puede dividir en tres pasos: pulido basto, afinado en seco y acabado o aceitado. El grano del abrasivo empleado para el pulido basto suele ser del N° 20 al 80; para la afinada en seco del N° 90 al 120 y para el acabado o aceitado desde el 150 hasta los polvos finos. Para los dos primeros pasos, las ruedas pulidoras se emplean en seco. Para el acabado primero se desgastan un poco las ruedas y luego se cubren con sebo, aceite, cera de abejas o sustancias similares. Este paso es, en parte pulido y en parte abrillantado a medida que se agrega más abrasivo integrado con la grasa.

Para la mayor parte de los trabajos de pulido, las velocidades son entre 5000 y 7500 pie/min (1500 a 2250 m/min). El rango más alto es para aceros de alta resistencia e inoxidable. Las velocidades demasiado altas pueden producir quemadura de la pieza de trabajo y vitrificación.

1.10.2 ABRILLANTADO

El abrillantado es una forma de pulido fino con el cual se mejora el acabado de la superficies, se elimina muy poco material. Los abrasivos en polvo, por lo general polvos finos, se aplican a la rueda en forma de una mezcla de abrasivo y sebo o cera que se oprime contra la cara durante unos cuantos segundos. Hay que reponer el abrasivo cada cierto tiempo.

Las ruedas se hacen con un material blando y flexible, como cuero blando, fieltro, tela de lino o muselina. Al hacerlas girar a alta velocidad presentan una cara flexible que soporta la presión.

Las velocidades para abrillantar son entre 6000 y 10000 pie de superficie/min (1800 a 3000 m/min); las velocidades más altas son para aceros, aunque la velocidad puede ser hasta de 12000 pie de superficie /min (3600 m/min) para colorar latón y cobre.

1.11 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

El diseño y construcción del prototipo, surge de la necesidad de acondicionar el acabado superficial posterior al mecanizado de piezas con diferentes formas regulares e irregulares, elaboradas en planchas de acero inoxidable con distintos tipos de espesor, entonces, el problema radica en implementar un sistema de pulido que cumpla con los requerimientos de estética y acabado superficial basado en guías y normas, además de implementar adicionalmente un sistema de sujeción adecuado

y seguro para las piezas de acero inoxidable, ya que una propiedad fundamental del acero inoxidable es ser un elemento no magnético.

1.11.1 SITUACIÓN INICIAL

Específicamente en la ciudad de Quito no existen talleres metalúrgicos especializados en el pulido o acabado superficial del acero inoxidable, por lo que, en la actualidad se realizan trabajos de pulido empírico, sin garantizar la seguridad de obtener un acabado final de acuerdo a las exigencias del medio.

1.11.2 SITUACIÓN FINAL

Por lo mencionado anteriormente surge la idea de construir el prototipo de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable, que brinde un acabado superficial estético, seguro y confiable, regido en la Norma Europea EN 10088 Parte 2, necesario para diversos tipos de decoraciones y otros usos, siendo un prototipo versátil y asequible a todos los microempresarios y pequeñas industrias que tengan la visión de invertir en este campo de la decoración.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROTOTIPO

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza un estudio de los parámetros funcionales y de diseño del prototipo, con el fin de obtener diferentes alternativas que satisfagan la sujeción de las piezas planas de acero inoxidable, así como también, los movimientos necesarios para el pulido requerido.

2.2 PARÁMETROS FUNCIONALES DE LA PULIDORA

Los requisitos funcionales que el prototipo de la pulidora debe cumplir son:

- Sujeción de piezas planas de acero inoxidable.
- Movimiento de los componentes de la pulidora en los sentidos necesarios para el pulido.
- Protección contra los residuos del pulido.
- Número de revoluciones por minuto.
- Seguridad en los accesorios para pulir.
- Velocidad de avance longitudinal para pulir.

2.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

Para determinar los parámetros que intervienen en el diseño y construcción de la máquina pulidora deben considerarse las necesidades, solicitudes y condiciones de trabajo a los que va a estar sometida.

De lo mencionado anteriormente se puede determinar los siguientes parámetros:

- Espacio físico restringido (largo, ancho y altura).
- Accesorios.
- Capacidad de carga.
- Peso.
- Costo.
- Limpieza.
- Seguridad.
- Aspecto visual.

Estos aspectos son detallados a continuación:

2.3.1 ESPACIO FÍSICO

La máquina pulidora de piezas de acero inoxidable se diseña en base a medidas referentes de máquinas similares del mercado exterior y de la ergonomía que se

tiene en los espacios de trabajo de talleres, industrias y otras, para el prototipo se determina las medidas de: 1500 mm de largo, 800 mm de ancho y 1100 mm de alto⁷.

2.3.2 ACCESORIOS

Los accesorios considerados para el prototipo de la máquina pulidora tienen que ver con la gama de productos que se encuentran en el mercado referente a lijas, discos o ruedas rectificadoras para pulido (Anexo VI), además de pistones hidráulicos, tornillos, cremalleras que ayudan con el desplazamiento necesario⁸.

Otros accesorios que no se debe olvidar son los protectores de seguridad contra el polvo que deja el pulido de las piezas.

2.3.3 CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga máxima a considerarse para el diseño del prototipo en el bastidor es de 47.1 Kg., es decir que esta carga corresponde a una pieza plana de acero inoxidable de 1000 X 500 X 12 mm⁹.

Otra carga que interviene y se debe considerar, es la fuerza que se ejerce sobre la superficie de la pieza a pulir, con la rueda de rectificar, para eliminar la rugosidad necesaria.

⁷ Autopulit; Máquinas Automáticas y CNC para el lijado, pulido, rebarbado y microacabado; España.

⁸ FANDELI; Catálogo General de Productos; México; 2008

⁹ DIPAC; Catálogo de Perfiles Estructurales; Ecuador; 2007

2.3.4 PESO

En lo correspondiente al peso del prototipo, se debe considerar que:

- el peso total este determinado por los materiales utilizados en la construcción,
- la versatilidad del diseño, y
- la facilidad para la transportación.

2.3.5 COSTO

Es muy complicado encontrar un presupuesto de una máquina pulidora de este tipo, debido a que no existe en el mercado local con las características antes mencionadas, por lo que se puede hacer una comparación equivalente a 1/3 del costo de una máquina similar encontrada en el exterior¹⁰, el cual se comprueba en el capítulo 5, donde se realiza un análisis minucioso de los costos que intervienen tanto para diseño como para la construcción del prototipo.

2.3.6 LIMPIEZA

En el diseño del prototipo se debe considerar en un alto grado la limpieza, debido a que el proceso de acabado superficial que se realiza al acero inoxidable, emana o expulsa gran cantidad de partículas a manera de polvo, las mismas que se alojarían en todas las hendiduras o espacios libres que posea el prototipo.

¹⁰ Autopulit; Máquinas Automáticas y CNC para el lijado, pulido, rebarbado y microacabado; España.

2.3.7 SEGURIDAD

Del mismo modo que la limpieza, la seguridad es un factor preponderante en el diseño del prototipo, ya que se debe considerar la protección del operador de la máquina, que corre el riesgo de un impacto con la pieza que se está trabajando si se llega a desprender de la sujeción que se le haya dado, además que se debe controlar la emanación de partículas de acero inoxidable, ya que son muy nocivas para la salud del operario y su entorno.

2.3.8 ASPECTO VISUAL

Una característica principal en todo diseño es el aspecto visual, ya que el prototipo debe ser un atractivo fundamental para los potenciales clientes, induciéndoles a su adquisición y uso. Dentro del aspecto visual del prototipo, se debe considerar que los materiales utilizados en la construcción del mismo, se encuentren en perfecto estado, para luego de la construcción dar un proceso de acabado final con pintura acrílica o electrostática, cuidando minuciosamente todos los detalles.

2.4 PARÁMETROS FUNCIONALES

La máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable debe reunir las siguientes características:

- 1) Material a Pulir: Acero Inoxidable.
- 2) Accesorio de Pulido: Rueda Abrasiva Flat con Brida Metálica.
- 3) Tipo de Pulido: Seco.
- 4) Características del Pulido: Pulido Paralelo y Perpendicular a la Pieza Plana de Acero Inoxidable.

- 5) Área Máxima de Pulido: 600 cm^2 (Pieza Plana de 30 cm x 20 cm).
- 6) Diámetro Máximo de la Rueda Abrasiva: 152.4 mm. (6 pulg.).
- 7) Accionamiento de la Máquina: Eléctrico de 220 V. para encendido del motor que hace girar la rueda abrasiva.
- 8) Movimiento de la Pieza a Pulir: La pieza a ser pulida se traslada en su eje longitudinal y transversal.
- 9) Sujeción de las piezas: La sujeción se realiza mediante ventosas con o sin fuelles flexibles.

2.5 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para un estudio y selección de alternativas de diseño del prototipo, se debe tomar en consideración:

- Un sistema de sujeción de las piezas a pulir,
- Un sistema de desplazamiento para el pulido y
- Un sistema de impulsión de la rueda rectificadora.

El acero inoxidable tiene condiciones o propiedades específicas y la más importante a ser considerada en la selección de una alternativa de sujeción, es, que por ser un material no magnético, no es posible sujetarlo hacia la base o soporte mediante un campo magnético generado por una bobina cargada de electricidad o por un imán.

Por lo mencionado anteriormente es necesario analizar y escoger alternativas como las siguientes:

2.5.1 ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE SUJECIÓN

2.5.1.1 Alternativa Nro. 1.1. Sistema de sujeción por medio de ventosas.

Las ventosas de aspiración son una solución para aplicaciones de sujeción repetitivas del tipo “tomar, transportar, dejar”. Una ventosa no se fija por sí misma a la pieza. La presión atmosférica presiona la pieza contra la ventosa, en cuanto la presión atmosférica es mayor que la presión existente entre la ventosa y la pieza.

La diferencia de presión se consigue conectando a la ventosa un generador de vacío, éste aspira el aire entre la ventosa y la pieza. En cuanto la ventosa entra en contacto con la superficie de la pieza y la hermetiza contra la presión atmosférica, se genera una depresión. La fuerza de retención es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de presión entre la presión atmosférica y la presión dentro de la ventosa.



Figura 2.1 Ventosa de aspiración.

Fuente: <http://store.norgren.com/ES/es-ES/cat1/skuM%2F58410%2F01.html>

Las ventajas de la sujeción por medio de ventosas son:

- La fuerza de aspiración por área.

- La diversidad en el diseño y composición de materiales que conforman la ventosa.
- La capacidad de realizar sujeciones repetitivas.
- La adaptación a diferentes geometrías en las superficies.
- La sencillez en su mantenimiento y servicio.

Las desventajas de esta sujeción son:

- Necesita de dispositivos para generar vacío.
- Depende de la masa a sujetar, mientras mayor es la masa, mayor es la cantidad de vacío a generar y de ventosas a usarse.
- La disponibilidad de los accesorios a utilizarse en el mercado.

2.5.1.2 Alternativa Nro. 1.2. Sistema de sujeción por medio de prensas mecánicas de tornillo.

Las prensas de tornillo constan de un bastidor convencional y de una corredera, la cual se fuerza hacia abajo por medio de un tornillo de paso pronunciado que está en el extremo de lo que es un volante o barra de contrapeso.

Estas prensas son de tamaños más o menos grandes y se emplean mucho para forjar. Carecen de la exactitud y velocidad, pero cuentan con un factor de seguridad, en el sentido de que su acción no es positiva. En este aspecto, se asemejan mucho a un martinete de caída libre, aunque su movimiento es más lento.



Figura 2.2 Prensa mecánica.

Fuente: <http://www.ujeta.com/p/PB51854>

Las ventajas de la sujeción por medio de prensas mecánicas de tornillo son:

- La presión de sujeción es variable, según la fuerza que transmite el tornillo.
- La energía de trabajo se suministra casi por completo por desaceleración del volante.
- La capacidad de realizar sujeciones alternas en varios puntos de una superficie.
- La sencillez en su mantenimiento y servicio.

Las desventajas de esta sujeción son:

- Necesita de considerables espacios para trabajar debido a la longitud del tornillo.
- Carece de exactitud y velocidad para la sujeción.
- El tornillo limita la capacidad de sujeción de la máquina.

2.5.2 ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

2.5.2.1 Alternativa Nro. 2.1. Mecanismo de banda y polea.

La transmisión del movimiento de rotación de una polea a otra, cuando la distancia entre ellas es considerable, se puede realizar mediante un enlace flexible, aprovechando el rozamiento entre la superficie de la polea y el cuerpo flexible. De enlace flexible sirven las bandas o también llamadas correas.

Una transmisión por correa consta de dos ruedas llamadas poleas (una conductora o motriz y otra conducida) y una correa que las enlaza. La polea motriz gira y en virtud de la fuerza de rozamiento, arrastra a la correa, y esta hace que gire la polea conducida, pero la fuerza de rozamiento no es suficiente para que ocurra esta transmisión, se necesita además que la correa se encuentre tensa entre las poleas.



Figura 2.3 Sistema Banda – Polea

Fuente: <http://cadenasybandas.com/poleas.html>

Las ventajas de la transmisión por correa son:

- La posibilidad de transmitir una potencia aun cuando la distancia entre las poleas conductora y conducida es grande;
- La suavidad de su marcha o transmisión (en virtud de la elasticidad de la correa);
- Lo silencioso de su funcionamiento;
- La sencillez y bajo costo de construcción;
- La alta eficiencia en la transmisión;
- El simple mantenimiento y servicio.

Las desventajas de esta transmisión son:

- El progresivo estiramiento de la correa;
- La relación de transmisión irregular;
- La dependencia de la tensión para producir el agarre por fricción.

2.5.2.2 Alternativa Nro. 2.2. Mecanismo de cadena y rueda dentada.

La transmisión por cadena se efectúa mediante una cadena que enlaza dos o más ruedas con dientes de perfil especial. Solo se utiliza para transmitir movimiento entre ejes o arboles paralelos. La transmisión por cadena trabaja de un modo similar a los engranajes, sin resbalamiento.

Se puede obtener una capacidad de transmisión mayor que la suministrada por una cadena sencilla mediante el empleo de cadenas múltiples. Para velocidades relativamente bajas se pueden usar ruedas dentadas para cadena con menos de 16

dientes, pero para altas velocidades son convenientes las de 18 a 24 dientes. Cuanto mayor sea el número de dientes, más pronto la cadena se accionará demasiado cerca a los extremos de los dientes.

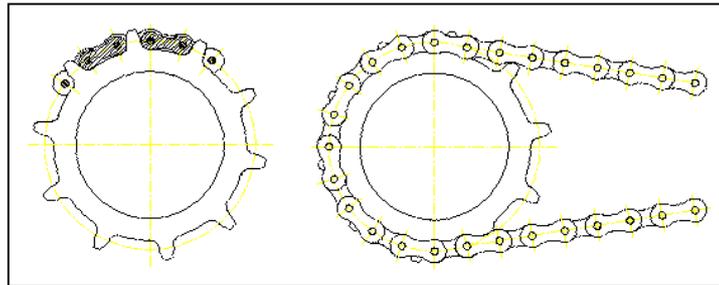


Figura 2.4: Sistema Cadena – Rueda dentada

Fuente: http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/engranajes/tablas%20en_planos.html

Las ventajas de transmisión por cadena son:

- Alta eficiencia (alrededor del 98 al 99%);
- Deslizamiento nulo;
- No precisa tensión inicial;
- Marcha en uno u otro sentido;
- Posibilidad de transmitir movimiento a distancias considerables (hasta 8 metros de distancia entre árboles)

Las desventajas de esta transmisión son:

- Mayor ruido;
- Mantenimiento complejo debido al engrase, corrección de la oblicuidad de los árboles, regulación;
- Mayor costo.

2.5.3 ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

2.5.3.1 Alternativa Nro. 3.1. Desplazamiento por mecanismo de engrane recto y cremallera.

Este mecanismo está formado por una rueda dentada (piñón), que engrana con una barra también dentada, llamada cremallera.

Cuando gira el piñón, la cremallera se desplaza en línea recta. Por lo tanto, se usa para transformar el movimiento rotatorio en rectilíneo. Si el piñón gira sin desplazamiento también puede conseguirse el efecto inverso; es decir, al desplazar la cremallera se hace que gire el piñón.

Aunque el sistema es perfectamente reversible, su utilidad práctica suele centrarse solamente en la conversión de circular en lineal continuo, siendo muy apreciado para conseguir movimientos lineales de precisión.



Figura 2.5 Transmisión cremallera – piñón.

Fuente: <http://nugue1994.blogspot.com/2010/05/pinon-cremallera.html>

Las ventajas del desplazamiento por mecanismo de piñón y cremallera son:

- Permite un desplazamiento reversible;
- Brinda un desplazamiento de alta precisión;
- No genera deslizamiento al ejercerse sobre el mecanismo una fuerza grande;
- Proporciona grandes desplazamientos lineales.

Las desventajas de este mecanismo son:

- La velocidad del mecanismo la determina las dimensiones del piñón;
- Poca disponibilidad en el mercado local;
- Mayor costo.

2.5.3.2 Alternativa Nro. 3.2. Desplazamiento por tornillo y tuerca

El tornillo de potencia es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el tornillo, es considerado una rueda dentada con un solo diente que ha sido tallado helicoidalmente (en forma de hélice), que actúa como elemento de entrada (o motriz), y la tuerca, que actúa como elemento de salida (o conducido). La rosca del tornillo engrana con los dientes de la tuerca de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares entre sí.

El funcionamiento es muy simple: por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente o lo que es lo mismo, para que la tuerca dé una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje.

Se puede deducir de todo ello que el sistema posee una relación de transmisión muy baja, o lo que es lo mismo, es un excelente reductor de velocidad y, por lo tanto,

posee elevada ganancia mecánica. Además de esto, posee otra gran ventaja, y es el reducido espacio que ocupa.



Figura 2.6 Transmisión tornillo - tuerca.

Fuente: <http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/07/tribologia-fuerza-de-friccion.html>

Las transmisiones por tornillo se caracterizan por su elevada relación de transmisión, alta capacidad, pero su principal desventaja es el alto deslizamiento en la zona del engranamiento, lo cual es la razón esencial para su baja eficiencia.

Las ventajas del desplazamiento por mecanismo de tornillo sin fin y tuerca son:

- Alta capacidad;
- Es un excelente reductor de velocidad;
- Elevada relación de transmisión;
- Reducido espacio.

Las desventajas de este mecanismo son:

- El alto deslizamiento en la zona del engranamiento;
- Baja eficiencia;
- Capacidad de carga poco determinada.

2.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO A CONSTRUIR

La alternativa de diseño adecuada a construir se la encuentra mediante una selección de criterios de valoración entre las alternativas de los sistemas antes descritos.

Entre los criterios de valoración tenemos: facilidad de adquisición, facilidad de montaje, tamaño adecuado, bajo peso, precio moderado, alta fiabilidad, fácil mantenimiento, resistencia a la corrosión, prolongada vida útil.

Para la selección de las alternativas más convenientes en el diseño de la máquina pulidora, se ha elaborado las siguientes tablas de valoración¹¹ (Tabla 2.1 – 2.8), en las cuales, intervienen todos los criterios mencionados anteriormente, obteniéndose una tabla de conclusiones (Tabla 2.9) para obtener las prioridades en las alternativas presentadas para construir el prototipo.

¹¹ RIBA i ROMEVA, C; Diseño Concurrente; Métodos de Evaluación de Soluciones; España; 2002; Pág. 59

Peso > Fiabilidad > Montaje > Mantenimiento = Vida Útil > Adquisición = Precio									
CRITERIO	Peso	Fiabilidad	Montaje	Mantenimiento	Vida Útil	Adquisición	Precio	$\Sigma + 1$	Ponderación
Peso		1	1	1	1	1	1	7	0,250
Fiabilidad	0		1	1	1	1	1	6	0,214
Montaje	0	0		1	1	1	1	5	0,178
Mantenimiento	0	0	0		0,5	1	1	3,5	0,125
Vida Útil	0	0	0	0,5		1	1	3,5	0,125
Adquisición	0	0	0	0	0		0,5	1,5	0,054
Precio	0	0	0	0	0	0,5		1,5	0,054
							SUMA	28	1

Tabla 2.1 Ponderación de los criterios de diseño.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

PESO	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	$\Sigma + 1$	Ponderación	
Alternativa 1.1		1	1	1	1	1	6	0,333	
Alternativa 1.2	0		0,5	0	0	1	2,5	0,139	
Alternativa 2.1	0	0		0	0	1	2	0,111	
Alternativa 2.2	0	1	1		1	1	2,5	0,139	
Alternativa 3.1	0	1	1	0		1	4	0,222	
Alternativa 3.2	0	0	0	0	0		1	0,056	
							SUMA	18	1

Tabla 2.2 Ponderación de las alternativas en base al bajo peso.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 2.2 = Alternativa 3.1 = Alternativa 3.2 > Alternativa 2.1 > Alternativa 1.2 = Alternativa 1.1									
FIABILIDAD	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	$\Sigma + 1$	Ponderación	
Alternativa 1.1		0,5	0	0	0	0	1,5	0,070	
Alternativa 1.2	0,5		0	0	0	0	1,5	0,070	
Alternativa 2.1	1	1		0	0	0	3	0,140	
Alternativa 2.2	1	1	1		0,5	1	5,5	0,256	
Alternativa 3.1	1	1	1	0,5		0,5	5	0,233	
Alternativa 3.2	1	1	1	0,5	0,5		5	0,233	
							SUMA	21,5	1

Tabla 2.3 Ponderación de las alternativas en base a la fiabilidad.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 1.1 = Alternativa 2.2 > Alternativa 1.2 = Alternativa 3.2 > Alternativa 2.1 > Alternativa 3.1								
MONTAJE	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1.1		1	1	0,5	1	1	5,5	0,262
Alternativa 1.2	0		1	0	1	0,5	3,5	0,167
Alternativa 2.1	0	0		0	1	0	2	0,095
Alternativa 2.2	0,5	1	1		1	1	5,5	0,262
Alternativa 3.1	0	0	0	0		0	1	0,048
Alternativa 3.2	0	0,5	1	0	1		3,5	0,167
						SUMA	21	1

Tabla 2.4 Ponderación de las alternativas en base al fácil montaje.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 1.1 = Alternativa 2.2 > Alternativa 2.1 > Alternativa 1.2 > Alternativa 3.2 > Alternativa 3.1								
MANTENIMIENTO	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1.1		1	1	0,5	1	1	5,5	0,262
Alternativa 1.2	0		0	0	1	1	3	0,143
Alternativa 2.1	0	1		0	1	1	4	0,190
Alternativa 2.2	0,5	1	1		1	1	5,5	0,262
Alternativa 3.1	0	0	0	0		0	1	0,048
Alternativa 3.2	0	0	0	0	1		2	0,095
						SUMA	21	1

Tabla 2.5 Ponderación de las alternativas en base al fácil mantenimiento.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 3.2 = Alternativa 1.2 > Alternativa 3.1 > Alternativa 2.2 > Alternativa 1.1 > Alternativa 2.1								
VIDA ÚTIL	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1.1		0	1	0	0	0	2	0,100
Alternativa 1.2	1		1	1	1	0,5	5,5	0,275
Alternativa 2.1	0	0		0	0	0	1	0,050
Alternativa 2.2	1	0	1		0	0	3	0,150
Alternativa 3.1	1	0	0	1		0	3	0,150
Alternativa 3.2	1	0,5	1	1	1		5,5	0,275
						SUMA	20	1

Tabla 2.6 Ponderación de las alternativas en base a la prolongada vida útil.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 2.2 > Alternativa 2.1 > Alternativa 1.1 = Alternativa 3.2 > Alternativa 1.2 > Alternativa 3.1								
ADQUISICIÓN	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	Σ + 1	Ponderación
Alternativa 1.1		1	0	0	1	0,5	3,5	0,167
Alternativa 1.2	0		0	0	1	0	2	0,095
Alternativa 2.1	1	1		0	1	1	5	0,238
Alternativa 2.2	1	1	1		1	1	6	0,286
Alternativa 3.1	0	0	0	0		0	1	0,048
Alternativa 3.2	0,5	1	0	0	1		3,5	0,167
						SUMA	21	1

Tabla 2.7 Ponderación de las alternativas en base a la fácil adquisición.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

Alternativa 1.1 > Alternativa 2.2 > Alternativa 2.1 > Alternativa 1.2 > Alternativa 3.2 > Alternativa 3.1								
PRECIO	Alternativa 1.1	Alternativa 1.2	Alternativa 2.1	Alternativa 2.2	Alternativa 3.1	Alternativa 3.2	Σ + 1	Ponderación
Alternativa 1.1		1	1	1	1	1	6	0,286
Alternativa 1.2	0		0	0	1	1	3	0,143
Alternativa 2.1	0	1		0	1	1	4	0,190
Alternativa 2.2	0	1	1		1	1	5	0,238
Alternativa 3.1	0	0	0	0		0	1	0,048
Alternativa 3.2	0	0	0	0	1		2	0,095
						SUMA	21	1

Tabla 2.8 Ponderación de las alternativas en base al bajo precio.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

CONCLUSIÓN	Peso	Fiabilidad	Montaje	Mantenimiento	Vida Útil	Adquisición	Precio	Σ	PRIORIDAD
Alternativa 1.1	0,333 * 0,250	0,070 * 0,214	0,262 * 0,178	0,262 * 0,125	0,100 * 0,125	0,167 * 0,054	0,286 * 0,054	0,215	2
Alternativa 1.2	0,139 * 0,250	0,070 * 0,214	0,167 * 0,178	0,143 * 0,125	0,275 * 0,125	0,095 * 0,054	0,143 * 0,054	0,145	4
Alternativa 2.1	0,111 * 0,250	0,140 * 0,214	0,095 * 0,178	0,190 * 0,125	0,050 * 0,125	0,238 * 0,054	0,190 * 0,054	0,128	6
Alternativa 2.2	0,139 * 0,250	0,256 * 0,214	0,262 * 0,178	0,262 * 0,125	0,150 * 0,125	0,286 * 0,054	0,238 * 0,054	0,216	1
Alternativa 3.1	0,222 * 0,250	0,233 * 0,214	0,048 * 0,178	0,048 * 0,125	0,150 * 0,125	0,048 * 0,054	0,048 * 0,054	0,144	5
Alternativa 3.2	0,056 * 0,250	0,233 * 0,214	0,167 * 0,178	0,095 * 0,125	0,275 * 0,125	0,167 * 0,054	0,095 * 0,054	0,154	3

Tabla 2.9 Conclusión de prioridad de las alternativas.

Fuente: Diseño Concurrente, Métodos de Evaluación de Soluciones, Carles Riba i Romeva.

De esta manera se concluye que la alternativa 2.2 (Sistema de transmisión Cadena – Rueda dentada) obtiene mayor valoración, quedando como primera opción para el diseño del movimiento transversal de la máquina pulidora, luego continúan en el orden de prioridad necesario para el diseño, sin ser descartadas las siguientes: Alternativa 1.1 (Sistema de sujeción por ventosas) para la sujeción de las piezas a ser pulidas, Alternativa 3.2 (Sistema de desplazamiento por tornillo sinfín), necesario para el desplazamiento vertical indispensable en la profundidad del pulido. Las demás opciones serán descartadas para el diseño de la máquina pulidora, obteniéndose con esta selección un prototipo con las siguientes características como indica la figura 2.9:

2.7 ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO

La construcción del prototipo está determinada por los siguientes elementos fundamentales indicados a continuación:

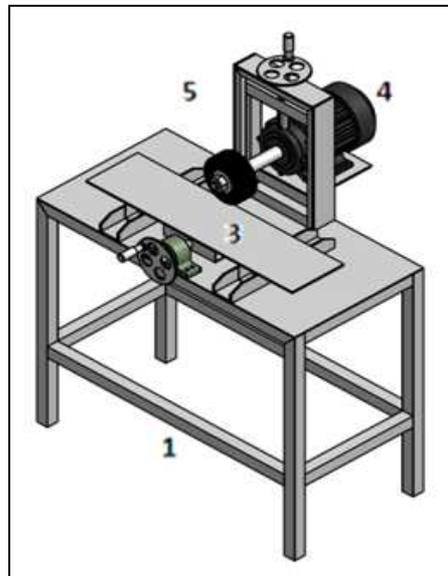


Figura 2.7: Elementos fundamentales que conforman el prototipo.

Fuente: Propia

1. Estructura soporte. (Bastidor)
2. Sistema de sujeción de las piezas a pulir.
3. Sistema de desplazamiento para el pulido.
4. Sistema de impulsión de la rueda rectificadora.
5. Accesorios para el pulido.
6. Protecciones.

Las características principales de los elementos que conforman el diseño del prototipo se detallan a continuación:

2.7.1 ESTRUCTURA SOPORTE

La estructura soporte es uno de los elementos fundamentales en la máquina pulidora, debido a que la misma soporta no solo las piezas a pulir, sino que además, sobre esta se ejerce una presión determinada con la herramienta para pulir. Debe tener una disposición adecuada para soportar además, el peso del motor, las ventosas de sujeción, y otros accesorios, sin interferir en el espacio adecuado para el montaje de las piezas planas de acero inoxidable.

La estructura soporte va a consistir de un bastidor tipo mesa fija con una base móvil como indica la figura 2.8

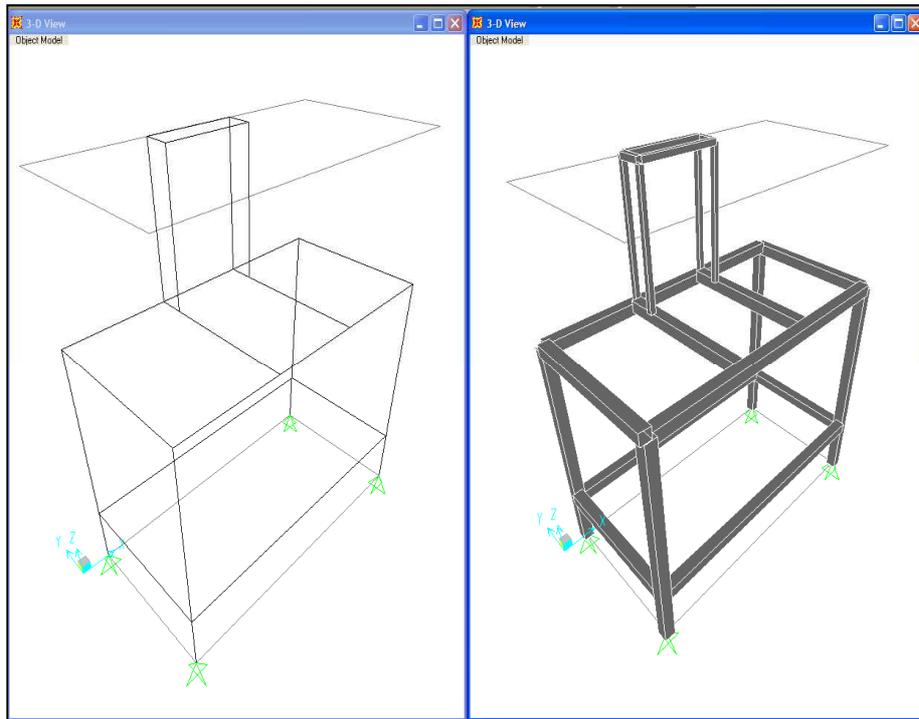


Figura 2.8: Gráfico de la estructura soporte de la máquina pulidora desarrollado en el Programa de análisis estructural SAP 2000 11

Fuente: Propia

2.7.2 SISTEMA DE SUJECIÓN DE LAS PIEZAS A PULIR

Se denomina sistema de sujeción de las piezas a pulir, a la manera en cómo se va a sujetar sobre la base móvil de la máquina pulidora, a las piezas planas de acero inoxidable, para evitar su posible desprendimiento en el proceso de pulido, debido a la fuerza de rozamiento que existe entre las superficies en contacto.

El mecanismo adecuado para sujetar las piezas, se obtiene en las alternativas de diseño presentadas y es por medio de ventosas de sujeción.

2.7.3 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO PARA EL PULIDO

El desplazamiento para el pulido, se debe presentar como un movimiento constante, capaz de evitar un desgaste desigual en el pulido de la superficie. Para realizar un proceso de pulido, se debe considerar los desplazamientos en las tres dimensiones existentes, a lo largo, a lo ancho y a la profundidad de desgaste en la superficie de la pieza.

Para un movimiento constante en el desplazamiento de pulido se utiliza un tornillo con tuerca.

2.7.4 SISTEMA DE IMPULSIÓN DE LA RUEDA RECTIFICADORA

Sistema de impulsión de la rueda rectificadora, se entiende como, la forma de dar inicio y mantener el giro de rotación, a una velocidad determinada, mediante un mecanismo o instrumento adicional regido en las características de fabricación y uso de las ruedas o accesorios de pulido.

Para la impulsión de la rueda rectificadora, se utiliza un motor eléctrico con un eje de transmisión, para transmitir el movimiento de giro del motor hasta la rueda rectificadora para el proceso de pulido.

2.7.5 ACCESORIOS DE PULIDO

Los accesorios de pulido para este prototipo, generalmente se basan en discos abrasivos con diversos tipos de tamaño de grano¹², según el arranque deseado de material y el acabado superficial que se requiera, para esto, se debe tener en consideración parámetros como la velocidad de corte, grado de aglutinante y otros que se detallaron en el capítulo anterior y en el Anexo VI con el catálogo de discos abrasivos FANDELLI.

2.7.6 PROTECCIONES

Las protecciones son indispensables, siempre se debe tener un protector o guarda en la máquina, sea portátil o estacionario, tanto para el disco abrasivo como para el operario.

El operario debe utilizar siempre anteojos y mascarilla de seguridad y no se debe parar directamente frente a la rueda cuando se pone en marcha la rectificadora.

Además el prototipo debe, en lo posible, poseer un diseño específico para proteger sus espacios libres, del polvo de partículas de acero inoxidable generadas por el pulido, que se acumulan en espacios libres y que pueden ser de difícil remoción.

¹² FANDELLI; Catálogo General de Productos; México; 2008

2.8 COMPONENTES DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO A CONSTRUIR SELECCIONADA

Los componentes de la alternativa de diseño seleccionada se presentan en la figura 2.9:

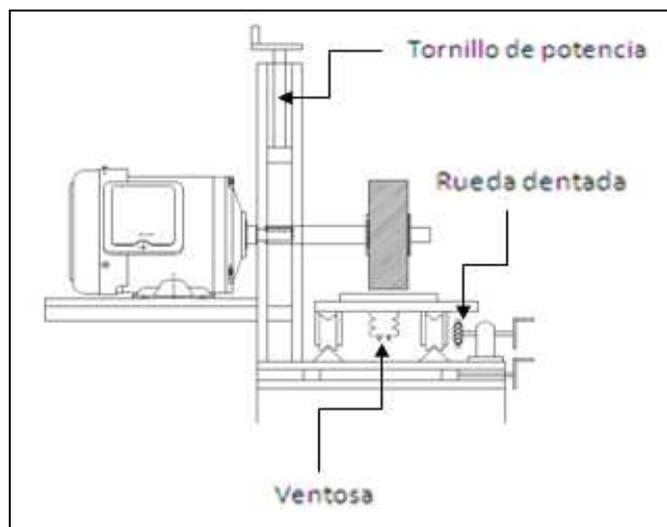


Figura 2.9 Prototipo de Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable según las alternativas de diseño seleccionadas.

Fuente: Propia

El sistema de vacío real usado en este proyecto, puede observarse en la siguiente figura 2.10:



Figura 2.10: Sistema de vacío usado en el prototipo.

Fuente: http://www.festo.com/cms/es-co_co/9728.htm

2.9 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez que se construye el prototipo, éste tiene que ser verificado, para conocer si cumple satisfactoriamente el diseño realizado. Para ello se utiliza el Formato de Protocolo de Pruebas que se presenta en el Anexo I.

Algunos aspectos fundamentales a ser comprobados en el formato son:

- Datos de la empresa a verificar el prototipo.
- Las dimensiones físicas del prototipo.
- Perpendicularidad de la rueda abrasiva.
- La geometría y dimensiones de las piezas a ser pulidas.

- Verificación del funcionamiento y conexión del motor.
- Los acabados superficiales a obtenerse.
- Verificación de accesorios para el pulido.
- Inspección de la sujeción de las piezas a pulir.
- Seguridad para el operario.
- La potencia y velocidad requerida para el proceso de pulido en vacío y con carga.

Estos aspectos se detallan a continuación:

2.9.1 DATOS DE LA EMPRESA A VERIFICAR EL PROTOTIPO

Es muy importante describir y llevar un registro de la empresa respaldada en una persona autorizada para realizar las pruebas pertinentes en la comprobación del correcto funcionamiento del prototipo terminado.

2.9.2 DIMENSIONES FÍSICAS DEL PROTOTIPO

Una vez concluida la construcción del prototipo de la máquina pulidora rotativa de piezas planas de acero inoxidable, se debe comparar las dimensiones físicas con las dimensiones de diseño de la máquina, mediante la utilización de un flexómetro y un nivel y detallando los valores en el formato de protocolo de pruebas.

2.9.3 PERPENDICULARIDAD DE LA RUEDA ABRASIVA

Para comprobar la perpendicularidad de la rueda abrasiva respecto al movimiento de la superficie de las piezas planas de acero inoxidable, se debe notar alguna desviación en el desbaste excesivo que se tiene en los extremos de las piezas, corrigiéndose esta desviación con la aplicación de arandelas en los pernos de sujeción del motor a la base, obteniendo así una inclinación necesaria para que la rueda abrasiva quede perpendicular a la superficie de las piezas planas de acero inoxidable.

2.9.4 GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DE LAS PIEZAS

La geometría de las piezas a pulir está determinada en base a una planitud en su superficie, con respecto a su forma no existen inconvenientes ya que se sujetan a la máquina por medio de ventosas en la parte central de las piezas. Las restricciones en las dimensiones se dan debido a la base soporte que se tiene para sujetar las piezas y esta da un límite de dimensiones de 300 x 200 mm.

Con respecto al espesor de las piezas no existe restricción solo se debe considerar el material accesible en el mercado, que por lo general se trabaja con espesores de hasta 6 mm, y con este máximo espesor comprobaríamos la eficiencia del prototipo para trabajar.

2.9.5 FUNCIONAMIENTO Y CONEXIÓN DEL MOTOR

La conexión del motor se la debe realizar en base al diagrama eléctrico que tiene el manual con las características del motor, tomando en cuenta siempre el giro de la rueda abrasiva, ya que en caso de estar invertido el giro se debe corregir alternando la conexión en el enchufe según las fases, y sabiendo que la rueda abrasiva tiene un sentido determinado de giro para realizar el pulido que se indica en el centro de la rueda con una flecha indicadora.

2.9.6 ACABADOS SUPERFICIALES

El prototipo construido debe cumplir con el objetivo de obtener un acabado superficial óptimo según los parámetros mencionados en el capítulo anterior, para esto se utilizará diferentes tipos de lijas en las ruedas abrasivas según el tamaño de grano que está determinado de la siguiente manera:

- Para desbaste: Tamaño de grano de 80 a 120,
- Intermedio: Tamaño de grano de 120 a 180 y,
- Para Afino: Tamaño de grano de 180 a 320.

Con este detalle se espera obtener los resultados deseados.

2.9.7 ACCESORIOS PARA EL PULIDO

Como accesorio para el pulido de piezas planas de acero inoxidable se debe considerar a las ruedas abrasivas de diámetro 6 pulg. por 2 pulg. de ancho, y con

diferente tipo de lija según el tamaño y tipo de grano, para obtener los resultados deseados a la hora del pulido que se realice.

2.9.8 INSPECCIÓN EN LA SUJECIÓN

Para realizar una inspección en la sujeción de las piezas a pulir se debe comprobar:

1. Que las ventosas se encuentren en perfecto estado es decir, que bajo una inspección visual no existan perforaciones ni cambios de forma para posibles fugas en la presión de vacío generado,
2. Que la pieza a ser pulida se encuentre dentro del margen de peso adecuado para la sujeción de las ventosas instaladas en la máquina, y por último,
3. Comprobar si en los datos del generador de vacío se encuentra especificado la fuerza de aspiración o vacío generado en Kg mínimo, para que las ventosas generen una sujeción óptima sin riesgos de desprendimiento de las piezas sujetas.

2.9.9 SEGURIDAD DEL OPERARIO

En el proceso de operación de la máquina, el operario debe cumplir con los siguientes parámetros de seguridad detallados en el formato de protocolo de pruebas.

2.9.10 POTENCIA Y VELOCIDAD

Para comprobar la potencia requerida en el proceso de pulido, se mide la potencia mediante la ayuda de un vatímetro, que genera el motor al realizar trabajo sin carga,

para luego proceder a medir la potencia del motor en plena carga, es decir, la resistencia que se presenta en el momento del pulido.

Para obtener la potencia consumida en el pulido (P_p) se debe hacer una diferencia entre la potencia eléctrica obtenida con carga (P_1), y la potencia eléctrica en vacío (P_v), por lo tanto:

$$P_p = P_1 - P_v$$

$$P_p = P_1 - (V * I * \cos\theta)$$

Donde el valor de $\cos Q = 0,3$ para la potencia en vacío y 1 para la potencia en plena carga, obteniendo estos valores en las especificaciones del motor.

Para comprobar la velocidad de giro, se utiliza un tacómetro en el extremo del eje principal de rotación y se contabiliza el número de revoluciones que genera en un minuto de tiempo.

La velocidad de rotación de la rueda abrasiva se produce en sentido perpendicular al movimiento de la superficie de las piezas planas de acero inoxidable.

CAPITULO 3

DISEÑO DE PARTES A CONSTRUIR Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza el diseño de la partes a construir en el prototipo y una selección de elementos existentes en el mercado nacional, que forman parte de la alternativa de diseño seleccionada, tratando siempre de que los elementos a seleccionar sean normalizados y de mayor uso en el medio para abaratar los costos en la construcción.

La secuencia de diseño se realiza en un orden establecido, que permita obtener resultados de cargas y fuerzas necesarias para diseñar o seleccionar los componentes del prototipo, empezando por la selección del tornillo de potencia y continuando con los demás elementos que incluyan las variables obtenidas del primer elemento seleccionado.

3.2 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para el diseño del prototipo se toma en cuenta todos los parámetros de funcionalidad necesarios para obtener resultados confiables y seguros, y para la construcción es necesario contar con la ayuda de catálogos, manuales y normas de los accesorios que requiera el prototipo.

En el caso de requerir o diseñar una máquina rectificadora se conoce que, las máquinas rectificadoras verticales de disco o rueda abrasiva, se utilizan para obtener superficies planas en trabajo de producción de pulido.

El control de la textura superficial de las piezas planas a pulir, debe ser una consideración normal del diseño en la siguiente condición: Si hay piezas que el taller, con orgullo injustificado, les ha dado un acabado por tradición con mayor perfección que la necesaria, el empleo de designaciones adecuadas de la textura superficial hará que se dejen más ásperas las superficies externas y otras que no necesitan un acabado tan fino.

Solo el diseñador es quien debe decidir cuales superficies de una pieza dada son críticas para la función a que se destina y cuáles no lo son. Esta decisión se debe basar en el conocimiento a fondo de las funciones de la pieza así como del comportamiento de diversas texturas superficiales que se pudieran especificar en base a normas o catálogos.

Desde el punto de vista tanto del diseño como el económico, puede ser igual de ilógico especificar una superficie demasiado lisa, que hacerla demasiado rugosa (o controlarla, si no es necesario), un control innecesario de la textura superficial aumentará los costos, lo cual se debe evitar.

3.3 SELECCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA PARA ELEVAR LA CARGA DEL MOTOR Y DESPLAZAR EL SOPORTE BASE DE LAS PIEZAS A PULIR

Para garantizar el correcto desempeño al momento de elevar o desplazar una carga se necesita de un mecanismo de fácil manipulación, el cual es un tornillo de potencia (Anexo IV), este mecanismo está sujeto al bastidor principal de la máquina pulidora.

Consideraciones:

- El tornillo es de rosca simple cuadrada.
- El tornillo debe ser autoasegurante.
- La carga a elevar es:

$$W_{\text{ELEVAR}} = W_{\text{MOTOR}} + W_{\text{RUEDA}} + W_{\text{SOPORTE}} + W_{\text{EJE}} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$W_{\text{ELEVAR}} = 11,8 \text{ Kg} + 0,64 \text{ Kg} + 13,66 \text{ Kg} + 3,41 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{ELEVAR}} = 29.51 \text{ [Kg]}$$

$$W_{\text{ELEVAR}} = 289,2 \text{ [N]}$$

- El tornillo está sometido a esfuerzo de tracción.
- El tornillo de potencia es diseñado con un acero SAE-1018 con las propiedades que se presentan a continuación:

- $S_Y = 372$ [MPa]
 - $S_{UT} = 441$ [MPa]
- Se selecciona una rosca cuadrada cuyos datos son:

Tipo de tornillo = W 1" X 13/64"

Diámetro nominal (dn) = 25,4 [mm].

Paso (p) = 5,16 [mm].

3.3.1 CÁLCULO DE DIÁMETROS

$$\text{Diámetro menor } (d_r)^{13} = d_n - p = 20,24 \text{ [mm].} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$\text{Diámetro medio } (d_m) = d_n - p/2 = 22,82 \text{ [mm].} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

3.3.2 CÁLCULO DEL ÁNGULO DE AVANCE

$$\text{Avance } (L)^{14} = n \times p = 1 \times 5,16 = 5,16 \text{ [mm].} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$\text{Angulo de avance } (l) = \tan l = \frac{L}{\pi \times d_m} = 4,11^\circ \quad \text{Ec. (3.5)}$$

¹³ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TORNILLO DE POTENCIA, PAG. 389.

¹⁴ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TORNILLO DE POTENCIA, PAG. 389.

3.3.3 CÁLCULO DEL PAR DE TORSIÓN (T)

*Elevar*¹⁵:

$$T = \frac{WELEVAR \times dm}{2} \left(\frac{L + \pi \mu dm}{\pi dm - \mu L} \right) + \frac{WELEVAR \times \mu cdc}{2} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

$$J \frac{289,2 \times 22,82}{2} \left(\frac{5,16 + \pi \times 0,09 \times 22,82}{\pi \times 22,82 - 0,09 \times 5,16} \right) + \frac{289,2 \times 0,12 \times 25,4}{2}$$

$$J \quad 978.6 \quad [\text{N mm}].$$

$$J \quad 0,978 \quad [\text{N m}].$$

Bajar:

$$T = \frac{WELEVAR \times dm}{2} \left(\frac{\pi \mu dm - L}{\pi dm + \mu L} \right) + \frac{WELEVAR \times \mu cdc}{2} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$J \frac{289,2 \times 22,82}{2} \left(\frac{\pi \times 0,09 \times 22,82 - 5,16}{\pi \times 22,82 + 0,09 \times 5,16} \right) + \frac{289,2 \times 0,12 \times 25,4}{2}$$

$$J \quad 499,83 \quad [\text{N mm}].$$

¹⁵ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TORNILLO DE POTENCIA, PAG. 389.

$J = 0,499 \text{ [N m]}$.

3.3.4 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA (e)

$$e = \frac{W_{ELEVADOR} \times L}{2\pi T} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$J = \frac{289,2 \times 5,16}{2\pi \times 978,6}$$

$$J = 0,24$$

3.3.5 CONDICIÓN DE AUTO ASEGURAMIENTO

$$\pi \mu d m > L \cong \text{Autoasegurante}$$

$$\pi \times 0,15 \times 22,82 > 5,16$$

$$10,75 > 5,16 \cong \text{Autoasegurante}$$

En consecuencia el tornillo es autoasegurante.

3.4 FUERZAS DE LA RUEDA ABRASIVA

Las fuerzas consideradas en el diagrama de cuerpo libre de la rueda abrasiva se presentan a continuación en la figura 3.1.

¹⁶ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TORNILLO DE POTENCIA, PAG. 390.

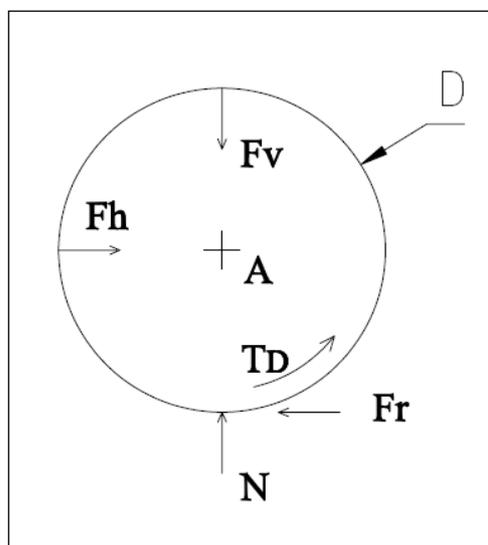
D.C.L

Figura 3.1 Diagrama de cuerpo libre de la rueda abrasiva

Fuente: Propia

Donde:

F_v : Fuerza ejercida por el eje sobre la rueda abrasiva, es la encargada de originar la presión de pulido y depende directamente de la acción del operario sobre el volante conectado con el tornillo de potencia.

F_h : Reacción del eje sobre la rueda, en el instante de pulir la rueda tiende a dirigirse hacia adelante, lo cual es impedido por el eje.

F_r : Fuerza de pulido entre la rueda abrasiva y la pieza a pulir.

N : Reacción de la pieza a pulir sobre la rueda abrasiva oponiéndose a la penetración de este.

T_D : Torque transmitido a la rueda abrasiva.

u: Coeficiente de fricción.

D: Diámetro de la rueda abrasiva.

“El coeficiente de fricción entre papel de esmeril grueso y acero es de 0,94”¹⁷

$$\sum M_A = T_D - F_r \left(\frac{D}{2} \right) \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$0 = T_D - F_r \left(\frac{D}{2} \right)$$

$$T_D = F_r \left(\frac{D}{2} \right)$$

$$T_D = \mu \times N \times \left(\frac{D}{2} \right)$$

3.5 FUERZAS DEL SISTEMA

Se consideran fuerzas del sistema a las cargas aplicadas en los puntos crítico de la máquina, encontrándose así las siguientes en la figura 3.2:

¹⁷ Baumeister, Theodore; y otros. Marks Standard Handbook for Mechanical Engineers. 8va Edición, New York. Mc Graw Hill, 1981, 1766 p.

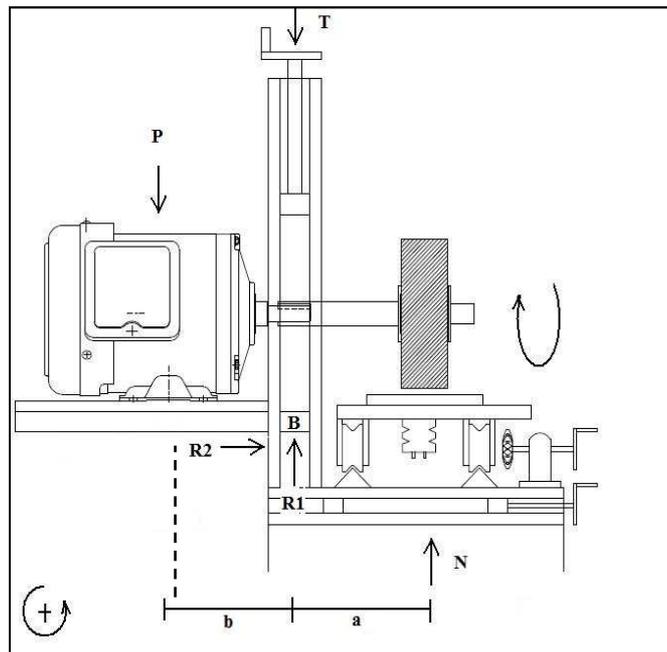


Figura 3.2 Diagrama de cuerpo libre de la máquina pulidora

Fuente: Propia

Ec. (3.10)

$$N = 45.67 \text{ [N]}$$

Entonces:

$$T_D = \mu \times N \times \left(\frac{D}{2}\right)$$

$$T_D = 0,94 \times 45.67 \times \left(\frac{152,4}{2}\right)$$

$$T_D = 3271.25 \text{ [N mm]}$$

3.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para el cálculo de la potencia del motor se necesita emplear las fórmulas indicadas en el Capítulo 1, literal 1.8:

$$P = T_D \times \omega$$

Ec. (3.11)

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$V = 2\pi \times R \times f \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$V = \pi \times 0,152 \times 90$$

$$V = 42,97 \text{ [m/s]}$$

Donde:

P: Potencia del motor

T_D: Torque transmitido a la rueda abrasiva.

ω : Velocidad angular de la rueda abrasiva.

V: Velocidad lineal

R: Radio de la rueda abrasiva

f: Frecuencia

Por lo tanto:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$\omega = \frac{42,97}{0,76}$$

$$\omega = 565 \text{ [rad/s]}$$

$$\omega = 5395,3 \text{ [rpm]}$$

Reemplazando este valor en la ecuación 3-11 se tiene que la potencia del motor es igual a:

$$P = T_D \times \omega$$

$$P = 3.27 \text{ N m} \times 89.92 \frac{\text{rev}}{\text{seg}}$$

$$P = 0.294 \text{ [Kw]}$$

$$P = 0.394 \text{ [HP]}$$

3.7 SELECCIÓN DEL MOTOR

Se selecciona el motor cuyas características son: (ver figura 3.3)

- **Marca:** Westinghouse Teco
- **Potencia:** 0,37 Kw, 0,5 HP
- **Voltaje:** 230/460 V , 60 Hz
- **Factor de servicio:** 1,15
- **Velocidad:** 3445 rpm

- **Factor de potencia:** 0,80
- **Torque:** 0,8 Lb-ft
- **Inercia:** 0,028 Lb-ft²
- **Peso aproximado:** 17,28 Lb
- **Eficiencia:** 70%

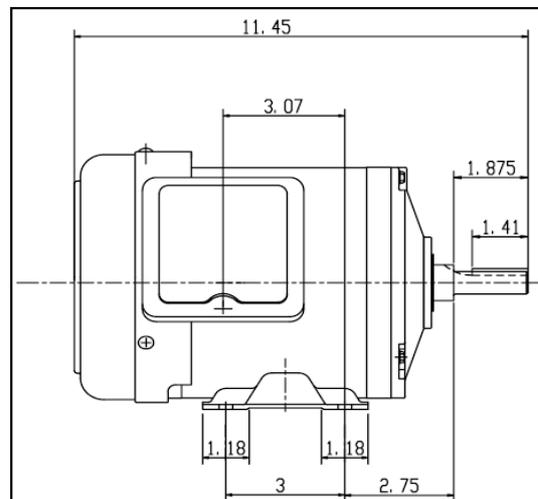


Figura 3.3 Dimensiones del motor seleccionado (pulg)

Fuente: TECO Westinghouse, performance data

3.8 TRANSMICIÓN DE POTENCIA

Desde el motor eléctrico seleccionado debe transmitirse una potencia de 0,5 HP y una velocidad de 3445 rpm, hasta el eje de la rueda abrasiva de 1 pulg. de diámetro, por lo que es necesario tener una transmisión directa para una velocidad de pulido óptima, tomando en consideración las pérdidas producidas por la eficiencia que posee el motor y el peso propio de la rueda, entonces hacia el eje de la rueda se transmite una velocidad aproximada de:

$$\omega = \omega \times \epsilon \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$\omega = 3445 \times 0.7$$

$$\omega = 2411,5 \text{ [rpm]}$$

Donde:

ω : Velocidad angular transmitida desde el motor seleccionado.

ϵ : Eficiencia del motor

3.9 TRANSMISIÓN DE CADENA DE RODILLOS

Debido a que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se deben prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones. De forma similar, las máquinas motoras tienen formas particulares de funcionamiento, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones.

3.9.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO EXTERIOR DE LA RUEDA DENTADA

Para seleccionar una rueda dentada se debe considerar ventajoso que la rueda sea lo más pequeña posible, y para esto se requiere que tenga pocos dientes. Para una operación suave a velocidades moderadas se considera que la rueda tenga por lo menos 17 dientes; y 19 o 21 para tener menos ruido en la cadena.

Selección de la rueda dentada según la Tabla 17 -10 Pág. 816 Diseño de Elementos Mecánicos Shigley¹⁸:

- Rueda dentada 35 – 25
- Paso: $\rho = 9,525$
- # Dientes: $N = 25$

$$D = \frac{\rho}{\text{Sen}\left(\frac{180}{N}\right)} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

$$D = \frac{9,525}{\text{Sen}\left(\frac{180}{25}\right)}$$

$$D = 76,2 \text{ [mm]}$$

¹⁸ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TRANSMISION DE CADENA DE RODILLOS, PAG. 815.

3.9.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

La velocidad de transmisión generada por la cadena está directamente relacionado con la cantidad de revoluciones por minuto experimentalmente, que realice el operario a la rueda dentada, mediante un volante de generación, obteniendo así la siguiente ecuación¹⁹:

$$V = \frac{N \times \rho \times \eta}{12} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

$$V = \frac{25 \times 9,525 \times 60}{12}$$

$$V = 1190 \text{ [rpm]}$$

Donde:

N: Número de dientes

ρ : Paso de la cadena

η : Velocidad experimental (transmisión manual)

¹⁹ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TRANSMISION DE CADENA DE RODILLOS, PAG. 817.

3.9.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA

La fórmula para el largo de la cadena "L" es²⁰:

$$\frac{L}{\rho} = \frac{2C}{\rho} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2(C/\rho)} \quad \text{Ec. (3.17)}$$

$$\frac{L}{\rho} = \frac{2 \times 400}{9,525} + \frac{25 + 25}{2} + 0$$

$$\frac{L}{\rho} = 109$$

$$L = 109 [\text{Pasos}]$$

Donde:

N_1 : Cantidad de dientes del piñón.

N_2 : Cantidad de dientes de la corona.

ρ : Paso de la cadena.

C: Distancia entre centros.

²⁰ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TRANSMISION DE CADENA DE RODILLOS, PAG. 822.

3.10 CÁLCULO DE LA FUERZA DE RETENCIÓN DE LA VENTOSA

Para obtener una sujeción adecuada de las piezas a pulir es indispensable determinar la fuerza de retención que proporciona la ventosa, según sus límites y material. En caso de no llegar a retener el peso empleado en el pulido se sugiere adicionar más ventosas hasta completar las necesarias para retener la pieza a pulir con un factor de seguridad para evitar el desprendimiento por la fuerza ejercida al momento de pulir²¹.

En base a esta aclaración se tiene que:

$$F_R = \left(\frac{S \times P}{\eta} \right) \quad \text{Ec. (3.18)}$$

$$F_R = \left(\frac{\pi r^2 \times P}{\eta} \right)$$

$$F_R = \left(\frac{\pi \times 1.5^2 \times 0,75}{2} \right)$$

$$F_R = 2,65 [Kg]$$

²¹ VUOTOTECNICA, CUPS GENERAL DESCRIPTIONS, PAG. 1.00. Anexo II.

Donde:

F_R : Fuerza de retención de la ventosa.

S: Área de la ventosa.

P: Presión atmosférica [Kg/cm²].

η : Factor de seguridad.

3.10.1 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE VENTOSAS

Peso máximo de la pieza a pulir²²:

- Dimensión: 300 x 200 x 6 [mm]

$$P = \frac{L \times A \times e \times Cte}{1000000} \quad \text{Ec. (3.19)}$$

$$P = \frac{300 \times 200 \times 6 \times 7,85}{1000000}$$

$$P = 2,82 \text{ [Kg]}$$

Cantidad de ventosas (Q):

$$Q = \frac{P}{F_R} \times 2$$

²² Catálogo de Productos DIPAC, Fórmula para obtener el peso en Kg. de las planchas o láminas de Acero A36 o Acero Inoxidable.

$$Q = \frac{2,82}{2,65} \times 2$$

$$Q = 2,128 = 2 \text{ [ventosas]}$$

3.10.2 CÁLCULO DE LA FUERZA DE ASPIRACIÓN

La fuerza de aspiración es la fuerza de succión (vacío generado) mínima necesaria, que requiere la ventosa para actuar sobre determinadas superficies en la sujeción:

$$F_A = \left(\frac{F_R}{Q} \right) \quad \text{Ec. (3.20)}$$

$$F_A = \left(\frac{2,65}{2} \right)$$

$$F_A = 1,325 \text{ [Kg]}.$$

3.11 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

Para el diseño del eje principal se realiza un diagrama de cuerpo libre como indica la figura 3.4:

Consideraciones:

- Para todos los ejes se utiliza un material del tipo SAE-1018.
 - $S_Y = 372$ [MPa]
 - $S_{UT} = 441$ [MPa]
- Se considera un factor de seguridad $F.S = 2,00$.
- El diseño se realiza para cargas estáticas y fatiga.

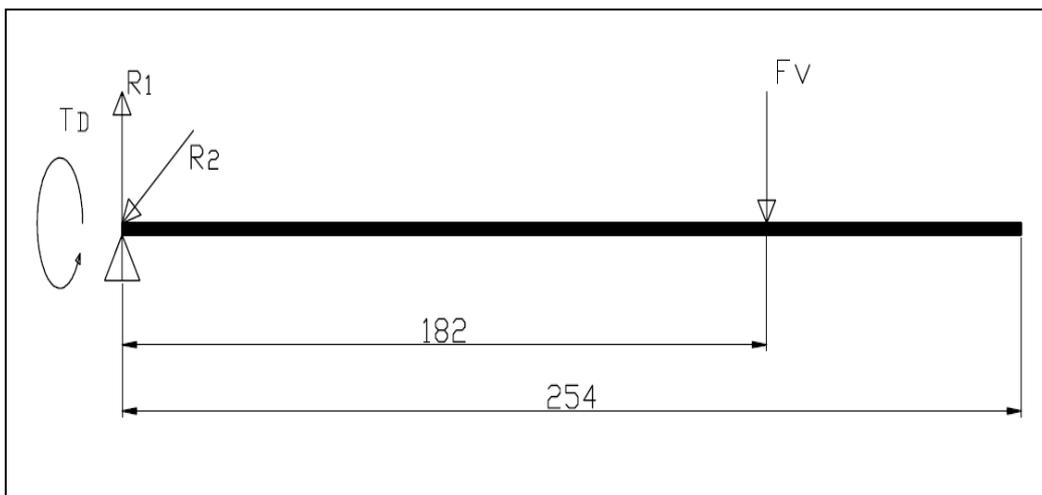


Figura 3.4 Diagrama de cuerpo libre del eje principal

Fuente: Propia

Donde:

T_D : Torque transmitido a la rueda abrasiva por el motor = 9290 [N-mm].

F_v : Fuerza ejercida por el operario hacia la rueda abrasiva, igual a la normal en contra del pulido = 129.7 [N]

Para los análisis de los momentos y reacciones ejercidos sobre el material y la selección del diámetro del eje principal se utiliza la herramienta informática SAP 2000 11 para realizar un diseño y los cálculos necesarios indicados en la figura 3.6.

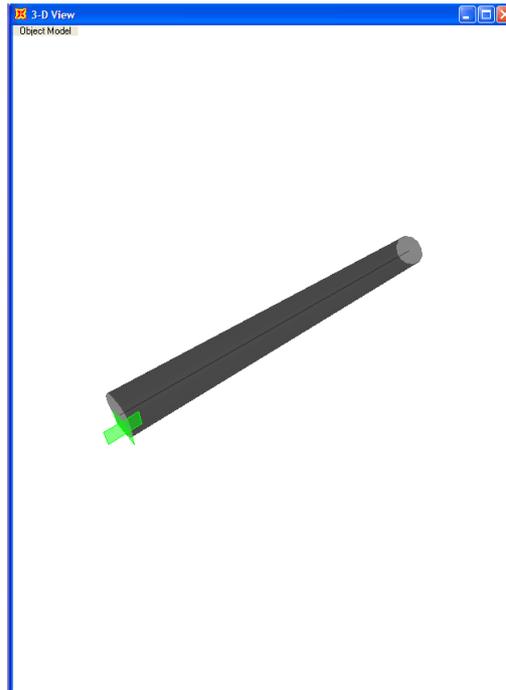


Figura 3.5 Diagrama del eje principal

Fuente: SAP 2000 V11

3.11.1 REACCIONES Y MOMENTOS RESULTANTES

Para conocer las reacciones y momentos resultantes, se añaden los datos que intervienen en el diagrama de cuerpo libre del eje principal, para el cálculo en el programa informático, luego se ingresan varios tipos de diámetros del eje para que en el programa realice una auto selección del mismo, basándose siempre en la medida de la perforación que tiene la rueda abrasiva.

Con estas menciones se obtienen los siguientes resultados en las figuras 3.6 – 3.9:



Figura 3.6 Diagramas de reacciones y momentos resultantes

Fuente: SAP 2000 V11

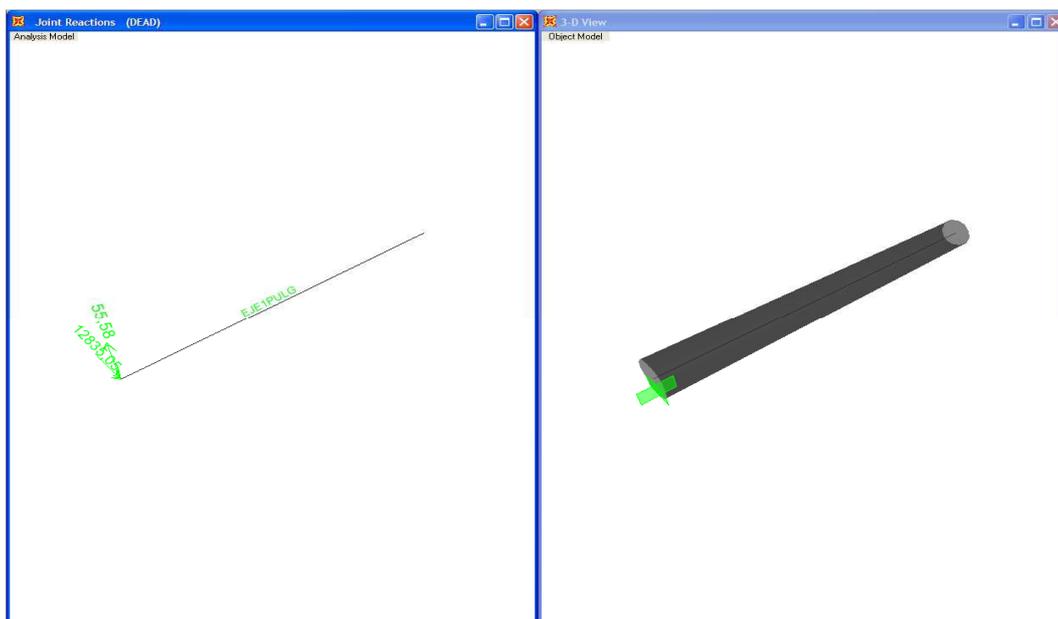


Figura 3.7 Valores y sentido de reacción y momento resultantes

Fuente: SAP 2000 V11



Figura 3.8 Cuadro con valores máximos de reacciones y momentos resultantes en las distancias críticas del eje.

Fuente: SAP 2000 V11

Resultados obtenidos:

R_1 : 55.58 [N]

R_2 : 12835.05 [N-mm]

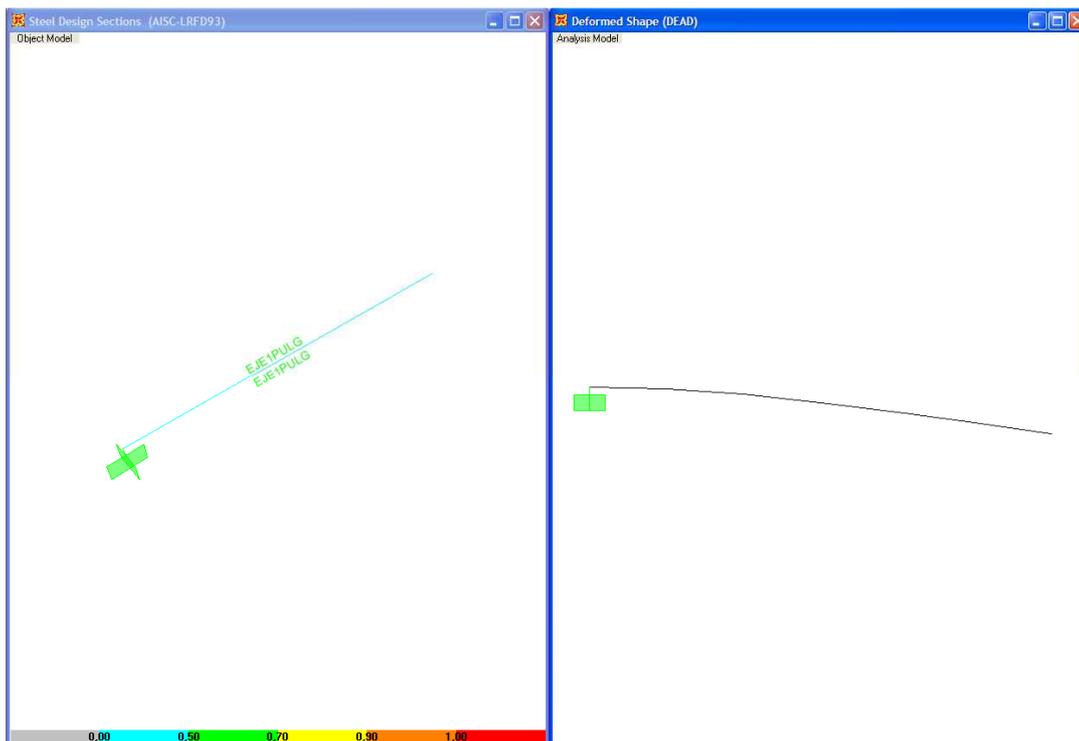


Figura 3.9 Gráfico del resultado de análisis del material seleccionado con su deformación máxima.

Fuente: SAP 2000 V11

En la figura 3.9 se puede concluir que el material seleccionado para el diseño del eje principal, cumple con las características para soportar las fuerzas ejercidas sobre el mismo, además que el diámetro del eje esta determinado en base a una autoselección según las propiedades del acero AISI 1018 o comúnmente llamado acero de transmisión, para obtener una resistencia adecuada a cargas por fatiga y

estáticas con una deformación mínima, considerada a los 182 [mm] de distancia, de 0,007534 [mm]

3.12 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

La velocidad de giro de los tornillos de potencia, se considera baja debido a que la acción del mecanismo es manual, por lo tanto es recomendable considerar que los rodamientos utilizados solo absorban cargas radiales, entonces la capacidad de carga estática es muy importante para la selección de los rodamientos.

Por características, facilidad de montaje y costo se debe seleccionar rodamientos rígidos de bolas, que se calculan mediante la ecuación²³:

$$P_o = 0.6 F_r + 0.5 F_a \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} > 0.8 \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Donde:

Po: Carga estática equivalente [N]

Fr: Carga radial [N]

Fa: Carga axial [N]

La fuerza que interviene para la selección del rodamiento, es la carga radial producida por la reacción de la fuerza de tracción humana²⁴ ejercida por un operador en condiciones normales de 135 N.

Asumiendo que la carga axial es despreciable y reemplazando los valores en la ecuación 3.21 tenemos como resultado la carga estática equivalente:

²³ RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS, FAG, Pág. 248.

²⁴ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRONZADORA DE DISCO ABRASIVO, CALERO MURILLO, EPN, 1983, PAG 21

$$P_o = 81 \text{ [N]}$$

Por lo tanto se selecciona una chumacera de brida con cuatro tornillos, para eje de una pulgada, VF4S25, que tiene una capacidad de carga estática de $C_o = 7300 \text{ [N]}$ (ver Anexo VIII).

El factor de seguridad para esfuerzos estáticos de rodamientos es²⁵:

$$F_s = \frac{C_o}{P_o} \quad \text{Ec. (3.22)}$$

$$F_s = \frac{7300 \text{ N}}{81 \text{ N}}$$

$$F_s = 90.12$$

Al comparar este valor del factor de seguridad, con los valores recomendados en el catalogo de rodamientos FAG, se puede concluir que, el rodamiento seleccionado cumple con los requerimientos de funcionamiento satisfactoriamente.

²⁵ RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS, FAG, Pág. 250

3.13 ESTRUCTURA SOPORTE DE LA MÁQUINA PULIDORA

La selección para los perfiles que conforman la estructura metálica de la máquina pulidora se basa principalmente en los esfuerzos a los que son sometidos, estos esfuerzos son analizados, utilizando una herramienta de diseño estructural llamada SAP2000 v11 como se ve en la figura 3.10 y 3.11.

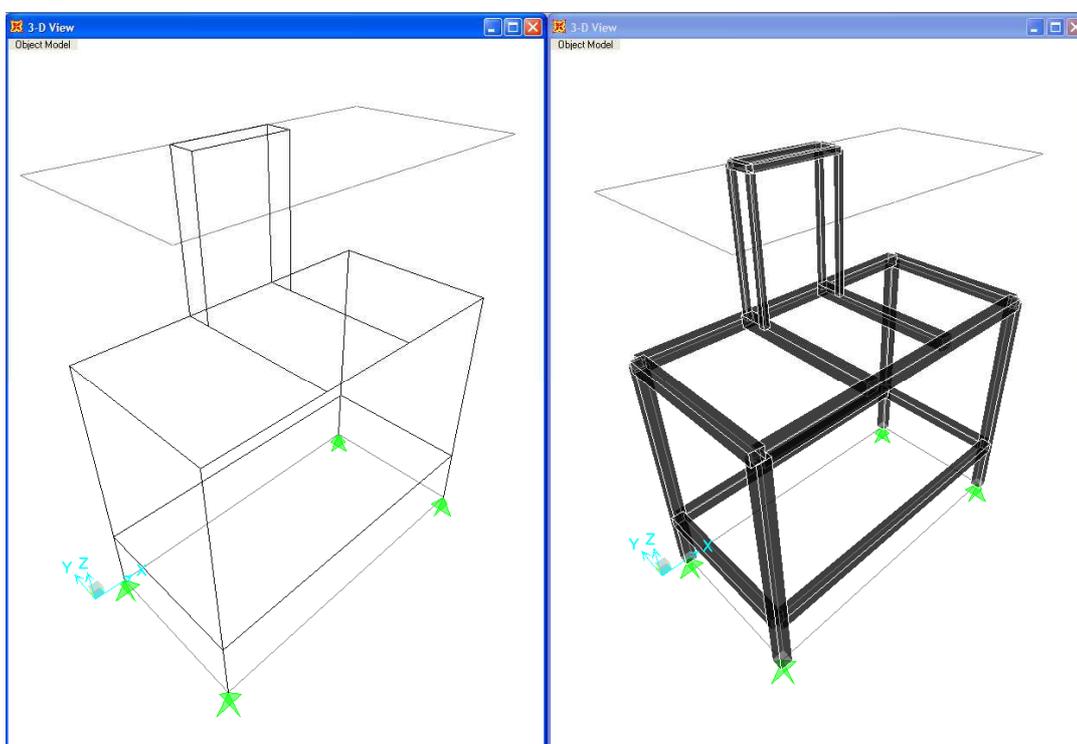


Figura 3.10 Gráfico del diseño de la estructura soporte de la máquina pulidora

Fuente: SAP 2000 V11

Consideraciones:

- Para todos los perfiles se utiliza un material del tipo ASTM A 500.
- $S_Y = 230$ [MPa]
- $S_{UT} = 310$ [MPa]
- Se considera un factor de seguridad $F.S = 2,00$.
- Se tiene una carga distribuida de 52,54 [N] para cada tubo soporte, que es obtenida de la suma de todos los componentes que intervienen sobre el bastidor.
- El diseño se realiza para cargas estáticas.

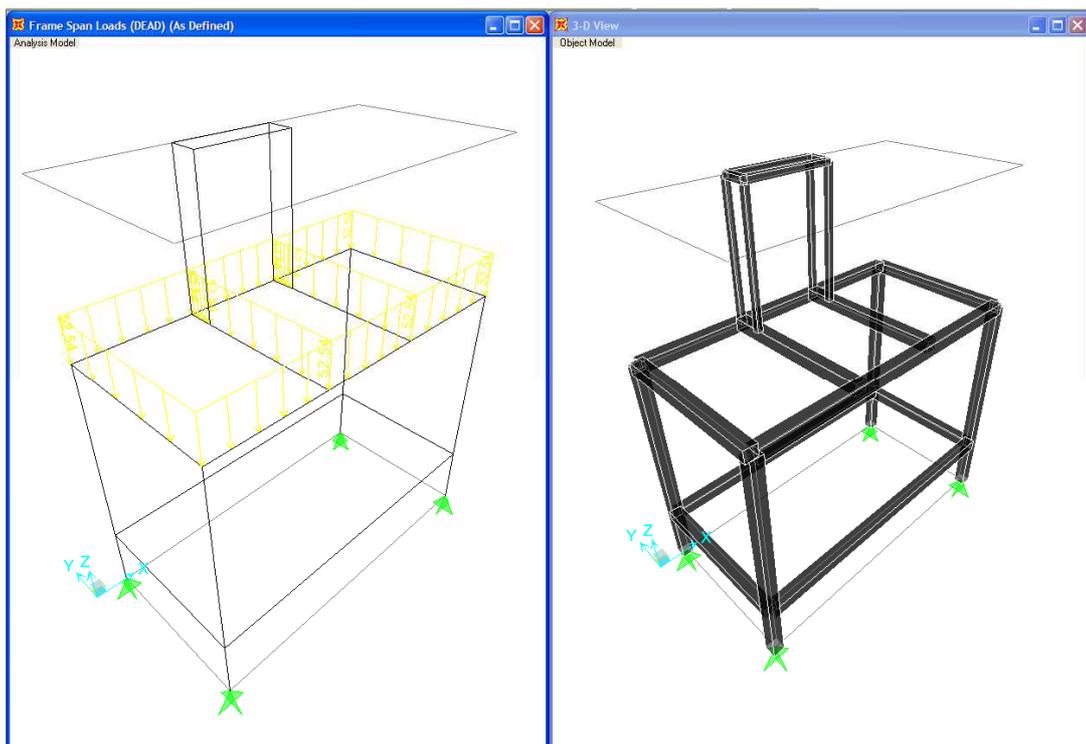
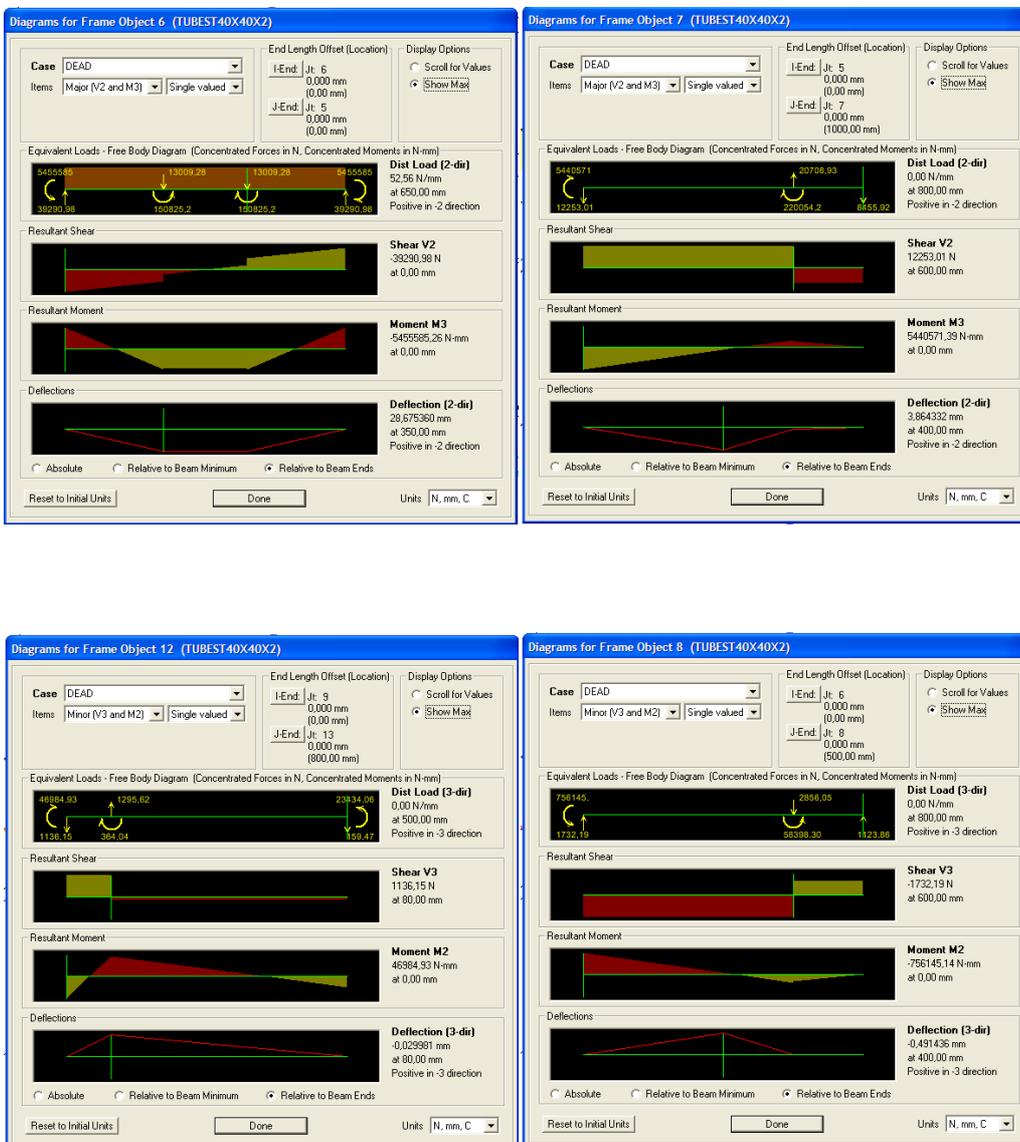


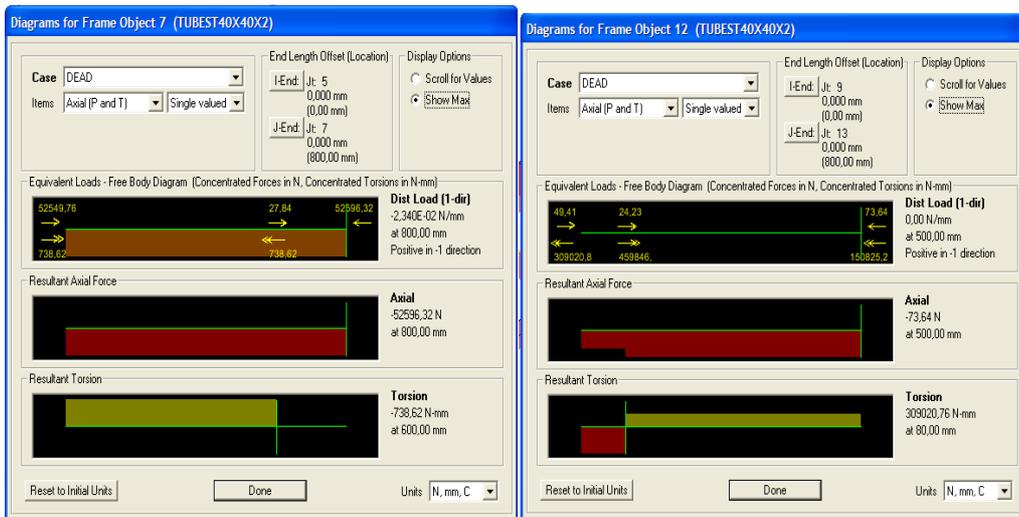
Figura 3.11 Gráfico con las restricciones y cargas distribuidas para cada miembro de la estructura

Fuente: SAP 2000 V11

3.13.2 RESULTADOS DE LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS REACCIONES Y MOMENTOS DE LA ESTRUCTURA

Los resultados del análisis la estructura soporte se indican de mejor manera en forma de graficas, que muestran los valores máximos de reacciones y momentos en los puntos críticos de la estructura, y son mostrados en las figuras 3.19 y 3.20 a continuación presentadas:





Joint Reactions in Joint Local CoordSys			
Joint Object	Joint Element		
7	1	2	3
Force	-8455,915	-1123,857	52596,316
Moment	0,000	0,000	0,000
Target Displaced Coordinate Data			
Target Case: DEAD, End of Stage 5; SF = 1.2345			
	X	Y	Z
Target	1234567890	1234567890	1234567890
Actual	1234567890	1234567890	1234567890
% Diff.	1234567890	1234567890	1234567890

Joint Reactions in Joint Local CoordSys			
Joint Object	Joint Element		
4	1	2	3
Force	8349,551	1123,857	52605,359
Moment	0,000	0,000	0,000
Target Displaced Coordinate Data			
Target Case: DEAD, End of Stage 5; SF = 1.2345			
	X	Y	Z
Target	1234567890	1234567890	1234567890
Actual	1234567890	1234567890	1234567890
% Diff.	1234567890	1234567890	1234567890

Figura 3.19 Valores máximos de reacciones y momentos en diferentes miembros de la estructura.

Fuente: SAP 2000 V11

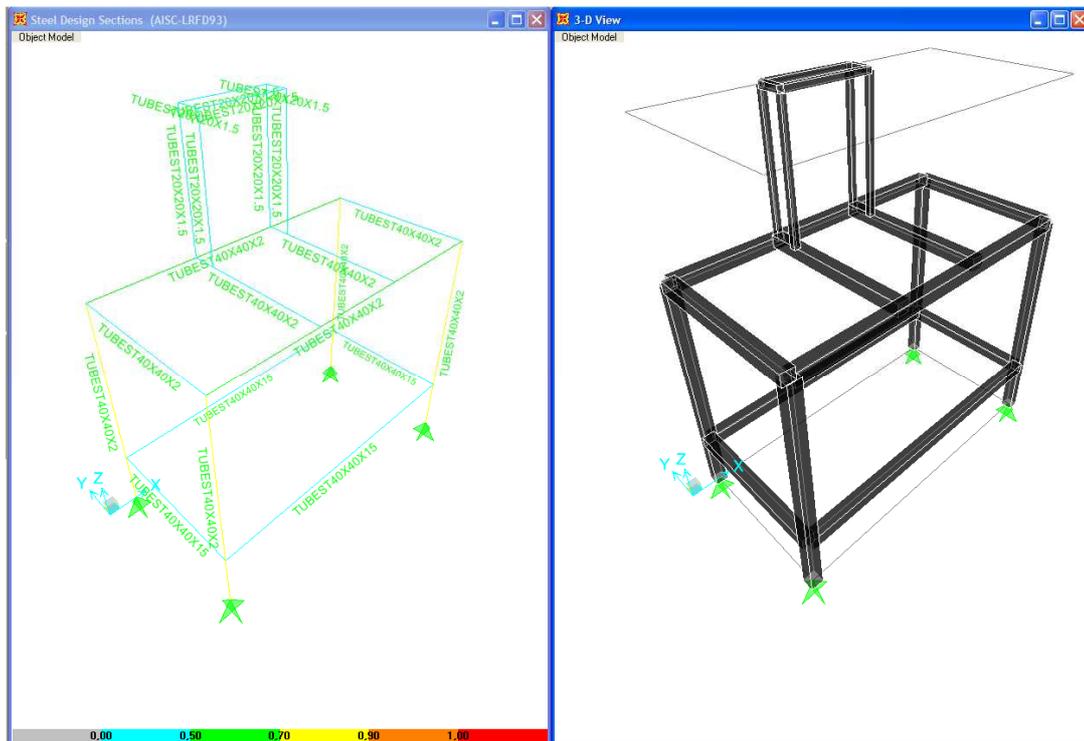


Figura 3.20 Gráfico del resultado de análisis del material seleccionado con su deformación máxima.

Fuente: SAP 2000 V11

En la figura 3.20 se puede concluir que el material seleccionado para el diseño de la estructura soporte principal, se encuentra dimensionada para soportar las cargas ejercidas, además que las medidas de los tubos estructurales están determinadas en base a una autoselección según las propiedades del acero ASTM A 500, para obtener una resistencia adecuada a cargas estáticas, con una deformación máxima crítica en los miembros de apoyo al suelo de 0,491436 [mm] y de 2.938350 [mm] en los miembros de apoyo para el resto de componentes de la máquina pulidora.

3.14 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PERNOS DE SUJECCIÓN

Para dimensionar los pernos de sujeción, se observa en la figura 3.21 la unión entre el soporte base del motor con el motor.

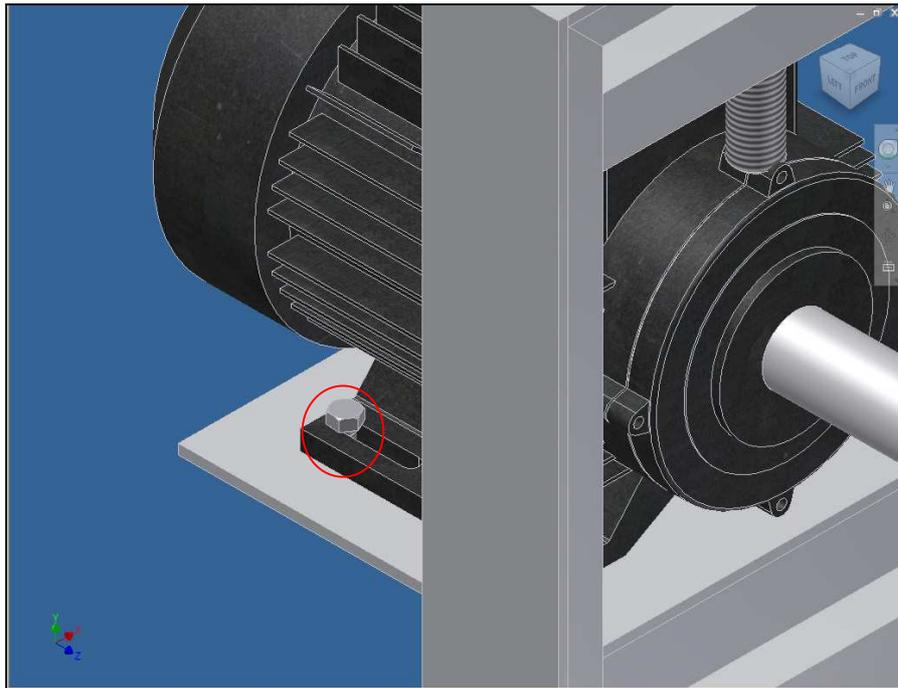


Figura 3.21 Gráfico del perno que sujeta el motor con la base del mismo.

Fuente: Propia

La carga que actúa sobre el soporte es:

Se elige el perno hexagonal:

UNC $\frac{1}{2}$ " x $1 \frac{1}{2}$ " GRADO 1 cuyo equivalente métrico es M12 x 38

Donde:

$$S_u = 115 \text{ [Kpsi]}^{26}$$

$$S_e = 19,2 + 0,314 S_u^{27} \quad \text{Ec. (3.23)}$$

$$S_e = 55.31 \text{ [Kpsi]}$$

$K_f = 3.0$ Rosca Laminada

$$K_e = 1/K_f^{28} \quad \text{Ec. (3.24)}$$

$$K_e = 0.333$$

El límite de fatiga para carga axial es²⁹:

$$S_e = K_e + S_e' \quad \text{Ec. (3.25)}$$

$$S_e = 0.333 \times 55.31$$

²⁶ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TABLA 8-5 DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 403.

²⁷ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 408.

²⁸ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, TABLA 8-6 DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 408.

²⁹ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO POR RESISTENCIA A LA FATIGA, PAG. 315.

$$S_e = 18.4 \text{ [Kpsi]}$$

La constante de rigidez del perno es³⁰:

$$K_b = \frac{AE}{l} \quad \text{Ec. (3.26)}$$

Donde:

A: Área circular del perno

E: Módulo de elasticidad del perno (Acero al carbón)

l: Longitud de agarre

$$K_b = \frac{\pi d^2 E}{l}$$

$$K_b = \frac{\pi \times 0.5^2 \times 30 \times 10^6}{4 \times 1}$$

$$K_b = 5.89 \times 10^6 \text{ [Lb/pulg]}$$

La rigidez de los elementos a unirse es³¹:

$$K_m = \frac{\pi \times d \times E}{2 \text{Ln} \left(\frac{5(l+0.5d)}{l+2.5d} \right)} \quad \text{Ec. (3.27)}$$

³⁰ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 409.

³¹ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 409.

$$K_m = \frac{\pi \times 0.5 \times 30 \times 10^6}{2 \operatorname{Ln} \left(\frac{5(1+0.5 \times 0.5)}{1+2.5 \times 0.5} \right)}$$

$$K_m = 23.09 \times 10^6 \text{ [Lb/pulg]}$$

La constante de carga estática es³²:

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad \text{Ec. (3.28)}$$

$$C = \frac{5.89 \times 10^6}{5.89 \times 10^6 + 23.09 \times 10^6}$$

$$C = 0.203$$

Entonces para perno de ½ pulg. se obtiene $A_t = 0.182 \text{ [pulg}^2\text{]}$ ³³

$$F_i = A_t \times S_{ut} - \frac{C \times n \times P}{2} \left(\frac{S_{ut}}{S_e} + 1 \right) \quad \text{Ec. (3.29)} \quad \text{34}$$

³² MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PAG. 409.

³³ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, TABLA 8-3, PAG. 383.

³⁴ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PRECARGA DE PERNOS, PAG. 407.

Para un factor de seguridad $n=3$

$$F_i = 0.182 \times 115 - \frac{0.203 \times 3 \times 17.28}{2N} \left(\frac{115}{18.4} + 1 \right)$$

$$F_i = 20.93 - \frac{38.14}{N}$$

Para la carga de prueba se tiene que para un perno grado 1 es $S_p = 65 \text{ [Kpsi]}$ ³⁵

$$F_p = A_t \times S_p \quad \text{Ec. (3.30)}$$

$$F_p = 0.182 \times 65$$

$$F_p = 11.83 \text{ [Kpsi]}$$

Encontramos los límites de fuerza:

$$F_i(\text{min}) = 0.6 \times F_p$$

$$F_i(\text{min}) = 7.09 \text{ [Kpsi]}$$

$$F_i(\text{max}) = 0.9 \times F_p$$

³⁵ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, PRECARGA DE PERNOS, PAG. 403.

$$F_i(\text{max}) = 10.64 \text{ [Kpsi]}$$

$$0.6F_p \leq F_i \leq 0.9F_p$$

Realizando una iteración en la tabla 3.1 tenemos que:

N	2	3	4	6	8
F_i	1.86	8.21	11.39	14.57	16.16

Tabla 3.1 Iteración del número de pernos necesarios para el anclaje

Fuente: Propia

Entonces en base al resultado concluimos que se necesitan tres pernos como mínimo para la sujeción, con una fuerza de:

$$Cp = \frac{P}{N}$$

$$Cp = \frac{17.28}{3}$$

$$Cp = 5.76 \text{ [Kip] por tornillo}$$

Para comprobar la falla estática, se debe confirmar el factor de seguridad correcto³⁶:

$$n = \frac{A_t \times S_y - F_i}{C \times P} \quad \text{Ec. (3.31)}$$

³⁶ MANUAL DE DISEÑO MECÁNICO, J.E. SHIGLEY, DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES, CARGAS DE FATIGA, PAG. 410.

$$n = \frac{0.182 \times 100 - 8.21}{0.203 \times 5.76}$$

$$n = 8.54$$

Entonces el empleo de 4 pernos UNC grado 1 es una solución satisfactoria para la sujeción del motor a la base.

3.15 SELECCIÓN DE SOLDADURAS

El 80% de las soldaduras realizadas en el prototipo se encuentra básicamente en la estructura soporte o bastidor, lo que quiere decir, que los perfiles metálicos de bajo espesor con resistencia a la fluencia menor a 36 [Ksi], son unidos mediante la selección de electrodo ASTM A 233 E6011 diámetro 1/8" como electrodo de penetración, recomendado según la norma AISC, y electrodo E6013 diámetro 1/8" para realizar un relleno de acabado en caso de ser necesario estéticamente.

3.16 PLANOS DE TALLER Y MONTAJE

Una vez realizado el diseño del Prototipo de la Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable, se procede a realizar los respectivos Planos de Taller y de Montaje, los mismos que se indican a detalle en el Anexo XII.

En base a la elaboración de los respectivos planos de taller con información clara y objetiva según las normas del dibujo mecánico, se realiza la construcción del prototipo, los planos de taller tienen una secuencia relacionada con el proceso de montaje del prototipo.

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO DEL PROTOTIPO

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo indica todo el procedimiento de construcción, montaje y pruebas de campo del prototipo, según las hojas de procesos de elementos incluidas en el Anexo XI, tipos de máquinas y herramientas usadas y documentos de resultados que aseguren un protocolo de pruebas adecuado, mencionado en el Capítulo 2.

4.2 CONSTRUCCIÓN

El lugar donde se lleve a cabo la construcción, montaje y pruebas de la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Máquinas y herramientas necesarias.
- Procesos de construcción.
- Materia prima suficiente.
- Espacio de trabajo indispensable, y
- Personal capacitado.

Bajo estos parámetros y un buen criterio de diseño, según la selección de alternativas y materiales, se consigue un resultado tangible esperado.

4.2.1 MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

Para la construcción de la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable, es indispensable el uso de diferentes tipos de máquinas y herramientas que se detallan a continuación en la siguiente tabla 4.1:

TIPO	DETALLE
HERRAMIENTAS	BROCAS
	ESMERIL
	PRENSAS
	CONSUMIBLES PLASMA
	DISCOS DE CORTE
	DISCOS DE DESBASTE
	DESTORNILLADOR
	DISCOS DE PULIDO
	LLAVES
ELECTRODOS	
HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN	ESCUADRAS
	CALIBRADOR
	NIVEL
	FLEXOMETRO
MÁQUINAS	PLASMA CNC
	TORNO
	SIERRA ELECTRICA
	DOBLADORA CNC
	CIZALLA CNC
	SOLDADORA MIG
	TALADRO
	AMOLADORA

Tabla 4.1 Tabla de los diferentes tipos de máquinas y herramientas necesarias para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable.

Fuente: Propia

4.2.2 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

Los procesos de construcción de la maquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable se detallan a continuación en la siguiente tabla 4.2:

PROCESO	DETALLE
CORTADO	CORTE PLASMA
	CORTE SIERRA
	CORTE CIZALLA
DOBLADO	
TORNEADO	
SOLDADO	
TALADRADO	
AMOLADO	
ESMERILADO	

Tabla 4.2 Tabla con los diferentes tipos de procesos realizados para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable.

Fuente: Propia

4.2.3 MATERIA PRIMA

La materia prima que se requiere en la construcción de la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable está detallada en la siguiente tabla 4.3:

MATERIAL	DIMENSIONES [mm]
TUBO CUADRADO ASTM A500	6000X40X40X2
TUBO CUADRADO ASTM A500	6000X20X20X2
PLANCHA TOOL NEGRO ASTM A36	2440X1220X3
PLANCHA TOOL NEGRO ASTM A36	2440X1220X4
PLANCHA TOOL NEGRO ASTM A36	2440X1220X6
EJE ACERO SAE 1018	Ø25,4 X 254

Tabla 4.3 Tabla con los diferentes tipos de materiales utilizados para la construcción de la pulidora de piezas planas de acero inoxidable.

Fuente: Propia

4.2.4 ELEMENTOS A CONSTRUIR

La máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable tiene diferentes tipos de elementos a construir que son detallados en la tabla 4.4 a continuación:

ELEMENTO	CANTIDAD
ESTRUCTURA SOPORTE	1
GUIAS	2
VOLANTE	3
MANUBRIO	3
BASE SOPORTE DE MOTOR	1
EJE PRINCIPAL	1
BASE SOPORTE PIEZAS A PULIR	1
RIEL	2
PERFIL SOBRE GUIA	2
BASE CON NIVELADOR	4

Tabla 4.4 Tabla con los diferentes elementos a construirse para la pulidora de piezas planas de acero inoxidable.

Fuente: Propia

4.2.4.1 Etapas en la construcción de la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable.

La construcción de todos los elementos mencionados anteriormente del prototipo cumple con las siguientes etapas de construcción en secuencia:

1. Adquisición o compra de la materia prima.
2. Trazo del diseño o forma a elaborar.
3. Realización de los procesos a seguir en la hoja de procesos establecida.
4. Eliminar rebabas o escorias de los procesos realizados.
5. Verificación y comprobación de las dimensiones en los elementos terminados.
6. Montaje o ensamble.

4.2.4.2 Tiempos estimados de construcción.

Para determinar los tiempos estimados en la construcción de los elementos que conforman el prototipo se debe aclarar que no intervienen los tiempos de adquisición y transporte de la materia prima.

Bajo esta aclaración se tiene la siguiente tabla 4.5:

ELEMENTO	CANTIDAD	TIEMPO ESTIMADO [Horas]	OBREROS
ESTRUCTURA SOPORTE	1	16	2
GUIAS	2	4	1
VOLANTE	3	6	2
MANUBRIO	3	5,5	1
BASE SOPORTE DE MOTOR	1	1,5	1
EJE PRINCIPAL	1	2	1
BASE SOPORTE PIEZAS A PULIR	1	3,5	1
RIEL	2	1	2
PERFIL SOBRE GUIA	2	4	1
BASE CON NIVELADOR	4	6	1
TIEMPO TOTAL ESTIMADO		49,5	

Tabla 4.5 Tabla con el tiempo estimado de construcción de los elementos a conformar el prototipo.

Fuente: Propia

4.2.4.3 Fotografías de Construcción.

Las fotografías 1 y 2 indican los momentos de construcción de los diferentes elementos mecánicos y estructurales del prototipo de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable.



FOTOGRAFIA 1. Fabricación de la estructura soporte del prototipo.



FOTOGRAFIA 2. Fabricación del eje principal y volantes del prototipo.

4.3 MONTAJE

Una vez concluida la etapa de la construcción de los diferentes elementos del prototipo se procede a realizar el montaje de los mismos, mediante las siguientes actividades específicas descritas a continuación en la tabla 4.6:

ACTIVIDAD ESPECÍFICA	PASO
Instalación de base soporte de piezas a pulir sobre la estructura	1
Instalación de guías sobre la base soporte de la piezas a pulir	2
Instalación de base para motor sobre la estructura soporte	3
Instalación de chumacera sobre la base soporte de las piezas a pulir	4
Instalación de chumacera sobre la estructura soporte del motor	5
Colocación de los tornillos de potencia y volantes en las chumaceras	6
Instalación de los perfiles sobre guías	7
Instalación del motor con el eje principal sobre la base soporte del motor	8
Instalación de las ventosas y accesorios en la parte interna de la estructura soporte	9
Instalación de las ruedas dentadas y cadena sobre la estructura soporte	10
Instalación de las bases con nivelador en las patas de la estructura soporte	11
Instalación de la rueda abrasiva en el eje principal	12
Pintura del prototipo completo	13

Tabla 4.6 Tabla con el desarrollo del proceso de montaje del prototipo

Fuente: Propia

4.3.1 FOTOGRAFÍAS DE MONTAJE

Las fotografías 3 y 4 al igual que en la construcción, indican los momentos de montaje de los diferentes sistemas del prototipo de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable.



FOTOGRAFIA 3. Montaje del sistema de impulsión de la rueda abrasiva del prototipo.



FOTOGRAFIA 4. Prototipo terminado.

4.4 PRUEBAS DE CAMPO

Mediante las pruebas de campo realizadas a la máquina pulidora de piezas planas de acero inoxidable mediante ensayos ejecutados en cada parámetro establecido en el formato de protocolo de pruebas del Anexo I, se obtienen los siguientes resultados descritos a continuación:

FORMATO	DATOS DE LA EMPRESA A VERIFICAR EL PROTOTIPO		
NOMBRE DE LA EMPRESA		Teléfono	Fecha
TALLERES METALÚRGICOS ARANDA		3451193	26/01/2011
PERSONA AUTORIZADA		Teléfono	
José Luis Martínez Montúfar		087375038	
CARGO	Supervisor General		
TIPO DE MÁQUINA A VERIFICAR			
Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable			

VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES FÍSICAS DEL PROTOTIPO					
RESULTADO OBTENIDO					
DIMENSIÓN	(mm)	REVISIÓN	PASA	NO PASA	
Alto total	1246	Ok	Ok		
Largo total	998	Ok	Ok		
Ancho total	504	Ok	Ok		
Peso (Kg)	120	Ok	Ok		
Diámetro de la rueda abrasiva	152	Ok	Ok		

VERIFICACIÓN DE LOS ACCESORIOS DE PULIDO Y CONTROL DEL ACABADO						
ACCESORIO						
Tipo	Marca	Dimensiones	Grano	REVISIÓN	PASA	NO PASA
RA	FANDELI	6" x 2"	220	Ok	Ok	
RA	ABRACOL	6" x 1"	50	Ok		Ok

RA	BIBIELLE	6" x 2"	80	Ok	Ok	
RESULTADO OBTENIDO						
Tipo de Acabado Superficial				REVISIÓN	PASA	NO PASA
FINO				Ok	Ok	
BASTO				Ok	Ok	
INTERMEDIO				Ok	Ok	

VERIFICACIÓN DE LA SUJECIÓN DE LAS PIEZAS A PULIR				
INSPECCIÓN VISUAL VENTOSAS		REVISIÓN	PASA	NO PASA
Cantidad	2	Ok	Ok	
Estado	Nuevo	Ok	Ok	
CONTROL DE LAS PIEZAS				
Dimensión	225 x 80 x 4 (mm)	Ok	Ok	
Peso	0.565 Kg	Ok	Ok	
GENERADOR DE VACÍO				
Presión	1.5 – 10 bar	Ok	Ok	

VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA EL OPERARIO			
OPERARIO	REVISIÓN	PASA	NO PASA
Vestimenta adecuada	Ok	Ok	
Guantes	Ok	Ok	
Máscara Protectora	Ok	Ok	
Mascarilla	Ok	Ok	
Protectores de oídos	Ok	Ok	
Manual de Operación	Ok	Ok	
MÁQUINA			
Protecciones	Ok	Ok	
Instrucciones	Ok	Ok	
Mantenimiento	Ok	Ok	
Funcionamiento	Ok	Ok	
ERGONOMÍA			
Iluminación	Ok	Ok	
Espacio Idóneo	Ok	Ok	
Presión	Ok	Ok	

VERIFICACIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR DE 0,5 HP CON CARGA MAXIMA				
NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO	ESPESOR DEL ACERO INOXIDABLE (mm)	REVISIÓN	PASA	NO PASA
2411	2	Ok	Ok	
2406	3	Ok	Ok	
2398	4	Ok	Ok	
2382	6	Ok	Ok	

ITEM	REVISIÓN	PASA	NO PASA
Desempeño del Operario	Ok	Ok	
Comportamiento del Prototipo	Ok	Ok	
CONCLUSIONES:			
<ul style="list-style-type: none"> - El prototipo es evaluado mediante un protocolo de pruebas, determinando que cumple con los requerimientos y parámetros necesarios para su óptimo desempeño, lo que conlleva a la conclusión de que el diseño, construcción y montaje es el adecuado para garantizar la producción de más máquinas de este tipo. 			
OBSERVACIONES: Ninguna		EL PROTOTIPO PASA: Ok	
FIRMA RESPONSABLE	SELLO EMPRESA	FIRMA AUTORIZACIÓN	

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

4.4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las pruebas de campo realizadas al prototipo se puede encontrar que existe una variación muy pequeña casi despreciable, en lo concerniente a las dimensiones, lo que demuestra que no afecta o no es incidente con el desempeño del prototipo para las funciones a desempeñar.

La verificación del acabado de las piezas pulidas es variante debido a que dependen mucho del aspecto visual y de la forma de pulido que realice el operario, es decir no siempre es el mismo pulido, aun teniendo los mismos accesorios y parámetros en el trabajo.

La sujeción de las piezas a pulir dependen en forma directa de la presión o fuerza de retención que tiene cada ventosa, es decir que para las dimensiones y peso determinados en el prototipo, la cantidad de ventosas instaladas es la correcta, ya que las características de las piezas se limitan a las dimensiones de la base soportante de las mismas.

Debido a que el trabajo a realizarse sobre el prototipo es de un riesgo para el operario algo considerable, se hace indispensable no incumplir con la seguridad de trabajo, descrita en las pruebas de campo y en el manual de operación del prototipo.

La máquina pulidora rotativa de piezas planas de acero inoxidable es muy versátil, ya que su diseño es muy compacto y mediante la utilización de ventosas es posible la sujeción de las piezas de forma regular como irregular, sin tener inconvenientes en llegar a todos sus perfiles.

4.4.2 FOTOGRAFÍAS DE PRUEBAS DE CAMPO E INSPECCIÓN

Las fotografías 5 y 6 indican los momentos de inspección y pruebas de campo que se realizan al prototipo de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable.



FOTOGRAFIA 5. Inspección del prototipo.



FOTOGRAFIA 6. Participantes en la presentación del prototipo.

CAPITULO 5

INTRODUCCION Y ANALISIS DE COSTOS DEL PROTOTIPO

5.1 INTRODUCCION

El presente capítulo está destinado a realizar un detalle acerca de los costos que implica la construcción del prototipo de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable, el costo por la compra y elaboración de elementos y partes del prototipo, y los costos del equipo que se utiliza en los diferentes sistemas del prototipo.

5.2 ANALISIS DE COSTOS DEL PROTOTIPO

El análisis de costos determina el valor o costo total de recursos económicos que se necesita para realizar el prototipo, teniendo en cuenta que intervienen tanto costos directos como costos indirectos en el proyecto.

Para un análisis de costos del prototipo se consideran los siguientes factores:

Costos Directos:

- Costo de materiales para la construcción del prototipo.
- Costo del proceso de construcción
- Costo de elementos Normalizados

- Costo de montaje

Costos Indirectos:

- Costos de materiales y elementos imprevistos
- Costos de diseño y planificación
- Costos de gastos imprevistos

5.2.1 COSTOS DIRECTOS

5.2.1.1 Costos de materiales para la construcción del prototipo

La materia prima (materiales) que se necesita adquirir para construir los elementos que forman parte del prototipo a diseñar, la denominamos “costos directos”, los mismos que se detallan a continuación en la Tabla 5.1.

MATERIAL	DIMENSIONES (mm)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
TUBO ESTRUCTURAL ASTM A500	6000 X 40 X 40 X 2	1	\$ 16,93	\$ 16,93
TUBO ESTRUCTURAL ASTM A501	6000 X 40 X 40 X 1,5	1	\$ 13,51	\$ 13,51
TUBO ESTRUCTURAL ASTM A502	6000 X 20 X 20 X 1,5	1	\$ 6,34	\$ 6,34
TOOL LAMINADO FRIO ASTM A36	2440 X 1220 X 6	1	\$ 146,86	\$ 146,86
TOOL LAMINADO FRIO ASTM A36	2440 X 1220 X 3	1	\$ 75,72	\$ 75,72
EJE ACERO SAE 1018	φ 25,4 X 300	2	\$ 2,56	\$ 5,12
EJE ACERO SAE 1018	φ 19.05 X 300	2	\$ 1,47	\$ 2,94
			SUBTOTAL	\$ 267,42

Tabla 5.1 Costo de materiales para la construcción del prototipo

Fuente: PROACERO / ACEROCENTER / ACEROS MG

5.2.1.2 Costos de elementos terminados para la construcción del prototipo

En el mercado Ecuatoriano existen elementos terminados que no pueden ser alterados en su uso indicado, estos elementos son de libre comercialización y distribución, en nuestro medio se conocen como elementos normalizados, y para este proyecto en específico se utilizan los siguientes elementos que se detallan a continuación en la tabla 5.2:

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
GENERADOR DE VACIO	1	\$ 65,03	\$ 65,03
VALVULA DE CIERRE	1	\$ 18,19	\$ 18,19
RACOR RECTO	4	\$ 1,66	\$ 6,64
DERIVACION T	1	\$ 3,47	\$ 3,47
VENTOSA	2	\$ 17,58	\$ 35,16
PERNO DE FIJACION M12X50X1,5	12	\$ 0,12	\$ 1,44
TUERCA M12X1.5	12	\$ 0,06	\$ 0,72
RODACHINES	10	\$ 0,60	\$ 6,00
CHUMACERA CON RODAMIENTO SN505	2	\$ 6,20	\$ 12,40
CHUMACERA CON RODAMIENTO SN506	1	\$ 7,50	\$ 7,50
CHUMACERA CON RODAMIENTO F506A	1	\$ 8,30	\$ 8,30
RUEDA DENTADA (PIÑON) 35-25	2	\$ 7,30	\$ 14,60
CADENA DE RODILLOS ANSI 35	1	\$ 27,50	\$ 27,50
MOTOR TRIFASICO, 3445 RPM, 0.5 HP	1	\$ 186,30	\$ 186,30
SWITCH ON/OFF	1	\$ 6,90	\$ 6,90
CABLE 12	1	\$ 1,60	\$ 1,60
		SUBTOTAL	\$ 401,75

Tabla 5.2 Costo de materiales para la construcción del prototipo

Fuente: ECUAINSETEC / REPRESENTACIONES A & C / TECNIN /
REPRESENTACIONES ORBEA

5.2.1.3 Costos de maquinado (mano de obra) en la construcción del prototipo

Para determinar el costo de maquinado se debe establecer un costo por el uso de diferente tipo de maquinaria en la construcción del prototipo, así como también, se debe incluir dentro de este costo el manejo de un operario de la maquinaria requerida, en el tiempo necesario que le lleve realizar cada proceso de maquinado.

En la tabla 5.3 se especifica más a detalle estos costos:

OPERACIÓN DE MAQUINADO	COSTO POR HORA [USD/h]	TIEMPO [h]	COSTO TOTAL [USD]
CORTE SIERRA ELECTRICA	\$ 4,00	6,6	\$ 26,40
CORTE CIZALLA CNC	\$ 6,00	4,5	\$ 27,00
DOBLADO CNC	\$ 7,00	5,4	\$ 37,80
CORTE PLASMA CNC	\$ 12,00	10,5	\$ 126,00
TORNEADO	\$ 6,00	5,5	\$ 33,00
SOLDADO	\$ 8,00	14	\$ 112,00
TALADRADO	\$ 4,00	2,6	\$ 10,40
AMOLADO	\$ 2,50	22,5	\$ 56,25
ESMERILADO	\$ 2,50	6,5	\$ 16,25
PINTADO	\$ 5,00	4,5	\$ 22,50
		SUBTOTAL	\$ 467,60

Tabla 5.3 Costo de maquinado en la construcción del prototipo.

Fuente: "TALLERES METALÚRGICOS ARANDA" TAMAR

www.tallerestamar.com

5.2.1.4 Costos de montaje del prototipo

Los costos de montaje del prototipo tienen que ver directamente con el costo por mano de obra en el armado y ensamble total de las partes y elementos que conforman la máquina pulidora rotativa de piezas planas de acero inoxidable.

Tomando en cuenta que para el armado se necesita más de un operario, se indica el costo en la tabla 5.4:

CANTIDAD DE OPERARIOS	TIEMPO [h]	COSTO POR HORA [USD/H]	COSTO TOTAL [USD]
2	16	\$ 6,00	\$ 192,00
		SUBTOTAL	\$ 192,00

Tabla 5.4 Costo de montaje del prototipo.

Fuente: “TALLERES METALÚRGICOS ARANDA” TAMAR

www.tallerestamar.com

5.2.1.5 Costo directo total

Para determinar el costo directo total se debe sumar todos los subtotales anteriores, esto está descrito en la tabla 5.5:

TIPO DE COSTO	SUBTOTAL [USD]
Costo de materiales	\$ 267,42
Costo de elementos terminados	\$ 401,75
Costo de maquinado	\$ 467,60
Costo de montaje	\$ 192,00
SUBTOTAL	\$ 1.328,77

Tabla 5.5 Costo directo total.

Fuente: Propia

5.2.2 COSTOS INDIRECTOS

5.2.2.1 Costos de materiales imprevistos

Los costos de materiales imprevistos (tabla 5.6) tienen que ver con aquellos materiales que de manera inmediata se requieren para continuar a cabo con la construcción y montaje del prototipo, entre ellos están:

MATERIAL IMPROVISTO	CANTIDAD	COSTO [USD]
Guaypes	20 [u]	\$ 2,00
Thiñer	4 [lt]	\$ 5,35
Fondo anticorrosivo	4 [lt]	\$ 14,60
Electrodos 6011	1 [Kg]	\$ 3,45
Electrodos 6013	1 [Kg]	\$ 4,15
Grasa	1 [u]	\$ 2,56
Varios		\$ 5,00
	SUBTOTAL	\$ 37,11

Tabla 5.6 Costo de materiales imprevistos.

Fuente: PINTULAC/ ACEROCENTER/ CONSTRUFER.

5.2.2.2 Costos de diseño

Los costos de diseño están basados en el precio que ponen los diseñadores o ingenieros por realizar el análisis de diseño de un prototipo, este precio tiene que ver con un porcentaje de costo basado en la dificultad que tenga el diseño y la construcción del prototipo. Por lo general se estima que el porcentaje de precio es del 25% del costo directo total que tiene el prototipo terminado.

5.2.2.3 Gastos imprevistos

Los gastos imprevistos tienen que ver con el transporte de los materiales de las distribuidoras al lugar de trabajo, entonces se puede decir que el gasto imprevisto para transportar el material al lugar de trabajo de construcción del prototipo se estima en \$ 50 USD.

5.2.2.4 Costo total indirecto

Para determinar el costo indirecto total se debe sumar todos los subtotales anteriores, esto esta descrito en la tabla 5.7:

TIPO DE COSTO	SUBTOTAL [USD]
Costo de materiales imprevistos	\$ 37,11
Costo por diseño	\$ 332,19
Gasto imprevisto	\$ 50,00
SUBTOTAL	\$ 419,30

Tabla 5.7 Costo indirecto total.

Fuente: Propia

5.2.3 COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO

Para determinar el costo total del prototipo se debe sumar los valores subtotales de los costos directos e indirectos, como se detalla a continuación en la tabla 5.8:

TIPO DE COSTO	SUBTOTAL [USD]
Costo directo	\$ 1.328,77
Costo indirecto	\$ 419,30
TOTAL	\$ 1.748,07

Tabla 5.8 Costo indirecto total de la máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable.

Fuente: Propia

Por lo tanto si hacemos relación del costo total de la máquina según su función y la necesidad en el mercado, podemos concluir que la misma es muy accesible para los pequeños y medianos talleres metalúrgicos que se dedican a trabajar con este tipo de material muy solicitado por el sector de la construcción por su elegancia y estética.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se logro conseguir el objetivo principal del presente proyecto de titulación, que es el diseñar y construir una Máquina Pulidora Rotativa para Piezas Planas de Acero Inoxidable.
- Para realizar el diseño de la máquina se toma en cuenta la facilidad de construcción, facilidad de montaje y una facilidad de adquisición de materiales en el mercado local, para proceder a construir una máquina económica es decir de un costo relativamente barato como se analizó en el proyecto, al ser muy accesible para los pequeños y medianos talleres metalúrgicos en el sector industrial.
- La máquina pulidora rotativa de piezas planas de acero inoxidable posee cualidades indispensables de pulido, así como accesorios de primera clase, que garantizan la calidad en el acabado superficial de las piezas.
- La velocidad en el proceso de pulido incrementa radicalmente con el uso de la máquina, al ser comparada con la velocidad obtenida mediante el método tradicional de pulido manual.

- El desarrollo de este proyecto es un aporte necesario para el crecimiento tecnológico del sector metalúrgico del país, la inclusión del prototipo en la industria permite que el proceso de pulido de piezas planas de acero inoxidable, aumente la eficiencia y calidad en una producción en serie, disminuyendo radicalmente el tiempo y el costo operativo.
- Pensando siempre en el cuidado y protección de la naturaleza, la máquina se ha construido con materiales y elementos que no contaminan el ambiente y además los residuos son reciclados para el cuidado del personal operador.
- La Facultad de Ingeniería Mecánica me ha permitido realizar el presente proyecto mediante los criterios de diseño adquiridos en ella, ahora corre por mi parte desarrollar mis habilidades y criterios para aplicar en el lugar donde me desempeñe siempre corroborando con el desarrollo de la industria.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener un funcionamiento correcto de la máquina, se recomienda realizar una inspección detallada de las conexiones y seguros que posee la misma, antes de un encendido ya que la rueda abrasiva puede generar riesgos para la salud del operario.
- Ya que la máquina produce gran cantidad de polvo metálico en el proceso de pulido, se recomienda ser instalada en un lugar ergonómico es decir lo suficientemente espacioso y con ventilación para evitar riesgos de inhalación excesiva del polvo generado por encerramiento.

- Debido al uso que tenga la máquina, es recomendable realizar procesos de mantenimiento ya sea predictivo y correctivo, para prolongar el tiempo de vida útil de la misma, así como también para generar una buena funcionalidad.
- Para evitar las vibraciones en la máquina, se recomienda que se ajusten todas las uniones, además de anclar las bases de la máquina al piso donde se ancle con pernos de anclaje.
- Según el uso y manejo de la máquina, se recomienda al operario utilizar implementos de seguridad para protegerse de posibles accidentes laborales.
- Se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y a las demás personas interesadas en este proyecto, el estudio y análisis del mismo, para obtener ideas y conocimientos necesarios, para aportar con el desarrollo productivo e industrial del país.

BIBLIOGRAFÍA

- MARKS; Manual de Ingeniería Mecánica; Tomo I y Tomo II; Editorial Mc Graw Hill; México; 1990.

- SHIGLEY, J; Manual de Diseño Mecánico; Editorial Mc Graw Hill; Cuarta Edición; México; 1989.

- LARBURU, ARRIZABALAGA, N; Máquinas Prontuario; Editorial Paraninfo; Segunda Edición; España; 1990.

- VARGAS, J; Guía de los Fundamentos del Dibujo Industrial; 2004.

- RIBA i ROMEVA, C; Diseño Concurrente; España; 2002.

- FAG; Catálogo de Rodamientos de bolas y de rodillos; Alemania; 2006

- DIPAC; Catálogo de Perfiles Estructurales; Ecuador; 2007

- BÖHLER; Manual de Aceros y Soldaduras Especiales; 2008.

CONSULTAS WEB

- <http://www.ecuatorianaindustrial.com/>
- <http://www.autopulit.com/>
- <http://www.ainsa.com.ec/>
- <http://www.fandeli.com.mx/>
- <http://www.bibielle.com/>
- <http://www.eurinox.es/>
- http://www.stainlessinconstructionV2_GBES/2.36Mo
- http://www.festo.com/cms/es-co_co/9728.htm
- <http://www.me.uprm.edu/fpla/intro.html>
- <http://es.schmalz.com/produkte/vakuumkomponenten/allgemeineinfos/00409/>
- <http://www.ikkaro.com/book/export/html/85>

ANEXOS

ANEXO I: FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

FORMATO	DATOS DE LA EMPRESA A VERIFICAR EL PROTOTIPO		
NOMBRE DE LA EMPRESA		Teléfono	Fecha
PERSONA AUTORIZADA		Teléfono	
CARGO			
TIPO DE MÁQUINA A VERIFICAR			

VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES FÍSICAS DEL PROTOTIPO				
RESULTADO OBTENIDO				
DIMENSIÓN	(mm)	REVISIÓN	PASA	NO PASA
Alto total				
Largo total				
Ancho total				
Peso (Kg)				
Diámetro de la rueda abrasiva				

VERIFICACIÓN DE LOS ACCESORIOS DE PULIDO Y CONTROL DEL ACABADO						
ACCESORIO						
Tipo	Marca	Dimensiones	Grano	REVISIÓN	PASA	NO PASA
RESULTADO OBTENIDO						
Tipo de Acabado Superficial				REVISIÓN	PASA	NO PASA

VERIFICACIÓN DE LA SUJECIÓN DE LAS PIEZAS A PULIR			
INSPECCIÓN VISUAL VENTOSAS	REVISIÓN	PASA	NO PASA

Cantidad				
Estado				
CONTROL DE LAS PIEZAS				
Dimensión				
Peso				
GENERADOR DE VACÍO				
Presión				

VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA EL OPERARIO				
OPERARIO	REVISIÓN	PASA	NO PASA	
Vestimenta adecuada				
Guantes				
Máscara Protectora				
Mascarilla				
Protectores de oídos				
Manual de Operación				
MÁQUINA				
Protecciones				
Instrucciones				
Mantenimiento				
Funcionamiento				
ERGONOMÍA				
Iluminación				
Espacio Idóneo				
Presión				

VERIFICACIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR DE 0,5 HP CON CARGA MAXIMA				
NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO	ESPESOR DEL ACERO INOXIDABLE (mm)	REVISIÓN	PASA	NO PASA

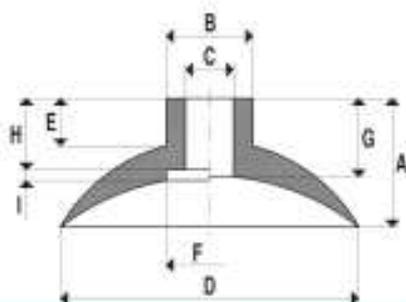
--	--	--	--	--

ITEM	REVISIÓN	PASA	NO PASA
CONCLUSIONES:			
OBSERVACIONES:		EL PROTOTIPO PASA:	
FIRMA RESPONSABLE	SELLO EMPRESA	FIRMA AUTORIZACIÓN	

ANEXO II: TABLA DE TIPOS DE VENTOSAS



[Cups]



Traditional cups, designed in the typical cup shape and with diameters ranging from 4 to 85 mm; they are normally made with natural para rubber with 45 Shore hardness, oil-resistant rubber with 60 Shore hardness, stabilized silicone with 45 Shore hardness and, upon request, with special compounds which are able to withstand extremely high temperatures or corrosive fluids.

Art.	Forze Kg.	A	B Ø	C Ø	D Ø	E	F Ø	G	H	I
Ø1 04 10	0,03	7,5	3	1,5	4	6,0	-	7,0	-	-
Ø1 05 10	0,05	8,0	3	1,5	5	6,0	-	7,0	-	-
Ø1 06 10	0,07	8,0	3	1,5	5	6,0	-	7,0	-	-
Ø1 08 10	0,12	8,0	5	2,5	8	6,0	-	7,0	-	-
Ø1 09 07	0,15	7,0	5	2,0	9	5,5	-	6,0	-	-
Ø1 10 10	0,19	11,0	7	4,0	10	6,5	-	7,0	-	-
Ø1 12 10	0,28	11,0	8	4,0	12	8,0	-	9,0	-	-
Ø1 15 10	0,44	12,0	8	4,0	15	8,0	-	9,5	-	-
Ø1 18 10	0,63	12,0	8	4,0	18	8,0	-	9,5	-	-
Ø1 20 10	0,78	12,0	8	4,0	20	8,0	-	9,5	-	-
Ø1 22 10	0,95	13,0	8	4,0	22	8,0	-	10,0	-	-
Ø1 25 10	1,23	8,0	12	6,0	25	3,0	-	3,5	-	-
Ø1 25 15	1,23	9,0	12	6,0	25	10,0	-	11,5	-	-
Ø1 30 10	1,76	8,0	12	6,0	30	1,0	-	3,5	-	-
Ø1 30 15	1,76	17,0	12	6,0	30	10,0	-	12,5	-	-
Ø1 35 10	2,40	8,0	12	6,0	35	1,0	-	3,5	-	-
Ø1 35 15	2,40	9,0	15	12,0	35	10,0	-	11,5	-	-
Ø1 40 15	3,14	13,0	15	13,0	40	10,0	-	12,5	-	-
Ø1 45 10	3,98	13,0	15	13,0	45	5,0	-	9,5	-	-
Ø1 45 15	3,98	23,0	15	13,0	45	10,0	-	14,5	-	-
Ø1 60 10	7,06	22,0	15	13,0	60	4,0	25	-	10	2,5
Ø1 85 10	14,18	41,0	25	15,0	85	16,0	25	-	23	4,0

**ANEXO III: TABLA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
ACERO INOXIDABLE**

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas especificadas para los aceros inoxidables usuales según EN 10088-2

	Grado	Producto ¹⁾	Espesor máximo (mm)	Mínima resistencia ²⁾ correspondiente al 0.2% (N/mm ²)	Resistencia última a tracción (N/mm ²)	Alargamiento de rotura (%)
Aceros inoxidables austeníticos básicos de cromo y níquel	1.4301	C	8	230	540 - 750	45 ³⁾
		H	13,5	210	520 - 720	45 ³⁾
		P	75	210	520 - 720	45
Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel	1.4307	C	8	230	520 - 700	45
		H	13,5	200	520 - 700	45
		P	75	200	500 - 700	45
Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel	1.4401	C	8	240	530 - 680	40
		H	13,5	220	530 - 680	40
		P	75	220	520 - 670	45
Aceros inoxidables austeníticos estabilizados	1.4541	C	8	230	520 - 720	40
		H	13,5	200	520 - 720	40
		P	75	200	500 - 700	40
Aceros inoxidables austeníticos bajos en carbono, altos en nitrógeno	1.4318	C	8	350	650 - 850	35
		H	13,5	330	650 - 850	35
		P	75	330	630 - 830	45
Aceros inoxidables duplex	1.4362	C	8	450	650 - 850	20
		H	13,5	400	650 - 850	20
		P	75	400	630 - 800	25
	1.4462	C	8	500	700 - 950	20
		H	13,5	460	700 - 950	25
		P	75	460	640 - 840	25

Notas:

- 1) C=hoje laminado en frío, H=hoje laminado en caliente, P=chapa laminada en caliente
- 2) Propiedades transversales
- 3) Para material más estirado, los valores mínimos son un 5% más bajos

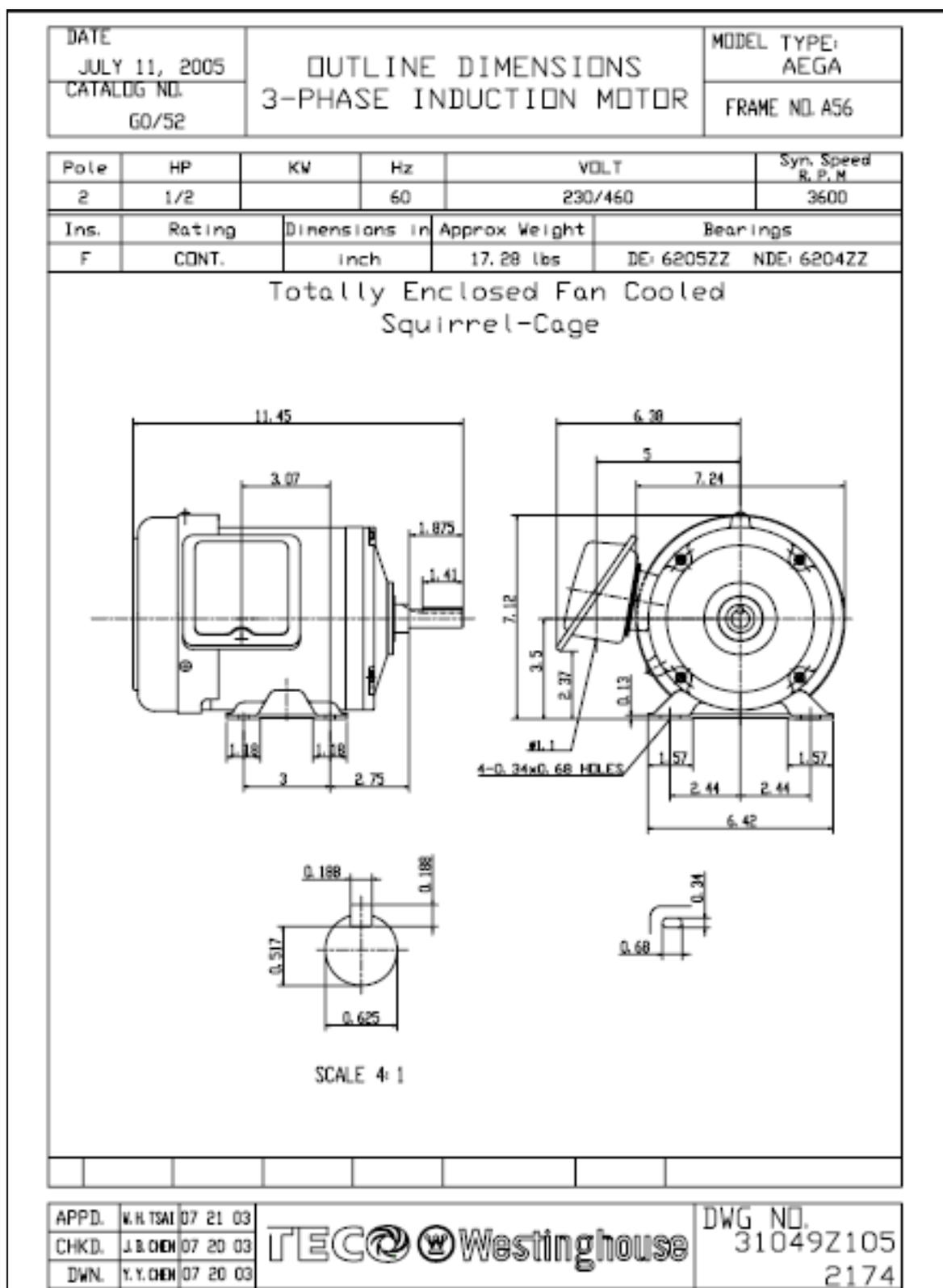
ANEXO IV: TABLA DE TIPOS DE TORNILLO

TAMAÑO		ROSCAS CUADRADAS				ROSCAS ACME					ROSCAS TRAPEZOIDALES (RECOMENDADO)
		Hilos por pulg	Diámetro menor		Hilos por pulg	Diámetro menor regular		Diámetro menor achatado		Hilos por pulg	
pulg	cm	por pulg	pulg	cm	por pulg	pulg	cm	pulg	cm	por pulg	
$\frac{1}{8}$	0,635	10	0,163	0,414	16	0,188	0,477	0,213	0,541		
$\frac{1}{16}$	0,793				14	0,241	0,612	0,270	0,685		
$\frac{3}{16}$	0,952	8	0,266	0,675	12	0,292	0,741	0,325	0,825		
$\frac{1}{4}$	1,111				12	0,354	0,899	0,388	0,985		
$\frac{5}{16}$	1,270	$6\frac{1}{2}$	0,366	0,929	10	0,400	1,016	0,440	1,117	20	
$\frac{3}{8}$	1,547	$5\frac{1}{2}$	0,466	1,183	8	0,500	1,270	0,550	1,397	20	
$\frac{7}{16}$	1,905	5	0,575	1,460	6	0,583	1,480	0,650	1,651	16	
$\frac{1}{2}$	2,222	$4\frac{1}{2}$	0,681	1,729	6	0,708	1,798	0,775	1,968	16	
1	2,540	4	0,781	1,983	5	0,800	2,032	0,880	2,235	12	
$1\frac{1}{8}$	2,857				5	0,925	2,349	1,005	2,552	12	
$1\frac{1}{4}$	3,175	$3\frac{1}{2}$	1,000	2,540	5	1,050	2,667	1,130	2,870	10	
$1\frac{3}{8}$	3,492				4	1,125	2,857	1,225	3,111	10	
$1\frac{1}{2}$	3,810	3	1,208	3,068	4	1,250	3,175	1,350	3,429	8	
$1\frac{3}{4}$	4,445	$2\frac{1}{2}$	1,400	3,556	4	1,500	3,810	1,600	4,064	7	
2	5,080	$2\frac{1}{4}$	1,612	4,094	4	1,750	4,445	1,850	4,699	6	
$2\frac{1}{4}$	5,715	$2\frac{1}{2}$	1,862	4,729	3	1,917	4,869	2,050	5,207	6	
$2\frac{1}{2}$	6,350	2	2,063	5,240	3	2,167	5,504	2,300	5,842	5	
$2\frac{3}{4}$	6,985	2	2,313	5,875	3	2,417	6,139	2,550	6,477	5	
3	7,620	$1\frac{3}{4}$	2,500	6,350	2	2,500	6,350	2,700	6,858	5	
$3\frac{1}{4}$	8,890	$1\frac{3}{4}$	2,962	7,523	2	3,000	7,620	3,200	8,128	5	
4	10,160	$1\frac{1}{2}$	3,418	8,681	2	3,500	8,890	3,700	9,398	4	
$4\frac{1}{4}$	11,430				2	4,000	10,160	4,200	10,668	4	
5	12,700				2	4,500	11,430	4,700	11,938	4	

ANEXO V: TABLA DE DATOS DEL MOTOR

TECO Westinghouse

ISSUED March 8, 2005		PERFORMANCE DATA					ENCLOSURE TEFC			
TYPE AEGA							3-PHASE INDUCTION MOTOR			
NAMEPLATE INFORMATION										
OUTPUT		POLE	FRAME SIZE	VOLTAGE	HZ	RATED AMBIENT	INS. CLASS	NEMA DESIGN	TIME RATING	SERVICE FACTOR
HP	KW									
1/2	0.37	2	56	230/460	60	40°C	F	B	CONT.	1.15
TYPICAL PERFORMANCE										
FULL LOAD RPM	EFFICIENCY				POWER FACTOR			MAXIMUM POWER FACTOR CORRECTION		
	FULL LOAD		3/4 LOAD	1/2 LOAD	F. L.	3/4 LOAD	1/2 LOAD			
	MIN. %	NOM. %	%	%	%	%	%			
3445	66	70	69	63	80	70	58	0.4 KVAR		
CURRENTS										
NO LOAD			FULL LOAD			LOCKED ROTOR			NEMA KVA CODE LETTER	
AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT		
208 VOLT	230 VOLT	460 VOLT	208 VOLT	230 VOLT	460 VOLT	208 VOLT	230 VOLT	460 VOLT		
1.15	1.04	0.52	1.88	1.70	0.85	13.27	12.00	6.00	L	
TORQUE				INERTIA			ACCEL TIME			
FULL LOAD lb-ft	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT	ROTOR WR ² lb-ft ²	NEMA LOAD WK ² lb-ft ²	MAX ALLOWABLE WK ² lb-ft ²	NEMA LOAD WK ² Sec	MAX ALLOWABLE WK ² Sec		
0.8	400	320	395	0.028	0.6	4.9	2.70	19.94		
SAFE STALL TIME IN SECONDS		ALLOWABLE STARTS PER HOUR		SOUND PRESSURE LEVEL @ 3 FT dB(A)						
COLD	HOT	COLD	HOT							
47	33	2	1	63.5						
APPROVED:	M. PRATER		DRAWING NO.	31057G0/52			REVISION 0			



ANEXO VI: TABLA DE TIPOS DE RUEDAS ABRASIVAS

Ruedas FLAP CON BRIDA METÁLICA

PROFESIONAL R-88

Aplicaciones

- la línea **PROFESIONAL R-88** de Ruedas FLAP con brida metálica para la limpieza, rebabeo, eliminación de cordones de soldadura y acabado final en superficies planas o irregulares en la industria.

- ✓ Por su alta resistencia y calidad de grano abrasivo se obtiene una superficie homogénea previa al pulido con el uso gradual de los diferentes granos abrasivos.

Madera	Plásticos	Metal	Tanque y Cuero	Vidrio	Lacas y Pinturas	Metal no ferrosos
	✓	✓			•	•
✓ Óptimo • Funcional						



ALO



Características Generales

Densidad	Mineral	Recubrimiento	Graduación	Adhesivo
Tela X Poliéster	ALO Premium	Curado	FEPA	Resina/Resina

- Respaldo: Tela de alta resistencia y firmeza para procesos demandantes.
- Grano mineral: Óxido de Aluminio premium.
- Graduación: FEPA grados P50 al P320, P400.
- Programa: Diámetros disponibles:
- Versatilidad de granos que cubren al desbaste y al pulido.

6 x $\begin{matrix} 1'' \times 1'' \\ 1\frac{1}{2}'' \times 1'' \\ 2'' \times 1'' \\ 3'' \times 1'' \end{matrix}$ 7 x $\begin{matrix} 1'' \times 1'' \\ 2'' \times 1'' \\ 3'' \times 1'' \end{matrix}$



Manual solo para rueda 1"



Manual para disco en latigo



Manual de banco

Código	Producto	Grado	Tipo	Descripción	Millímetros	Pulgadas	Brida	Caja	Empaque
03811	R-88	P400	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
05925	R-88	P320	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
03722	R-88	P280	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
16206	R-88	P240	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
03681	R-88	P220	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
01051	R-88	P180	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
04301	R-88	P160	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
01670	R-88	P120	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	10	2
01050	R-88	P100	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1
01669	R-88	P80	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	10	2
01668	R-88	P60	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	10	2
05643	R-88	P50	PROFESIONAL	RUEDAS FLAP	152 X25X25	6" X 1" X1"	25mm / 1"	5	1



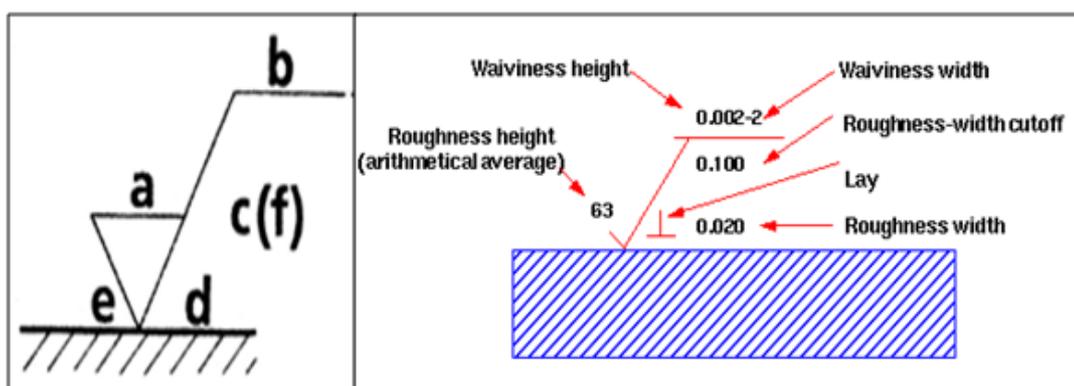
Respete RWC's para un mejor funcionamiento para ruedas de 7" de 4,500 a 4,900 y 6" 5800 de acuerdo al tamaño de la herramienta (especificado en cada producto).

**ANEXO VII: ESPECIFICACIÓN Y SIMBOLOGIA ISO DE
ACABADO SUPERFICIAL**

ESPECIFICACIONES ISO

De acuerdo con la NORMA ISO 1302-1978, las especificaciones del acabado superficial deberán colocarse en relación con el símbolo básico como se muestra a continuación:

- Valor R de rugosidad en micro metros o micro pulgadas o número de grados de rugosidad N1 a N12. (a)
- Método de producción, tratamiento o recubrimiento. (b)
- Longitud de muestreo. (c)
- Dirección de marcado. (d)
- Cantidad que se removerá mediante maquinado. (e)
- Otros parámetros de rugosidad (entre paréntesis). (f)



SIMBOLOGÍA ISO EN PROCESO DE MAQUINADO

Los símbolos de la norma ISO 1302-1978 se utilizan para indicar en los dibujos, las direcciones de las marcas producidas por el proceso de maquinado.

=	Paralelo al plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
X	Cruzado en dos direcciones inclinadas con relación al plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
M	Multidireccional	
C	Aproximadamente circular en relación con el centro de la superficie en la cual se aplica el símbolo.	

**ANEXO VIII: GUÍA DE ACABADOS EN ACERO
INOXIDABLE**

Acabados por laminación

Los acabados de laminación, realizados por procesos de laminación en caliente y frío, son los que se suministran básicamente en todos los productos planos de acero inoxidable. Es suficiente para algunas aplicaciones de la construcción, pero también son la base para los procesos empleados en modificar la superficie según las necesidades arquitectónicas. Las cuatro designaciones más importantes para aplicaciones en construcción son: 1D, 2D, 2B y 2R.

Para maximizar la resistencia a la corrosión del material suministrado, los acabados superficiales de laminación se decapan para eliminar la cascarilla formada durante los procesos de laminado en caliente y su posterior recocido.



1D
Laminado en caliente y recocido. Una vez eliminada la cascarilla de laminación, esta superficie se clasifica como acabado 1D. Esta superficie, propia de las chapas y planchas más gruesas, tiene poca reflectividad. Se utiliza, sobre todo, en motivos no decorativos, donde la apariencia óptica es menos relevante, por ejemplo, en sistemas de soporte en lugares no visibles y en aplicaciones estructurales.



2D
Esta superficie, menos rugosa que la 1D, se logra con el material laminado en frío, recocido y decapado. La apariencia mate de la superficie, poco reflectante, la hace adecuada para aplicaciones industriales y de ingeniería aunque, en arquitectura es menos usada.



2B
Producido mediante el mismo proceso de la superficie 2D, con un ligero laminado final utilizando rodillos muy pulidos que proporciona una superficie lisa, reflectante, grácil. Es el acabado superficial más utilizado en la actualidad y sirve de base para la mayoría de acabados brillantes y pulidos.



2R
Este acabado muy brillante, que refleja las imágenes con claridad, se obtiene mediante un tratamiento químico en unas condiciones atmosféricas sin oxígeno, seguido de un laminado en frío utilizando rodillos muy pulidos. Este acabado muy liso es menos susceptible a alojar contaminantes del aire y su limpieza resulta más fácil.

Acabados grabados

Los acabados grabados se obtienen laminando las bobinas con rodillos previamente grabados con dibujos. Este proceso endurece la chapa realmente y permite lograr espesores más finos, con el consiguiente ahorro y reducción del peso total.

Son ideales, sobre todo, para revestimientos de grandes áreas planas, donde se reducen considerablemente las distorsiones ópticas de la superficie.

Hay dos tipos principales de laminados:

Grabado en un lado, donde el reverso es plano – clasificado como *2M* y

Grabado en los dos lados, donde el estampado se imprime por el reverso – clasificado como *2W*.

En la Terminal Internacional del Ferrocarril de Waterloo, en Londres, la superficie exterior de la cubierta de acero inoxidable requiere un acabado no reflectante.



2F
Clasificado como acabado 2F, tiene un acabado mate de estado espejo en los dos lados de la chapa. El material ha sido decapado y laminado con rodillos con dibujos.



En las superficies grabadas se aprecia menos el efecto de los daños producidos en las zonas de gran afluencia de público, como en las entradas de edificios, ascensores y terminales de los aeropuertos, donde las superficies son susceptibles de sufrir golpes y arañazos.

La baja reflectividad del acabado adoptado por las paredes, techos y mostradores de acero inoxidable absorbe el calor escapado por el suelo, lo que proporciona un efecto cálido y acogedor.



2M
Superficies aleatorias, texturadas por un solo lado, se diseñan para muchas aplicaciones arquitectónicas.



Estos ejemplos muestran el uso de las chapas estampadas por una sola cara, clasificado como 2M. Existen varios modelos.

GUÍA DE ACABADOS DE ACERO INOXIDABLE



Los pabellones de exposiciones del museo "Metecarta" en un parque de Essen están revestidos con acero inoxidable grabado.

Acabados laminados grabados como los usados en los toldos de la Estación Internacional de Ferrocarril de Waterloo, son ideales para "ocultar" gases y aromas.

Existen multitud de grabados por los dos lados. Aquí se muestran algunos ejemplos.



3W

Los grabados laminados a presión se fabrican con rodillos y troqueles macho y hembra.



Chorroado por arena

El chorroado con arena proporciona uniformidad, una superficie no direccional, de baja reflectividad que contrasta bien, visualmente, con los acabados muy pulidos.

Los materiales utilizados para el chorroado incluyen partículas de acero inoxidable, bolas de cerámica, óxido de aluminio, cáscaras de nuez machacadas y vidrio, y cada uno añade una variedad al acabado superficial disponible. Nunca se debe usar hierro ni acero al carbono ya que podría contaminar seriamente la superficie de acero inoxidable, y tampoco se recomiendan, para chorrear el acero inoxidable, las arenas que contengan materiales ferrosos.

Los aceros inoxidables austeníticos se endurecen durante el proceso de chorroado. Sin embargo, el proceso puede causar o aliviar la tensión en la chapa o componente. En algunos casos se hace necesario el chorroado en las dos caras para equilibrar las tensiones. Las compañías especializadas en acabados proporcionan la información necesaria.



La apariencia se puede variar por los diferentes materiales del chorroado, como las bolas de cristal (arriba) o con vidrio troceado (abajo).



En este nuevo anexo a una villa de Múnich, Alemania, toda la balconada ha sido chorroada con bolas de arena para combinar los dos edificios.

La Casa de Ludwig-Erhard de Berín se caracteriza por un acabado extremadamente mate producido por el chorroado con cristal fragmentado.

Electro-pulido

Este proceso electro químico se realiza tanto en chapa como en componentes terminados. Se utiliza este proceso para mejorar la superficie del material eliminando los "picos y valles" de una superficie irregular y así dejar una superficie más lisa y aumentar la reflectividad. El grado de uniformidad y reflectividad producida por este proceso, dependerá de la rugosidad del material inicial y hay que anotar que puede no producir la reflectividad de espejo lograda por procesos mecánicos. Por este proceso se pueden eliminar las inclusiones no metálicas. Las superficies más lisas, además de aumentar la resistencia a la corrosión, son menos susceptibles a alojar contaminantes y su limpieza y mantenimiento es más fácil.



Las superficies externas de los componentes de acero inoxidable se electro-pulieren para facilitar su mantenimiento en esta atmósfera industrial.

Acabados coloreados

Coloreado electrolíticamente

La capa inerte de óxido de cromo de la superficie del acero inoxidable es la que le proporciona la característica de la resistencia a la corrosión del material y, en caso de dañarse, ella misma se repara ante la presencia del oxígeno. Se puede dar color a la capa mediante un proceso químico endurecido por un proceso electrolítico.

El acero inoxidable austenítico es el más adecuado para este proceso. Dependiendo del tiempo, durante la inmersión del acero en una solución ácida, se forma la capa en la superficie y mediante el efecto físico de la interferencia de la luz, es decir la superposición de la luz que entra y se refleja, se produce un efecto de color intenso. El tipo específico de color que pasa a través de la capa es: bronce, dorado, rojo, púrpura y verde, correspondiendo a un aumento del espesor entre 0,02 y 0,36 micras.

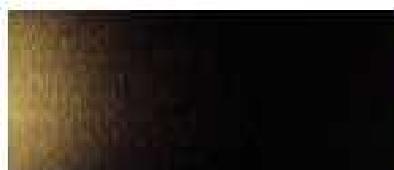
La capa inicial de óxido de cromo coloreada no es susceptible de alterarse por la luz ultravioleta y, como el proceso de coloreado no incluye pigmentos, se puede realizar un tratamiento posterior sin fractura. Por ejemplo, al doblarse, la capa inerte se estirará en el ángulo y al disminuir el grosor se reducirá ligeramente la profundidad del color.

Como la capa inerte de la superficie es transparente, el sustrato proporcionará la apariencia final, es decir, un acabado mate provocará un color mate, y un pulido de espejo producirá un color muy reflectante.

Este proceso produce un color permanente que no requiere restauración, (a diferencia de las superficies pintadas), aunque hay que asegurarse de no dañar la superficie ya que no se puede reparar fácilmente. El acero inoxidable coloreado por este proceso no se puede soldar sin arañar la superficie coloreada.



El logo y el revestimiento de la tona de 22 m. de altura de un fabricante de chocolate están hechos con acero inoxidable coloreado de manera electrolítica.



Esto es sólo un ejemplo de los efectos de color que se pueden lograr coloreando el acero inoxidable por medios electrolíticos.

GUÍA DE ACABADOS DE ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable también se puede colorear en negro, utilizando una solución con dicromato sódico. Hay que tener mucho cuidado al limpiar el acero inoxidable coloreado. No se debe utilizar lana de alambre ni cualquier otro abrasivo, ya que produciría un daño permanente a la superficie, y se deben evitar los agentes de limpieza que contengan cloruros.

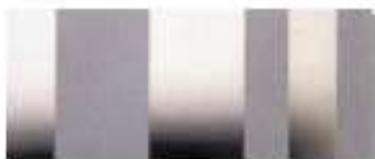
Coloreado y grabado electrolicamente

El acero inoxidable texturado antes de aplicar el color químico, puede crear muchos y muy atractivos diseños. Se pueden realzar mediante un ligero amolado del grabado y exponer los "puntos salientes" al color propio del acero inoxidable, dejando el coloreado en los huecos que son menos susceptibles al daño.

En Euro Disney, cerca de París, se hace un gran uso de los acabados de acero inoxidable coloreado y grabado, como la columna a estado y la cubierta.



Alumando o amolando los puntos salientes de los acabados grabados y coloreados, se expone el color propio del acero inoxidable que crea un atractivo contraste con el color.



Ejemplo de acabados grabados y chamazados por láser de arco.

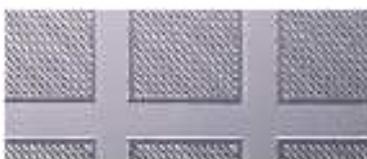
Se han desarrollado procesos por ataque químico, donde la superficie está protegida con películas plásticas adhesivas con el fin de realizar cualquier grabado en el acero inoxidable.

El grabado con ácido es un proceso que elimina una parte del material de la superficie. Las superficies grabadas tienen una apariencia mate y rugosa que contrasta con las superficies con acabados pulidos o satinados. A las superficies atacadas con ácido se les puede dar color antes o después del grabado.

Estos ejemplos son:
Grabado antes de colorear químicamente en azul (arriba) y grabado, seguido de pintado en rojo (abajo).



La profundidad del grabado se controla mediante el tiempo en que el acero inoxidable está expuesto al ácido.



El uso de chapas atacando acabados mates y pulidos contrastan muy bien proporcionando un efecto sorprendente. Estas puertas de ascensor de un banco de Pastalor, Alemania, son un buen ejemplo.



ANEXO IX: MATERIALES USADOS



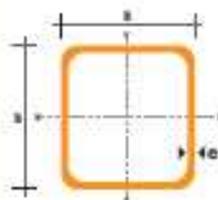
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Modelo	ADM A-30
Acabado exterior	negro o galvanizado
Largo estándar	4 mts.
Origen	Praxair/Consulsa
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Paredes	Desde 2.0mm a 5.0mm



DIMENSIONES		AREA		EJES X-X e Y-Y		
A	ESPESES	PESO	AREA	I	W	I
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ⁴
20	1.2	0.72	0.90	0.20	0.20	0.77
20	1.5	0.90	1.05	0.20	0.20	0.74
20	2.0	1.10	1.34	0.20	0.20	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.00	0.27	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.27	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.40	1.20	0.92
30	1.2	1.08	1.30	1.51	1.20	1.10
30	1.5	1.35	1.63	2.29	1.40	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.20	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.20	2.20	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.40	2.20	1.58
40	2.0	2.41	2.94	6.20	2.40	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	2.20	1.52
50	1.5	2.25	2.85	11.00	4.40	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.15	3.00	1.94
50	3.0	4.40	5.61	21.20	3.00	1.91
60	2.0	3.68	3.74	21.30	7.00	2.58
60	3.0	5.42	6.61	35.00	11.00	2.34
75	2.0	4.52	5.74	30.47	15.40	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.58	16.00	2.92
75	4.0	8.09	10.95	89.90	26.00	2.87
80	3.0	6.17	7.74	122.40	26.00	3.88
80	4.0	8.17	11.41	170.20	30.00	3.94
80	4.0	12.12	16.95	226.00	40.20	3.88
80	5.0	14.40	19.20	270.00	34.11	3.84



Browning

CHUMACERAS MILIMÉTRICAS

BRIDA 4 TORNILLOS



V F 4 S 20 mm

Diámetro Interior
Opresores
4 Agujeros
Brida
Valor & Calidad

Diámetro del eje		A ₁	A ₂	B	D ₁	d	D ₂	M	K	T	Escala del Perfil	Peso Unitario (kg)	
(Ø)	(Ø)												
Ø40	20	22,0	15,1	31,0	50,0	43,3	55,7	11,5	50,3	24,0	M12	0,24	
Ø40	26	34,0	12,7	34,8	50,8	43,0	58,3	11,8	49,8	28,8	M10	0,73	
		1	34,2	12,7	34,8	50,8	43,0	58,3	11,8	49,8	28,8	M10	0,73
Ø40	30	27,4	13,2	38,1	70,0	62,5	108,0	11,5	32,2	34,7	M12	1,18	
		1 1/4	26,4	15,1	42,8	55,8	48,0	117,8	14,0	25,4	42,0	M12	1,64
Ø40	36	20,4	14,1	40,2	30,0	40,2	117,6	14,0	35,4	44,0	M10	1,64	
		1 1/2	30,0	18,8	44,8	68,0	111,8	100,2	14,0	32,2	41,2	M12	2,23
Ø40	40	32,0	15,8	48,3	28,0	40,0	101,0	100,2	14,0	30,2	21,2	M12	2,23
		1 3/4	32,7	15,8	48,3	36,0	50,0	100,0	14,0	30,2	22,0	M14	2,30
Ø40	46	21,7	16,8	46,8	38,0	50,0	108,0	14,0	38,2	33,0	M12	3,36	
Ø40	50	31,0	18,8	51,8	101,8	111,0	142,0	14,0	32,8	41,8	M12	2,50	
		2	36,0	20,7	56,8	108,8	120,0	161,8	14,0	32,8	48,8	M16	3,53
Ø40	55	30,5	20,7	55,5	108,8	130,0	161,8	14,0	35,5	58,0	M16	3,53	
Ø40	60	40,0	20,7	60,1	127,8	140,0	174,8	14,0	38,1	64,0	M16	4,46	

Diámetro del eje	Capacidad	Capacidad		Rendimiento de lubricación	Intermedios lineales		
		Diámetro	Capacidad		Rollers	SRP	SA
(Ø)	(kg)	(mm)	(C, Ø)	(litros)	(mm)	(mm)	(mm)
20	11 800	5 400	5 400	0 500	RFS 23	FY 20 TF	RCU Y 20
26	52 800	7 300	7 300	3 800	RFS 33	FY 26 TF	RCU Y 26
30	59 800	10 800	10 800	4 500	RFS 33	FY 30 TF	RCU Y 30
36	25 700	10 800	10 800	4 000	RFS 36	FY 36 TF	RCU Y 36
40	32 800	19 800	19 800	3 500	RFS 40	FY 40 TF	RCU Y 40
46	38 100	20 200	20 200	3 000	RFS 46	FY 46 TF	-
50	35 100	23 200	23 200	3 000	RFS 50	FY 50 TF	RCU Y 50
55	45 400	20 200	20 200	2 500	RFS 55	FY 55 TF	RCU Y 55
60	52 400	28 200	28 200	2 500	RFS 60	FY 60 TF	RCU Y 60



Product Range

2

For enquiries: +49 89 78909-1122

sales@iwis.com

Iwis Roller chains

according to DIN 8187-1, ISO 606: 2004 and iwis standard

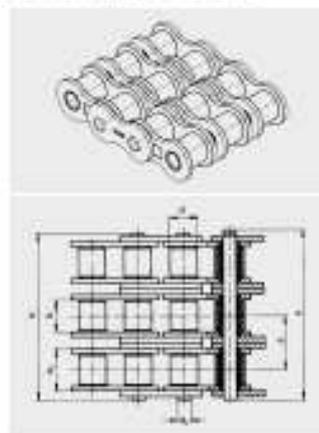
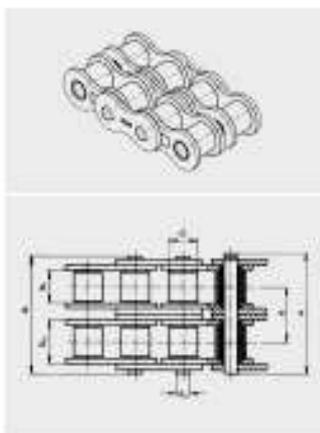
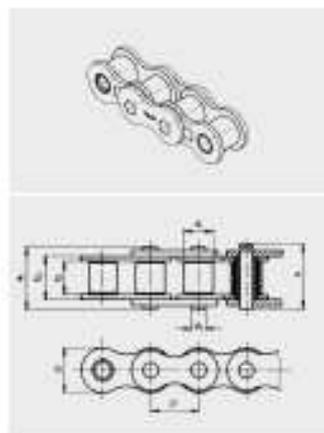
Design	Roller pin	Roller pin dia	Roller pin length	Roller pin width	Roller pin thickness	Roller pin height	Roller pin width	Roller pin thickness	Roller pin height	Roller pin width	Roller pin thickness	Roller pin height	Roller pin width	Roller pin thickness	Roller pin height	
04	042	6 mm	6,00	3,20	3,00	0,07	0,12	2,3	7,0	2,80	4,10	5,00	6,70	7,60	4,00	1,85
05 S 1	052	8 mm	8,00	5,00	5,00	0,11	0,16	2,3	7,0	3,15	4,65	7,10	8,10	9,20	5,00	2,31
-	052HC 2 1/2	8 mm	8,00	5,00	-	0,25	0,34	2,6	-	4,75	7,90	7,60	11,70	-	5,00	2,15
-	052-10° 1	38°	9,50	11,00	-	0,22	0,34	2,3	7,0	3,94	6,60	8,20	11,00	12,20	6,35	3,31
06 S 1	061 1*	38°	9,50	10,50	9,00	0,28	0,41	2,3	6,7	5,72	8,50	8,20	12,90	14,10	6,35	3,31
-	P 06 1	10°	12,70	15,50	-	0,29	0,44	2,3	6,7	4,80	7,90	10,20	13,25	14,10	7,75	3,58
-	S 04 1	10°	12,70	15,00	-	0,38	0,56	2,3	6,7	6,40	9,65	12,00	15,00	16,01	7,75	3,97
08 S 1	1.85 S 1*	10°	12,70	22,00	18,00	0,50	0,70	2,3	6,7	7,75	11,30	11,80	16,90	18,50	8,51	4,45
10 S 1	M 10 S 1*	58°	15,85	27,00	22,40	0,67	0,95	2,3	6,7	9,65	13,20	14,40	19,50	20,90	10,16	5,28
12 S 1	M 12 S 1*	34°	19,25	34,00	29,00	0,85	1,25	2,3	4, 6, 7, 8	11,75	16,80	16,40	22,70	23,80	12,07	5,72
16 S 1	M 16 S 1*	1°	25,40	45,00	40,00	2,10	2,70	2,3	6, 7, 8	17,00	25,45	21,10	36,10	36,30	15,20	8,20
20 S 1	M 20 S 1	1.34°	31,75	120,00	85,00	2,50	3,70	2, 4, 6, 8	-	19,58	29,01	25,40	40,50	40,30	19,05	10,19
24 S 1	M 24 S 1	1.10°	38,10	211,00	150,00	5,50	7,05	2, 4, 6, 8	-	25,40	37,80	33,50	53,10	60,30	25,40	14,63
28 S 1	M 28 S 1	1.34°	44,45	250,00	200,00	7,25	9,55	2, 4, 6, 8	-	30,95	46,58	37,80	60,60	69,90	27,94	15,98
32 S 1	M 32 S 1	1°	50,80	315,00	250,00	8,05	10,90	2, 4, 6, 8	-	36,95	45,57	42,30	65,10	73,10	29,21	17,81

* Also available with straight side plates * Varying dimensions for marked links * Bush chain

* easy break — chains with shouldered pins

The suffix SL indicates chains with particularly wear-resistant pins.

It should be noted that if cranked links are fitted, the breaking strength of the chain may be reduced by approximately 20%.



**ANEXO X: SEGURIDADES PARA EL MANEJO DEL
PROTOTIPO**

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Se incluyen en este manual *Símbolos de Atención de Seguridad* para alertarlo de posibles *Riesgos para la Seguridad*. Cada vez que vea estos símbolos, siga las instrucciones indicadas por ellos.



El **Símbolo de Advertencia** identifica instrucciones o procedimientos especiales de seguridad que, de no seguirse correctamente, podrían resultar en lesiones personales.



El **Símbolo de Precaución** identifica instrucciones o procedimientos especiales que, de no observarse estrictamente, podrían resultar en daño o destrucción de equipos.

- | | |
|---|--|
| <p>1. MANTENGA LAS BARRERAS PROTECTORAS EN SU LUGAR y en condiciones operativas.</p> <p>2. RETIRE LLAVES Y DEMÁS HERRAMIENTAS.</p> <p>3. MANTENGA LIMPIA EL ÁREA DE TRABAJO.</p> <p>4. NO USE EN UN AMBIENTE PELIGROSO. No use la rectificadora en lugares húmedos o mojados ni la exponga a la lluvia. Mantenga bien iluminada el área de trabajo.</p> <p>5. MANTENGA ALEJADOS A LOS VISITANTES. Todos los visitantes deben permanecer a una distancia segura del área de trabajo.</p> <p>6. DISEÑE EL ÁREA DE TRABAJO A PRUEBA DE NIÑOS, con candados y llaves maestras.</p> <p>7. NO FUERCE LA RECTIFICADORA. Hara el trabajo mejor y más seguro si se usa según se especifica en este manual.</p> <p>8. USE LA HERRAMIENTA CORRECTA. No fuerce la rectificadora ni ningún accesorio para hacer un trabajo para el cual no ha sido diseñada.</p> <p>9. USE LA INDUMENTARIA ADECUADA. No use ropa floja, guantes, corbatas ni joyas que podrían engancharse en las piezas móviles. Se recomienda el uso de calzado antideslizante. Cúbrase el cabello largo con un gorro protector.</p> <p>10. USE SIEMPRE GAFAS DE SEGURIDAD.</p> <p>11. NO PIERDA EL EQUILIBRIO PARA ALCANZAR ALGO. Mantenga en todo momento el equilibrio y la posición segura.</p> | <p>12. EFFECTÚE EL MANTENIMIENTO CUIDADOSO DE LA RECTIFICADORA. Siga las Instrucciones que figuran en este manual en relación con la lubricación y el mantenimiento preventivo.</p> <p>13. DESCONECTE LA ENERGÍA ANTES DE DAR SERVICIO TÉCNICO, o al cambiar la rueda rectificadora.</p> <p>14. REDUZCA EL RIESGO DE ARRANQUE ACCIDENTAL. Asegúrese que el interruptor esté en posición de apagado (OFF) antes de conectar la rectificadora.</p> <p>15. USE LOS ACCESORIOS RECOMENDADOS. Consulte el manual para interiorizarse de cuáles son los accesorios recomendados. El uso de accesorios inadecuados puede causar riesgo de lesiones personales.</p> <p>16. CHEQUE LAS PIEZAS DAÑADAS. Repare o reemplace la barrera protectora u otra pieza que esté dañada o que no desempeñe la función para la cual fue diseñada.</p> <p>17. NUNCA DEJE LA RECTIFICADORA PRENDIDA EN DESATENTO. APÁGELA. No deje a la rectificadora hasta que llegue a una parada completa.</p> <p>18. CONOZCA SU EQUIPO. Lea este manual con suma atención. Aprenda la aplicación y limitaciones de su equipo, como así también los riesgos potenciales específicos.</p> <p>19. MANTENGA TODAS LAS CALCOMANIAS DE SEGURIDAD LIMPIAS Y LEGIBLES. En caso de daño o ilegibilidad de las calcomanias de seguridad por cualquier motivo, cámbielas de inmediato. Remítase a las ilustraciones de las piezas de reemplazo que figuran en el Manual de Servicio Técnico para ubicar bien e informarse de los números de parte de las calcomanias de seguridad.</p> <p>20. NO OPERE LA RECTIFICADORA CUANDO ESTÉ BAJO LA INFLUENCIA DE DROGAS, ALCOHOL O MEDICACIÓN.</p> |
|---|--|

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD



EL USO INADECUADO DE LA RUEDA RECTIFICADORA PUEDE CAUSAR ROTURAS Y LESIONES GRAVES.

La operación de rectificado es segura si se siguen algunas reglas básicas que se mencionan a continuación y que están basadas en el material contenido en el Código de Seguridad ANSI B7.1 para el "Uso, Cuidado y Protección de ruedas Abrasivas". Para su seguridad, le sugerimos que se beneficie de la experiencia de los demás y observe dichas reglas.

SI

1. **MANIPULE Y GUARDE** siempre las ruedas con sumo cuidado.
2. **INSPECCIONE VISUALMENTE** todas las ruedas antes del montaje para verificar que no estén dañadas.
3. **VERIFIQUE LA VELOCIDAD DE LA MÁQUINA** en función de la velocidad operativa de seguridad máxima establecida, marcada en la rueda.
4. **VERIFIQUE LAS BRIDAS DE MONTAJE** a fin de que tengan el mismo diámetro y que este sea el correcto.
5. **UTILICE SECADORES DE MONTAJE** cuando se entreguen con las ruedas.
6. **ASEGÚRESE QUE EL SOPORTE DE PIEZA** esté bien ajustado.
7. **USE** siempre **UNA COBERTURA DE GUARDA PROTECTORA DE SEGURIDAD** que cubra, por lo menos, la mitad de la rueda rectificadora.
8. **PERMITA QUE LAS RUEDAS RECIÉN MONTADAS** funcionen a la velocidad operativa, con la guarda protectora en su lugar durante, por lo menos, un minuto antes de la operación de rectificado.
9. **USE** siempre **GAFAS DE SEGURIDAD** o algún tipo de protección para la vista durante la operación de rectificado.
10. **APAGUE EL REFRIGERANTE** antes de parar para evitar crear una condición de fuera de equilibrio.

NO

1. **NO** use una rueda agrietada ni una que **SE HA CALDO** o que está dañada.
2. **NO FUERCE** una rueda para que encaje en la máquina **NI ALTERE** el tamaño del orificio de montaje. Si la rueda no encaja en la máquina, busque otra que sí.
3. **NO EXCEDA** nunca **LA VELOCIDAD OPERATIVA MÁXIMA** establecida para la rueda.
4. **NO** use bridas de montaje sobre las cuales las superficies de los rodamientos **NO QUEDEN LIMPIAS, PLANAS Y SIN REBABAS**.
5. **NO APRIETE EXCESIVAMENTE** la tuerca de montaje.
6. **NO** efectúe el rectificado del **LADO DE LA RUEDA** (para excepciones, consulte el Código de Seguridad B7.21).
7. **NO** arranque la máquina mientras la **GUARDA PROTECTORA DE RUEDA** no esté en posición.
8. **NO ATASQUE** la pieza de trabajo contra la rueda.
9. **NO SE PARE DIRECTAMENTE ENFRENTA** de una rueda rectificadora cada vez que arranque una rectificadora.
10. **NO FUERCE EL RECTIFICADO** de modo tal que el motor disminuya notablemente la velocidad o que se caliente la pieza de trabajo.
11. **NO** use una lavadora eléctrica para limpiar la máquina.



EVITE INHALAR EL POLVO generado por las operaciones de rectificado y corte. La exposición al polvo puede causar enfermedades respiratorias. Use respiradores, gafas de seguridad o máscaras e indumentaria de protección aprobadas por NIOSH o MSHA. Proporcione la ventilación adecuada a fin de eliminar el polvo o de mantener el nivel de polvo por debajo del Valor Mínimo de polvo perjudicial clasificado por la OSHA.

ANEXO XI: HOJAS DE PROCESOS

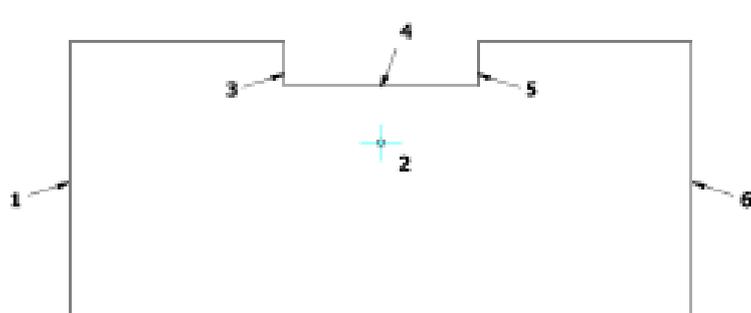
HOJA DE PROCESOS				PLACA SOPORTE DEL MOTOR	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 85 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Placa Soporte	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	4	10
2,3,4,5	Medición y Trazado de centros		1		20
2,3,4,5	Perforaciones Pasantes	500	3	4	20
6	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	5

HOJA DE PROCESOS				EJE MOTRIZ	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 135 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Eje Motriz	Acero SAE 1018	∅31,75 x 4000	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Medición y Corte		1	31,75	20
1,9	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer Centros	385	3	0,5	20
2	Cilindrar	385	4	3,175	20
3,4,5	Chafilán	385	1	<45	5
6	Radio de curvatura	385	2	1	5
7	Roscado	125	4	1,5	20
8	Perforación a medida	125	3	25,4	15
10	Chavetero interno fresado	125	6	4	20

HOJA DE PROCESOS				SOPORTE U	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 85 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Canal U	Acero ASTMA36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	4	10
2,3,4,5,6,7	Medición y Trazado de centros		1		20
2,3,4,5,6,7	Perforaciones Pasantes	500	3	4	40
8	Doblar a 90° con respecto a 1		1		5
9	Doblar a 90° con respecto a 1		1		5
10	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	10

HOJA DE PROCESOS				PLACA ANCLAJE	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 65 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	4	Base anclaje	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
<p>El diagrama muestra una placa rectangular con cuatro agujeros de anclaje distribuidos en una cuadrícula. Los agujeros están numerados del 2 al 5. El borde izquierdo de la placa está etiquetado con el número 1 y el borde derecho con el número 6. Cada agujero tiene un símbolo de centro con líneas de trazo.</p>					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	4	10
2,3,4,5	Medición y Trazado de centros		1		20
2,3,4,5	Perforaciones Pasantes	500	3	4	20
6	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	5

HOJA DE PROCESOS				GUÍA PARA DESPLAZAMIENTO	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 100 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	2	Gua U	Acero ASTM A36	2440x1220x6 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	6	10
2,3,4,5	Medición y Trazado		1		20
2,3,4,5	Despunte	500	1	6	40
6	Doblar a 90° con respecto a 1		1		5
7	Doblar a 90° con respecto a 1		1		5
8	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	10

HOJA DE PROCESOS				BASE BASTIDOR	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 90 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Base bastidor	Acero ASTM A36	2440x1220x6 (mm)	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	6	10
2	Medición y Trazado de centros		1		10
2	Perforaciones Pasantes	500	2	6	20
3,4,5	Trazado		1		10
3,4,5	Corte con Amoladora	500	1	6	25
6	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	5

HOJA DE PROCESOS				PERFIL DE SOPORTE	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 80 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	2	Perfil A	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	4	10
2,3	Medición y Trazado		1		10
2,3	Doblar a 90° con respecto a 1		1		15
4,5	Medición y Trazado		1		10
4,5	Doblar a 90° con respecto a 1		1		15
6	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	10

HOJA DE PROCESOS				PLACA BASE	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 65 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Placa Base	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	4	10
2	Medición y Trazado Canal		1		10
2	Corte de Canal	500	1	4	25
3	Eliminar aristas vivas	500	2	0,5	10

HOJA DE PROCESOS				MANGO	
Nombre de la unidad: PULIDORA ROTATIVA DE PIEZAS PLANAS DE ACERO INOXIDABLE				Tiempo de duración: 195 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Mango	Acero SAE 1018	∅31,75 x 4000	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Trazado		1		10
1	Medición y Corte		1	25,4	20
1,8	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer Centros	385	3	0,5	20
2	Cilindrar	385	4	3,175	20
3,4,5	Chafán	385	1	<45	5
6	Radio de curvatura	385	2	1	5
7	Roscado	125	4	1,5	20

ANEXO XII: PLANOS DE TALLER Y MONTAJE