



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
UN PROTOTIPO DE PLANTA DE ANODIZADO NATURAL DE
ALUMINIO, CON SCADA PARA EL LABORATORIO DE
PRUEBAS EN LA EMPRESA CEDAL S.A.”**

**AUTORES: PAMELA MARCELA CHACHA MURILLO
NEY RAÚL CAIZA MONTATIXE**

**DIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR
CODIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS**

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. FREDDY SALAZAR (DIRECTOR)

ING. FÉLIX MANJARRÉS (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE ANODIZADO NATURAL DE ALUMINIO, CON SCADA PARA EL LABORATORIO DE PRUEBAS EN LA EMPRESA CEDAL S.A.”**, realizado por: PAMELA MARCELA CHACHA MURILLO y NEY RAÚL CAIZA MONTATIXE ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con alto contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, Abril del 2015.

Ing. Freddy Salazar

DIRECTOR

Ing. Félix Manjarrés

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

PAMELA MARCELA CHACHA MURILLO

NEY RAÚL CAIZA MONTATIXE

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE ANODIZADO NATURAL DE ALUMINIO, CON SCADA PARA EL LABORATORIO DE PRUEBAS EN LA EMPRESA CEDAL S.A.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las referencias que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril del 2015.

Pamela Marcela Chacha Murillo.

C.C.: 172292193-7

Ney Raúl Caiza Montatixe.

C.C.: 172004050-8

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

**NOSOTROS: PAMELA MARCELA CHACHA MURILLO
NEY RAÚL CAIZA MONTATIXE**

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo denominado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE ANODIZADO NATURAL DE ALUMINIO, CON SCADA PARA EL LABORATORIO DE PRUEBAS EN LA EMPRESA CEDAL S.A.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2015.

Pamela Marcela Chacha Murillo.

C.C.: 172292193-7

Ney Raúl Caiza Montatixe.

C.C.: 172004050-8

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María que son mis guías y pilares fundamentales en mi vida.

A mis padres Marcelo y Juanita, quienes me apoyaron incansablemente en esta ardua labor de mis estudios, su apoyo económico y moral, sus palabras de aliento y fortaleza en el día a día de mi vida hicieron y hacen posible que pueda alcanzar las metas y objetivos propuestos.

A mis hermanos Katy y Andrés, quienes me incentivan a dar cada día lo mejor de mí.

A mis dos ángeles que están hoy en el cielo y comparten conmigo este gran logro.

PAMELA

Dedico esta Tesis a Dios, a la virgen santísima, a mi familia, especialmente a mis padres, a mi esposa a mi hijo, quienes estuvieron a mi lado y me apoyaron incondicionalmente para poder cumplir esta meta que con tanto sacrificio he conseguido, a mis compañeros y amigos inseparables, a mis profesores, que siempre con sus conocimientos me guiaron en mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTO

A mis tutores de tesis Ing. Freddy Salazar e Ing. Félix Manjarrés, por su incondicional colaboración en el proceso de elaboración de la tesis.

A mis docentes de la ESPE que en el transcurso de mi vida universitaria supieron impartir sus conocimientos que hoy por hoy son de gran utilidad en mi vida profesional.

Al apoyo de tan noble amigo que supo guiarme en los últimos pasos de mi tesis, mi eterna gratitud Ing. Ángel Yáñez.

Como no mencionar a tan hermosa familia dentro de la institución, gracias queridos amigos SPSC-2 por todos esos bellos momentos compartidos.

Agradezco primeramente a Dios por darme esta bendición de conseguir el sueño casi inalcanzable, el de obtener el título de ingeniero en mecatrónica.

En segundo lugar agradezco a Raúl Caiza y Germania Montatixe por ser los mejores padres del mundo quienes me guiaron con su ejemplo y amor durante toda mi vida estudiantil y en los momentos más difíciles de mi vida.

A su vez agradezco a Gina Tutasig por ser una esposa amorosa y a mi hijo Benjamín Caiza por estar junto a mí durante todo este tiempo sin esperar nada a cambio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|--------------|
| CARÁTULA | i |
| CERTIFICADO | ii |
| DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA | iii |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD | iii |
| DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA | iv |
| AUTORIZACIÓN | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiv |
| RESUMEN | xviii |
| ABSTRACT | xix |
| | |
| CAPÍTULO I | 1 |
| FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES | 1 |
| 1.1. Introducción: generalidades sobre sistemas de anodizado de aluminio..... | 1 |
| 1.1.1. Sistemas de anodizado de aluminio | 1 |
| 1.2. Conceptos generales | 3 |
| 1.2.1. Perfiles de aluminio..... | 3 |
| 1.2.2. Tipos de sistemas de anodizado de aluminio | 6 |
| 1.2.3. El aluminio en el mundo | 10 |
| 1.2.4. Sistemas de anodizado natural disponibles en el mercado nacional | 12 |
| 1.2.5. Ventajas del anodizado..... | 13 |
| 1.3. Tratamiento químico de los materiales | 14 |
| 1.3.1. Introducción | 14 |
| 1.3.2. Comportamiento químico del aluminio..... | 15 |
| 1.3.3. Proceso de anodizado | 16 |
| 1.4. Proceso electrolítico | 19 |
| 1.4.1. Formación de la capa | 19 |
| 1.4.2. Recubrimientos metálicos por electrolisis..... | 21 |

| | |
|--|------------|
| 1.4.3. Comportamiento de la capa de óxido..... | 22 |
| CAPÍTULO II | 24 |
| CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA | 24 |
| 2.1. Caracterización de los parámetros de diseño | 24 |
| 2.1.1. Parámetros previos al diseño..... | 24 |
| 2.1.2. Análisis funcional y diseño conceptual..... | 27 |
| 2.1.3. Determinación de diagramas funcionales | 28 |
| 2.1.4. División por módulos..... | 29 |
| 2.1.5. Selección de elementos | 56 |
| 2.2. Parámetros de diseño..... | 81 |
| 2.2.1. Dimensionamiento de la estructura aporcada | 81 |
| 2.2.2. Esquema general de la estructura aporcada | 82 |
| 2.2.3. Determinación de las cargas actuantes..... | 84 |
| 2.2.4. Cargas en el primer piso de la estructura | 89 |
| 2.2.5. Cargas en el segundo piso de la estructura..... | 89 |
| 2.2.6. Cargas del puente grúa (cuarto piso)..... | 90 |
| 2.2.7. Placa base | 93 |
| 2.3. Resumen de las cargas consideradas para el diseño del puente grúa | 95 |
| 2.4. Ingeniería en detalle | 96 |
| 2.4.1. Diseño de la viga carrilera..... | 96 |
| 2.4.2. Cuarto piso | 100 |
| 2.4.3. Tercer piso..... | 101 |
| 2.4.4. Segundo piso | 101 |
| 2.4.5. Primer piso | 101 |
| 2.4.6. Placa base | 102 |
| 2.5. Interpretación de resultados | 104 |
| 2.5.1. Cálculo del factor de seguridad en los perfiles | 106 |
| CAPÍTULO III..... | 114 |
| IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA | 114 |
| 3.1. Implementación del sistema mecánico..... | 114 |
| 3.2. Implementación del sistema eléctrico-electrónico | 122 |
| 3.3. Implementación del sistema scada | 133 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO IV | 146 |
| PRUEBAS Y RESULTADOS | 146 |
| ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO | 165 |
| CAPÍTULO V..... | 173 |
| CONCLUSIONES..... | 173 |
| RECOMENDACIONES..... | 175 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 176 |
| LINKGRAFÍA..... | 177 |
| ANEXOS | 180 |
| ANEXO A PROPIEDADES Y TABLAS DE LOS MATERIALES | |
| ANEXO B DATASHEETS | |
| ANEXO C NORMAS QUALANOD | |
| ANEXO D PLANOS MECÁNICOS | |
| ANEXO E PLANOS ELÉCTRICOS - ELECTRÓNICOS | |
| ANEXO F PAPER | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|---|-----|
| TABLA 1.1 | Aleaciones Data Sheet..... | 3 |
| TABLA 1.2 | Composición Química EN AW-6060 | 4 |
| TABLA 1.3 | Composición Química EN AW-6061 | 5 |
| TABLA 1.4 | Composición Química EN AW-6063 | 6 |
| TABLA 1.5 | Rigideces Dieléctricas | 10 |
| TABLA 1.6 | Microdurezas | 10 |
| TABLA 1.7 | Países productores de Aluminio..... | 11 |
| TABLA 2.1 | Medidas de cadena ISO de rodillos simples DIN-8187 | 57 |
| TABLA 2.2 | Datos técnicos motor eléctrico | 63 |
| TABLA 2.3 | Características técnicas del cilindro neumático..... | 64 |
| TABLA 2.4 | Datos técnicos sensor inductivo | 74 |
| TABLA 2.5 | Datos técnicos flotador magnético plástico..... | 75 |
| TABLA 2.6 | Datos técnicos sensor efecto Hall..... | 75 |
| TABLA 2.7 | Datos técnicos Ph-metro | 76 |
| TABLA 2.8 | CPU S7-1200..... | 78 |
| TABLA 2.9 | Protecciones | 78 |
| TABLA 2.10 | Fuentes de alimentación | 79 |
| TABLA 2.11 | Características de la estructura aporticada | 81 |
| TABLA 2.12 | Características del puente grúa..... | 81 |
| TABLA 2.13 | Elementos que conforman el pórtico..... | 85 |
| TABLA 2.14 | Accesorios del primer piso | 89 |
| TABLA 2.15 | Accesorios del puente grúa..... | 91 |
| TABLA 2.16 | Factor de impacto | 92 |
| TABLA 2.17 | Cargas actuantes para el diseño del puente grúa | 95 |
| TABLA 2.18 | Parámetros de perfiles | 97 |
| TABLA 2.19 | Cargas actuantes en el cuarto piso..... | 100 |
| TABLA 2.20 | Cargas distribuidas en el segundo piso | 101 |
| TABLA 2.21 | Cargas puntuales en el primer piso viga 1..... | 102 |
| TABLA 2.22 | Cargas puntuales en el primer piso viga 2..... | 102 |
| TABLA 2.23 | Características perno de anclaje utilizado | 103 |
| TABLA 2.24 | Esfuerzo cortante y momento flector correa tipo G | 106 |
| TABLA 2.25 | Esfuerzo cortante y momento flector ángulos lados iguales | 108 |
| TABLA 2.26 | Esfuerzo cortante y momento flector correa G - carga viva..... | 110 |
| TABLA 2.27 | Esfuerzo cortante y momento flector correa G – viga carrilera | 112 |
| TABLA 3.1 | Relés 24 VDC – 110 VAC | 125 |
| TABLA 3.2 | Sensores inductivos | 126 |
| TABLA 4.1 | Referencias para anodizar | 157 |
| TABLA 4.2 | Referencia perfil aluminio 3659..... | 158 |
| TABLA 4.3 | Referencia perfil aluminio 3353..... | 159 |
| TABLA 4.4 | Tiempos para anodizar (1.5 - 2.5 A) | 159 |
| TABLA 4.5 | Tiempos para anodizar (2.5 - 3.5 A) | 160 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| TABLA 4.6 | Tiempos para anodizar (3.5 - 4.5 A) | 160 |
| TABLA 4.7 | Detalles de gastos | 165 |
| TABLA 4.8 | Resultado semanal acabados con fallas anódicas..... | 169 |
| TABLA 4.9 | Resultado total acabados con fallas anódicas..... | 170 |
| TABLA 4.10 | Pérdidas económicas por acabados defectuosos USD | 171 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| FIGURA 1.1 | Ejemplo de piezas anodizadas | 2 |
| FIGURA 1.2 | Barra de protección lateral en aluminio anodizado | 7 |
| FIGURA 1.3 | Pinza HPK anodizado duro | 9 |
| FIGURA 1.4 | Pinza HPK anodizado..... | 13 |
| FIGURA 1.5 | Proceso de anodizado en cubas | 16 |
| FIGURA 1.6 | Proceso electrolítico de anodizado | 20 |
| FIGURA 1.7 | Recubrimiento catódico..... | 21 |
| FIGURA 1.8 | Capa amorfa formada naturalmente | 22 |
| FIGURA 1.9 | Vista sección capa anódica..... | 23 |
| FIGURA 1.10 | Vista frontal capa anódica | 23 |
| FIGURA 2.1 | Casa de la calidad | 25 |
| FIGURA 2.2 | Análisis la voz del cliente..... | 26 |
| FIGURA 2.3 | Funciones de entrada | 28 |
| FIGURA 2.4 | Módulos del prototipo de planta de anodizado natural | 29 |
| FIGURA 2.5 | Estructura metálica y sus partes | 31 |
| FIGURA 2.6 | Transmisión de cargas en la estructura metálica | 31 |
| FIGURA 2.7 | Estructura aporticada..... | 32 |
| FIGURA 2.8 | Estructura reticular | 32 |
| FIGURA 2.9 | Cadena de moto | 33 |
| FIGURA 2.10 | Partes de un puente grúa..... | 34 |
| FIGURA 2.11 | Puente grúa tipo monorraíl | 36 |
| FIGURA 2.12 | Puente grúa tipo monorraíl | 36 |
| FIGURA 2.13 | Partes del cojinete..... | 37 |
| FIGURA 2.14 | Flotador plástico | 38 |
| FIGURA 2.15 | Tipos de termocuplas | 39 |
| FIGURA 2.16 | Datos técnicos LM35 | 40 |
| FIGURA 2.18 | Sensor de Efecto Hall-Principio de funcionamiento | 40 |
| FIGURA 2.17 | Sensor de efecto Hall..... | 41 |
| FIGURA 2.19 | PH-metro | 42 |
| FIGURA 2.20 | Sensor inductivo..... | 43 |
| FIGURA 2.21 | Componentes de una fuente de alimentación | 43 |
| FIGURA 2.22 | Fuente de alimentación 12-24 VDC..... | 44 |
| FIGURA 2.23 | Partes de un relé | 44 |
| FIGURA 2.24 | Estructura PLC | 45 |
| FIGURA 2.25 | Ciclo PLC | 46 |
| FIGURA 2.26 | PLC..... | 46 |
| FIGURA 2.27 | Partes de la electroválvula..... | 48 |
| FIGURA 2.28 | Bombas de agua..... | 49 |
| FIGURA 2.29 | Circuito rectificador AC/DC | 50 |
| FIGURA 2.30 | Extractor tipo campana..... | 51 |
| FIGURA 2.31 | Extractor eólico | 51 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| FIGURA 2.32 | Resistencias cerámicas | 51 |
| FIGURA 2.33 | Resistencia en acero inoxidable | 52 |
| FIGURA 2.34 | TIA PORTAL..... | 53 |
| FIGURA 2.35 | Rombo de Seguridad | 55 |
| FIGURA 2.36 | Perfil tentativo para la estructura principal | 56 |
| FIGURA 2.37 | Cadena | 57 |
| FIGURA 2.38 | Piñón..... | 58 |
| FIGURA 2.39 | Piñón elaborado en SOLIDWORK | 60 |
| FIGURA 2.40 | Cuba Electrolítica | 61 |
| FIGURA 2.41 | Bomba de agua | 62 |
| FIGURA 2.42 | Electroválvula hidráulica plástica | 62 |
| FIGURA 2.43 | Motor 24VDC | 63 |
| FIGURA 2.44 | Cilindro neumático de doble efecto | 65 |
| FIGURA 2.45 | Electroválvula neumática 5/2 | 65 |
| FIGURA 2.46 | Electroválvula neumática 3/2 | 65 |
| FIGURA 2.47 | Tubería PVC..... | 66 |
| FIGURA 2.48 | Codos PVC..... | 66 |
| FIGURA 2.49 | Reductor PVC | 67 |
| FIGURA 2.50 | TEE PVC..... | 67 |
| FIGURA 2.51 | Neplo PVC | 68 |
| FIGURA 2.52 | Válvula de bola plástica | 68 |
| FIGURA 2.53 | Manguera plástica flexible..... | 69 |
| FIGURA 2.54 | Codo flex-90° | 69 |
| FIGURA 2.55 | Filtro de canastilla | 70 |
| FIGURA 2.56 | Rectificador de onda completa..... | 70 |
| FIGURA 2.57 | Osciloscopio | 71 |
| FIGURA 2.58 | Forma de onda (voltaje) del rectificador AC/DC..... | 71 |
| FIGURA 2.59 | Rack y base soporte..... | 72 |
| FIGURA 2.60 | Radiador de aluminio | 72 |
| FIGURA 2.61 | Extractor de gases..... | 73 |
| FIGURA 2.62 | Final de carrera..... | 73 |
| FIGURA 2.63 | Sensor inductivo, posicionamiento del cilindro | 74 |
| FIGURA 2.64 | Sensor tipo J | 74 |
| FIGURA 2.65 | Flotador magnético plástico | 75 |
| FIGURA 2.66 | Sensor de Efecto Hall..... | 76 |
| FIGURA 2.67 | PH meter PH sensor analog source for Arduino | 77 |
| FIGURA 2.68 | PLC y módulos de PLC (S7 1200)..... | 77 |
| FIGURA 2.69 | Esquema general de la estructura aportricada | 82 |
| FIGURA 2.70 | Esquema detallado de la estructura aportricada..... | 83 |
| FIGURA 2.71 | Esquema detallado de la estructura aportricada | 83 |
| FIGURA 2.72 | Ancho colaborante para el análisis del pórtico (cm) | 84 |
| FIGURA 2.73 | Geometría del perfil G | 86 |
| FIGURA 2.74 | Carga puntual vertical | 92 |
| FIGURA 2.75 | Variables de medidas placa base..... | 93 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| FIGURA 2.76 | Vista en corte placa base | 94 |
| FIGURA 2.77 | Perforaciones placa base | 94 |
| FIGURA 2.78 | Visualización de los perfiles utilizados en la estructura | 98 |
| FIGURA 2.79 | Estructura graficada en SAP2000 (apoyos fijos) | 99 |
| FIGURA 2.80 | Cargas en la estructura - Programa SAP2000 | 100 |
| FIGURA 2.81 | Estructura y tabla con cargas puntuales en el cuarto piso | 101 |
| FIGURA 2.82 | Tabla con cargas distribuidas en el segundo piso | 101 |
| FIGURA 2.83 | Medidas reales de la placa base..... | 102 |
| FIGURA 2.84 | Porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en caliente..... | 104 |
| FIGURA 2.85 | Porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en frío | 105 |
| FIGURA 2.86 | Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G | 106 |
| FIGURA 2.87 | Diagrama de esfuerzos y momentos ángulos de lados iguales.... | 108 |
| FIGURA 2.88 | Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G - carga viva.... | 110 |
| FIGURA 2.89 | Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera | 111 |
| FIGURA 2.90 | Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera - SAP 2000..... | 111 |
| FIGURA 2.91 | Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G | 112 |
| FIGURA 3.1 | Cubas ubicadas en la estructura..... | 115 |
| FIGURA 3.2 | Grúa | 116 |
| FIGURA 3.3 | Tubería agua osmotizada..... | 117 |
| FIGURA 3.4 | Sistema de tubería en las cubas | 117 |
| FIGURA 3.5 | Desagüe del sistema | 118 |
| FIGURA 3.6 | Bomba plástica | 118 |
| FIGURA 3.7 | Intercambiador..... | 119 |
| FIGURA 3.8 | Ánodo y cátodo | 120 |
| FIGURA 3.9 | Barra de aluminio en forma de “U” (cátodo) | 120 |
| FIGURA 3.10 | Ánodo (soporte y probeta)..... | 121 |
| FIGURA 3.11 | Barra de aluminio en forma de “U” (ánodo)..... | 121 |
| FIGURA 3.12 | Caja térmica de breaker principal de alimentación | 122 |
| FIGURA 3.13 | Breaker de alimentación principal..... | 123 |
| FIGURA 3.14 | Tablero de control | 124 |
| FIGURA 3.15 | Fuente 5-12VDC | 125 |
| FIGURA 3.16 | Diagrama control de posición del cilindro | 126 |
| FIGURA 3.17 | Diagrama control de posición (adelante-atrás) de la grúa..... | 126 |
| FIGURA 3.18 | Diagrama control de posición (arriba-abajo) de la grúa..... | 127 |
| FIGURA 3.19 | Termocupla tipo J en cuba de neutralizado | 127 |
| FIGURA 3.20 | Diseño de control de temperatura termocupla tipo J..... | 128 |
| FIGURA 3.21 | Diseño de control de temperatura termocupla tipo J..... | 128 |
| FIGURA 3.22 | Circuito de medición de temperatura | 128 |
| FIGURA 3.23 | Diseño de control de temperatura LM35..... | 129 |
| FIGURA 3.24 | Flotador magnético plástico cuba de enjuague..... | 129 |
| FIGURA 3.25 | Diagrama de control de nivel | 130 |
| FIGURA 3.26 | Diagrama de control de nivel | 130 |
| FIGURA 3.27 | Diagrama de control de nivel | 130 |
| FIGURA 3.28 | Sensor de Efecto Hall..... | 131 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| FIGURA 3.29 | Diagrama de control de corriente | 131 |
| FIGURA 3.30 | Diagrama de control de voltaje | 131 |
| FIGURA 3.31 | PH meter PH sensor analog source for Arduino | 132 |
| FIGURA 3.32 | Diagrama de control de ph | 132 |
| FIGURA 3.33 | Pantalla de enlace No. 01 | 133 |
| FIGURA 3.34 | Pantalla de enlace No. 02 | 134 |
| FIGURA 3.35 | Pantalla de enlace No. 03 | 134 |
| FIGURA 3.36 | Pantalla de enlace No. 04 | 135 |
| FIGURA 3.37 | Pantalla de enlace No. 05 | 135 |
| FIGURA 3.38 | Pantalla de enlace No. 06 | 136 |
| FIGURA 3.39 | Pantalla de enlace No. 07 | 136 |
| FIGURA 3.40 | Pantalla de enlace No. 08 | 137 |
| FIGURA 3.41 | Pantalla de enlace No. 09 | 137 |
| FIGURA 3.42 | Pantalla de enlace No. 10 | 138 |
| FIGURA 3.43 | Pantalla de enlace No. 11 | 138 |
| FIGURA 3.44 | Pantalla de enlace No. 12 | 139 |
| FIGURA 3.45 | Pantalla de enlace No. 13 | 139 |
| FIGURA 3.46 | Pantalla de enlace No. 14 | 140 |
| FIGURA 3.47 | Pantalla de enlace No. 15 | 141 |
| FIGURA 3.48 | Pantalla de enlace No. 16 | 141 |
| FIGURA 3.49 | Tabla de datos..... | 142 |
| FIGURA 3.50 | Envío de datos | 142 |
| FIGURA 3.51 | Pantalla enlace Labview-Access No. 01 | 143 |
| FIGURA 3.52 | Pantalla enlace Labview-Access No. 02 | 143 |
| FIGURA 3.53 | Pantalla enlace Labview-Access No. 03 | 144 |
| FIGURA 3.54 | Pantalla enlace Labview-Access No. 04 | 144 |
| FIGURA 3.55 | Pantalla enlace Labview-Access No. 05 | 145 |
| FIGURA 3.56 | Pantalla de visualización de datos en Access..... | 145 |
| FIGURA 4.1 | Diagrama de flujo-Proceso desengrase | 148 |
| FIGURA 4.2 | Diagrama de flujo-Proceso decapado..... | 150 |
| FIGURA 4.3 | Diagrama de flujo-Proceso soda cáustica..... | 151 |
| FIGURA 4.4 | Diagrama de flujo-Proceso neutralizado | 152 |
| FIGURA 4.5 | Diagrama de flujo-Proceso anodizado | 154 |
| FIGURA 4.6 | Diagrama de flujo-Proceso sellado..... | 155 |
| FIGURA 4.7 | Pantalla principal del sistema de monitoreo y sistema SCADA | 162 |
| FIGURA 4.8 | HMI | 163 |
| FIGURA 4.9 | Base de datos | 163 |
| FIGURA 4.10 | Micras de perfil anodizado | 164 |
| FIGURA 4.11 | Resultado semanal acabados con fallas anódicas..... | 170 |
| FIGURA 4.12 | Resultado total acabados con fallas anódicas..... | 171 |
| FIGURA 4.13 | Pérdidas económicas por acabados defectuosos USD | 172 |

RESUMEN

En la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (CEDAL S.A.), se ha puesto en marcha el desarrollo de un laboratorio para realizar pruebas generales de todas las áreas, con el fin de practicar el mejoramiento de los procesos y es ahí donde se ve la necesidad de realizar un prototipo de planta de anodizado natural el mismo que servirá como tema de tesis para la obtención del título de ingeniero en mecánica, y se lo ha denominado con el tema **“Diseño, construcción e implementación de un prototipo de planta de anodizado natural de aluminio, con SCADA para el laboratorio de pruebas en la empresa CEDAL S.A”**. Este prototipo contará con un sistema automatizado, el cual controlará el nivel de líquidos en las denominadas cubas, temperaturas de cada uno de las sustancias, corriente y voltaje en el proceso de anodizado natural, pH en la cuba de sellado, control automático de la grúa, implementado para el transporte consecutivo de las diferentes cubas en orden ascendente, mismos que serán monitoreados y guardados en un ordenador, en donde estará desarrollado el sistema SCADA en el software de National Instrument (LabVIEW 2012). Este proyecto se elaboró para realizar pruebas de sustancias y cargas a temperaturas configuradas según las normas intrínsecas de la empresa para mantener el estándar, tabulando resultados de corrientes y tiempos que son el factor principal para dar el número de micras en función de las dimensiones (parámetros de diseño) adecuadas a la probeta de aluminio introducidas en el proceso. Con esto se permite el crecimiento del laboratorio de pruebas y de CEDAL S.A, logrando obtener en los perfiles una mayor variedad, mejor calidad en los acabados; y el aumento de las ganancias en la empresa.

PALABRAS CLAVE:

- ALUMINIO – ANODIZADO NATURAL.
- CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO.
- SISTEMAS SCADA.

ABSTRACT

In the Ecuatorian Corporation of Aluminun S.A. (CEDAL SA) has launched the development of a laboratory for general testing of all areas , in order to practice process improvement and that's where we see the need to performing a prototype of naturally anodized plant it will serve as a thesis subject for obtaining an engineering degree in mechatronics, and has called on the theme "Design, construction and implementation of a prototype plant of natural anodized aluminum, with SCADA for the Laboratory tests CEDAL SA company. " This prototype will have an automated system, which control the level of liquids in tanks, temperatures of each of the substances, current and voltage in the process of natural anodized, pH in the sealing tank, automatic control of the crane implemented for the consecutive transport of the different tanks in ascending order them to be monitored and stored on a computer, where the SCADA system will be developed in National Instruments software (LabVIEW 2012). This project was developed for test of substances and charges at set temperatures according to intrinsic rules of the company to maintain the standard, tabulating currents results and times that are the main factor to give the number of microns depending on the dimensions (parameters design) appropriate to the aluminum coupon introduced in the process. With This allows growth of testing lab and of CEDAL SA, obtaining in the profiles greater variety, better quality in the finishes; and increased earnings in the company.

KEYWORDS:

- ALUMINUM - NATURAL ANODIZED.
- ECUATORIAN CORPORATION OF ALUMINUM.
- SCADA SYSTEM.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

1.1. INTRODUCCIÓN: GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE ANODIZADO DE ALUMINIO

1.1.1. SISTEMAS DE ANODIZADO DE ALUMINIO

El aluminio es un material que tiene una gran afinidad con el oxígeno. Por ello, al estar en contacto en forma continua y directa con el oxígeno atmosférico se autorrecubre de una capa natural y continua de oxígeno de aluminio, que en la mayoría de los casos es capaz de detener el principio de corrosión, puesto que el oxígeno resultante es estable e impermeable al oxígeno.

Sin embargo, esta oxidación natural del aluminio no proporciona una capa superficial con garantías adecuadas para su empleo arquitectónico exterior en lugares expuestos, donde la apariencia junto con la resistencia a la abrasión, la corrosión y la erosión son factores determinantes de la calidad del producto colocado. Para conseguir conjuntamente todas estas características, es preciso recurrir al proceso industrial de tratamiento superficial del aluminio, como es el anodizado.

ANODIZADO

El anodizado es un proceso de oxidación controlada, uniforme y acelerada de la cara superficial de perfil de aluminio, mediante una serie de procesos electroquímicos. La oxidación anódica es un tratamiento electrolítico destinado a producir aceleradamente capas de óxido de mayor espesor, uniformidad, estabilidad y diferente estructura de las que ya se formarían espontáneamente en la superficie del aluminio.

El anodizado es un proceso electroquímico que también puede aplicarse a los útiles de control para darles un mejor acabado estético y de propiedades mecánicas. Este tratamiento superficial sólo se puede realizar al aluminio, y es de oxidación forzada, por medio del cual el aluminio forma una capa protectora de óxido de aluminio (Al_2O_3) sobre la superficie del aluminio base de un espesor

variable a voluntad entre algunas pocas micras hasta 25 ó 30 micras en el anodizado de protección y hasta 100 micras en el anodizado duro. Este espesor viene regulado por la norma UNE-38010. El proceso consiste en someter al aluminio a una inmersión de ácido (generalmente sulfúrico). Al pasar corriente se libera el oxígeno que se dirige ánodo que al reaccionar con el aluminio genera una capa de óxido cuyo espesor varía con el tiempo de paso de la corriente. Para cerrar los poros que presenta la superficie del aluminio anodizado se lo sumerge en agua caliente. De esta manera queda finalizado el procedimiento, la vida útil de este acabado es proporcional al espesor de la capa anódica obtenida.

El óxido de aluminio puede alcanzar una gran dureza y es muy estable y resistente a los agentes corrosivos ambientales.

La capa generada por medio del proceso electroquímico se integra al metal, por lo que no puede ser raspada o pelada.

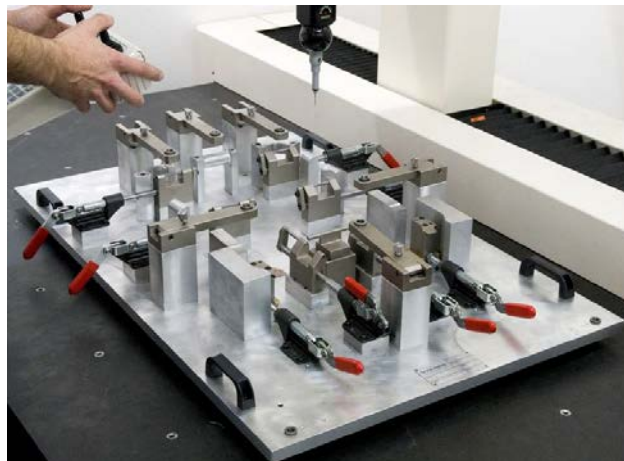


Figura 1.1 Ejemplo de piezas anodizadas

Fuente: <http://www.measurecontrol.com/anodizado-del-aluminio/>

1.2. CONCEPTOS GENERALES

1.2.1. PERFILES DE ALUMINIO

El sector industrial y principalmente el de la construcción usa una gran cantidad de perfiles de aluminio, perfiles de aleaciones como A6060, Al 6061 y Al 6063, obtenidos mediante el proceso de extrucción.

El proceso de extrusión del aluminio consiste en forzar un lingote a alta temperatura 450 °C - 500°C, en estado plástico por medio de una prensa hidráulica de gran potencia a través de una matriz para obtener la forma requerida.

Los perfiles más utilizados se describen a continuación.

A6060

- Alta resistencia mecánica.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Alta maquinabilidad.
- Alta soldabilidad.

Tabla 1.1

6060 Aleaciones Data Sheet

| Formado | Mecanizado | Soldadura por arco | Soldadura fuerte/blanca | Anodizado protector | Temple | Propiedades mecánicas | |
|---------|------------|--------------------|-------------------------|---------------------|--------|-----------------------|-----------------|
| | | | | | | Restricción Min/mm | Esfuerzo Min/mm |
| Bueno | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno | T4 | 60 | 120 |
| | | | | | T5 | 100 | 145 |
| | | | | | T6 | 150 | 190 |

Fuente: http://www.capalex.co.uk/spanish/6060_alloy_sp.html

Tabla 1.2**Composición Química EN AW-6060**

| Composición química EN AW-6060 | |
|---------------------------------------|-----------|
| Si | 0.30-0.6 |
| Fe | 0.10-0.30 |
| Cu | 0.10 |
| Mn | 0.10 |
| Mg | 0.35-0.6 |
| Cr | 0.05 |
| Zn | 0.15 |
| Ti | 0.10 |
| Otros (cada uno) | 0.05 |
| Otros (en total) | 0.15 |
| Aluminio | El resto |

Fuente: http://www.capalex.co.uk/spanish/6060_alloy_sp.html

Las aleaciones más utilizadas para perfiles de aluminio son:

AA 6061 (Asociación de Aluminio 6061)

- Para uso estructural.
- Fácil de extruir.
- Tratable térmicamente
- Mediana Resistencia Mecánica
- Alta resistencia a la corrosión.
- Alta soldabilidad.

Tabla 1.3**Composición Química EN AW-6061**

| Composición química EN AW-6061 | |
|---------------------------------------|----------|
| Si | 0.40-0.8 |
| Fe | 0.15 |
| Cu | 0.15 |
| Mn | 0.15 |
| Mg | 0.8-1.2 |
| Cr | 0.35 |
| Zn | 0.25 |
| Ti | 0.15 |
| Otros (cada uno) | 0.05 |
| Otros (en total) | 0.15 |
| Aluminio | El resto |

Fuente: http://www.capalex.co.uk/spanish/6061_alloy_sp.html

AA 6063

- Perfil de mayor uso arquitectónico.
- Fácil de extruir.
- Tratable térmicamente.
- Moderada resistencia mecánica.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Buena anodización.
- Alta soldabilidad.

Tabla 1.4

Composición Química EN AW-6063

| Composición química EN AW-6063 | |
|---------------------------------------|----------|
| Si | 0.20-0.6 |
| Fe | 0.35 |
| Cu | 0.10 |
| Mn | 0.10-0.9 |
| Mg | 0.45-0.9 |
| Cr | 0.10 |
| Zn | 0.10 |
| Ti | 0.10 |
| Otros (cada uno) | 0.05 |
| Otros (en total) | 0.15 |
| Aluminio | El resto |

Fuente: http://www.capalex.co.uk/spanish/6063_alloy_sp.html

1.2.2. TIPOS DE SISTEMAS DE ANODIZADO DE ALUMINIO

A. Anodizado de protección

El anodizado de protección se obtiene de la siguiente manera:

- Preparación superficial del material.
- Pulido con cepillo de algodón.
- Lijado con bandas de lija.
- Gratado con cepillo metálico.
- Desengrase en base al uso de ácidos para el esmerilado y alcalinos para el pulido.
- Lavado con agua en continua circulación.
- Decapado de limpieza (con sosa cáustica al 5% en agua a 45-50 °C), para acabado mate directo, pulido electrolítico y químico.
- Lavado con agua en continua circulación.
- Neutralizado (ácido nítrico 60oBe al 50% en agua a temperatura ambiente).

- Lavado con agua en continua circulación.
- Oxidación anódica (ácido sulfúrico al 20% en agua con temperatura a 19-20°C y corriente continua a 1,5 A/dm²).
- Lavado con agua en continua circulación.
- Coloración. Por medio de colorantes especiales orgánicos o minerales.

Coloración orgánica, utilizados numerosos tipos de colorantes, los cuales difieren en el mecanismo de absorción (absorbidos por capilaridad). Otros colorantes a base de complejos metálicos. Se emplea para perfiles que no estén expuestas a la intemperie.

Coloración electrolítica, para este tratamiento se utilizan óxidos metálicos, que se fijan en las porosidades de la capa de óxido y son muy resistentes a la luz y al calor. Se emplea para perfiles que vayan a estar a la intemperie.

- Lavado con agua en continua circulación.
- Fijado o colmado. Colmatar en agua pura, desmineralizada y desionizada. La temperatura del agua viene dada por la temperatura de ebullición (en la práctica 97 a 100°C) con el fin de que se produzca la hidratación de forma muy lenta al contacto con las moléculas de agua a baja temperatura. El pH del baño es aconsejable mantenerlo entre 5,5 y 6,5. El reajuste se hace por medio de sosa, carbonato de sosa o ácidos sulfúricos, acéticos y bóricos.



Figura 1.2 Barra de protección lateral en aluminio anodizado

Fuente: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/anodizado.pdf>

B. Anodizado Duro

Se puede obtener un anodizado duro mediante:

- Medio sulfúrico puro, anodizando a muy bajas temperaturas.
- Medio electrolítico de 10 a 15% de ácido sulfúrico, con una densidad de corriente fuerte (3 A/dm²).
- Aleaciones de 80 a 100 V.
- Agitado con refrigeración eficaz a una velocidad de 50 micras / hora.

Las capas que actualmente se consiguen son de alrededor de 150 micras, su dureza es comparable a la del cromo-duro, alta su resistencia a la abrasión y al frotamiento.

Utilización: Piezas mecánicas cuyas tolerancias dimensionales son estrechas, tomando en cuenta que el crecimiento de las cotas, pueden llegar al 50% del espesor efectivo de la capa.

Todas las aleaciones son susceptibles del anodizado duro, salvo las que contienen cobre, porque éste tiende a disolverse a pesar de la baja temperatura y perturba el tratamiento.

Se considera su aplicación considerando que estos no sufran choques térmicos ya que la película de anodizado se rompería. Cabe resaltar que estas capas no son susceptibles de ser fijadas con agua hirviendo. Pueden, por el contrario, ser impregnadas de cuerpos grasos y lubricantes.

Propiedades del anodizado duro:

- Resistencia a la abrasión.- Resistente al desgaste superficial.
- Resistencia eléctrica.- Resistencia eléctrica superior a la de la porcelana, este aislamiento depende de la porosidad; además, es muy afectado por la presencia de impurezas en el metal y caracterizado por la medida de la tensión de ruptura.
- Resistencia química.- Resistente a medios abrasivos.
- Porosidad secundaria o apertura.- Más o menos acusada en la entrada de los poros debido al efecto de disolución del baño, porosidad que se manifiesta,

sobre todo, en la parte exterior de la película y se aprovecha en las técnicas de coloreado e impregnación.



Figura 1.3 Pinza HPK anodizado duro: 220A1610 (108 mm) y 220A16810 (100 mm)

Fuente: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/anodizado.pdf>

C. Procedimiento «ANESDUR»

El sistema «ANESDUR» permite obtener capas superiores a 150 micras con aleaciones de aluminio que contengan:

Hasta un 6% de Mg (Magnesio)

Hasta un 5% de Cu (Cobre)

Hasta un 8% de Zn (Cinc)

Hasta un 13% de Si (Silicio)

Características del procedimiento ANESUR

- Se pueden recuperar piezas que por algún defecto se hayan desgastado.
- Antes de realizar este procedimiento verificar la pieza a mecanizar y seleccionar la aleación también en función de sus características y resistencia mecánica.
- En función de la aleación de aluminio, para un mismo espesor de capa se obtienen diferentes rigideces dieléctricas:

Tabla 1.5**Rigideces Dieléctricas**

| Espesor | 5056 (Magnal 50) | 2017 (Cobral 17) |
|---|-------------------------|-------------------------|
| 50 micras | 1300 V | 2200 V |
| 125 micras | 2800 V | 2200 V |
| Siendo los voltajes indicados tensiones de disparo | | |

Fuente: Carlos Ferrer Giménez, Vicente Amigó Borrás, Año: 2003, Tecnología de materiales

- Los valores de microdureza de una película de 50 micras sobre aleación 6082-T6 superan los 420 Hv.
- En función del tratamiento térmico que haya recibido la pieza, se obtendrán diferentes microdurezas:

Tabla 1.6**Microdurezas**

| Valores de microdureza de una película de 50 micras sobre 2017 (Cobral 17) | |
|---|--------|
| Temple al aire | 260 Hv |
| Temple al aceite | 350 Hv |

Fuente: Carlos Ferrer Giménez, Vicente Amigó Borrás, Año: 2003, Tecnología de materiales

- La coloración de la capa depende del espesor y aleación de aluminio, en tonos bronce, grises y negros.

1.2.3. EL ALUMINIO EN EL MUNDO

Actualmente el aluminio es el segundo metal más utilizado después del hierro. Producido comercialmente solo hace 150 años la producción anual de Aluminio 31 millones de TM.

Evolución de la producción de aluminio en el mundo.

- 1885 Producción Anual 15 TM.
- 1900 Producción Anual 8 mil TM.
- 1913 Producción Anual 65 mil TM.

- 1920 Producción Anual 128 mil TM.
- 1938 Producción Anual 537 mil TM.
- 1946 Producción Anual 681 mil TM.
- Actualidad Alrededor 24 millones TM.
- Aluminio Reciclado 7 millones de TM.

Países productores de aluminio

Tabla 1.7

Países productores de Aluminio

| | ÁREA | PAÍS |
|---------|---------------------|---|
| Área 1 | África | Camerún, Egipto, Ghana, Mozambique, Nigeria, South Africa |
| Área 2 | Norte América | Canadá, Estados Unidos de América |
| Área 3 | Latino América | Argentina, Brasil, México (1/1973-12/2003), Surinam (1/1973-7/2001), Venezuela |
| Área 4 | Asia Este | China, Japón, Corea del Norte, Corea del Sur, Tadjikistan |
| Área 5 | Asia Sur | Azerbaijan, Bahrain, India, Indonesia, Irán, Turkey, Emiratos Arabes Unidos |
| Área 6A | Europa Oeste | Francia Alemania, Grecia, Islandia, Italia, Holanda, España, Suecia, Suiza, Reino Unido |
| Área 6B | Europa Este/Central | Bosnia y Herzegovina, Croacia, Hungría, Polonia, Rumania, Rusia, Federación, Serbia y Montenegro, Slovakia, Slovenia, Ucrania |
| Área 8 | Oceanía | Australia, Nueva Zelandia |

Fuente: International Aluminium Institute Statistical Report

1.2.4. SISTEMAS DE ANODIZADO NATURAL DISPONIBLES EN EL MERCADO NACIONAL

A continuación se describen las empresas disponibles en el mercado nacional:

FISA

FISA (Fundiciones Industriales S.A), es la primera y más grande planta de extrusión de aluminio en Ecuador, produce toda clase de perfiles arquitectónicos, anodizados al natural, a colores, con proceso Reynolds TRUCOLOR, pintados electroestáticamente, pulidos y sin pulir, perfiles estructurales e industriales en general, así como también, tubería conduit para electricidad y tubería de irrigación.

CEDAL

CEDAL (Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A) tiene su sede en la ciudad de Quito, Ecuador, y su planta está ubicada en Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. La empresa CEDAL está asociada a la Cámara de Industriales de Pichincha y de Cotopaxi, así como a la Federación de Exportadores del Ecuador; desde hace 30 años fabrica perfiles de aluminio y en los últimos años con su filial ESTRUSA se ha dedicado a producir estructuras para instalaciones de gran envergadura como el Coliseo Rumiñahui.

ALUMINA

ALUMINA (Aluminio Nacional S.A) empresa colombiana, del grupo económico ARFEL dedicada a la producción y comercialización de aluminio en los diferentes sectores del mercado. Alumina atiende a aproximadamente el 30 por ciento de la demanda colombiana total de productos similares a los productos objeto de investigación; y exporta al Perú, Ecuador, Venezuela, Estados Unidos, Centroamérica, República Dominicana, las Islas Francesas, Cuba, Puerto Rico y España, significando el 45 por ciento de las ventas. En Ecuador la distribuidora Aluminio & Vidrio ALKOSTO es la más importante.

1.2.5. VENTAJAS DEL ANODIZADO

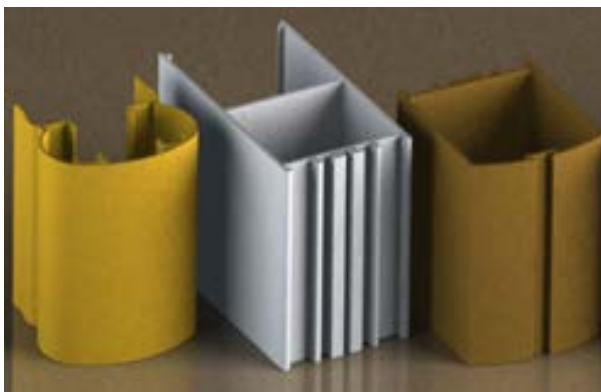


Figura 1.4 Pinza HPK anodizado

Fuente: <http://www.quiminet.com/articulos/las-ventajas-del-proceso-de-anodizado-2640457.htm>

- **Decoración:** El anodizado permite la realización de acabados decorativos, especialmente en color por sistema electrolítico y además de una transparencia de capa.
- **Estética:** El anodizado ofrece gran diversidad de tonos, colores y texturas brillantes o mate, satisfaciendo los gustos más exigentes y variados. A diferencia de otros acabados, el aluminio anodizado permite mantener la apariencia metálica del material. La capa anódica es translúcida, esto permite observar el metal base otorgando al aluminio una apariencia de superficie metálica muy superior a la que se puede lograr con pinturas orgánicas.
- **Protección:** Contra la exposición a atmósferas agresivas o intemperie, que pueda deteriorar su aspecto inicial.
- **Seguridad:** Un acabado anodizado es químicamente estable. No se descompone, no es tóxico. No es combustible por debajo del grado de fusión del aluminio: 660° C, brindando un altísimo grado de seguridad.
- **Durabilidad:** Excelente resistencia al desgaste y la corrosión.
- **Técnicos:** Para obtención de superficies duras, autolubricadas, aislantes, absorbentes y de reflexión constante.
- **Propiedades químicas:** Son las de la alúmina cristalina. Las capas tienen un gran valor protector en los medios en que el índice de acidez está comprendido entre ph 4 y ph 8. La inercia química de la capa es mayor en

medio ácido que en medio alcalino. La alúmina es traslúcida y no tóxica. Pueden presentarse ligeras diferencias de tono con ciertas aleaciones de aluminio.

- Bajos costos de mantenimiento: En la mayoría de los casos una simple limpieza con jabón suave y agua restablecerá el aspecto original de la superficie del aluminio anodizado.
- Reciclable: No altera las propiedades reciclables del aluminio.

CUESTIONES A CONSIDERAR

- No todas las aleaciones son predispuestas al coloreado una vez anodizado el perfil.
- Mantener la temperatura del electrolítico entre 20 y 22° C., si sobrepasa estos valores de temperatura se forma la capa anódica pero este exceso va cerrando la estructura porosa de la misma, por lo que no penetra ninguna tintura.
- El exceso de corriente y la falta de voltaje producen un mal acabado del perfil.
- La unión de la pieza al conductor de aluminio que la sostiene debe ser muy firme, si no es así este se comienza a oxidar en el punto donde hace contacto y deja de conducir corriente hacia pieza, la cual no se anodiza.
- El enjuague con detergente de las piezas es muy importante para un buen resultado en el anodizado.

1.3. TRATAMIENTO QUÍMICO DE LOS MATERIALES

1.3.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de anodización se divide en tres etapas:

- Pretatamiento. Comprende el desengrase del material, decapado del mismo con un fuerte ataque químico con soluciones alcalinas, se forma una capa formada por partículas metálicas por lo que se procede al siguiente tratamiento de neutralizado.

- Tratamiento. Se somete al perfil al tratamiento de anodizado (proceso electroquímico positivo-ánodo- y se sumerge en un electrolito adecuado).
- Postratamiento. Sellado de los poros del perfil.

1.3.2. COMPORTAMIENTO QUÍMICO DEL ALUMINIO

El Aluminio, elemento del grupo III del sistema periódico, es un metal que reacciona con relativa facilidad. En sus combinaciones actúa como trivalente con carácter electropositivo. El calor de formación del óxido de aluminio $Al_2 O_3$ alcanza aproximadamente, 1590 KJ/mol. Por esta razón se utiliza el aluminio como desoxidante activo en la fabricación del acero y para procesos aluminotérmicos de reducción de metales.

Superficie del aluminio

El aluminio se recubre al aire libre por reacción con el oxígeno o con el vapor de agua, con una capa de oxígeno delgada, pero muy densa. Si se deteriora esta mecánicamente o se elimina por algún tipo de decapado, surge espontáneamente una nueva capa. La capa de óxido consta esencialmente de $Al_2 O_3$ amorfo. Los óxidos de algunos elementos de aleación se encuentran incorporados, también, en la capa de óxido de aluminio y pueden mejorar dentro de ciertos límites, las propiedades de la capa de óxido natural. Al contrario que las capas de oxígeno de muchos otros metales, la capa de óxido delgada, densa y aislante del aluminio es muy adherente y proporciona así una protección segura del medio bajo ella evitando que continúe la oxidación. Esta propiedad es la causante de la extraordinaria resistencia a la intemperie, así como frente a gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas.

Corrosión

La corrosión es la reacción de un material metálico con su entorno, la cual provoca una modificación medible del material y puede perjudicar notablemente la función de una parte metálica o de todo un sistema. En la mayoría de los casos esta reacción es de naturaleza electroquímica, pero, en algunos, puede ser también de naturaleza química o fisicometalica.

A causa de la gran afinidad del aluminio por el oxígeno se forman en contacto con el aire y de modo natural, densas capas de óxido que protegen ampliamente de la corrosión al metal subyacente. Esta protección contra la corrosión se pierde, sin

embargo, en ácidos y bases, debido a que unos y otros disuelven la capa de óxido. En presencia de un medio agresivo, como en una disolución acuosa de cloruro sódico, pueden aparecer zonas de ataque local dependientes de la situación potencial de fallos en la capa de óxido. En estos casos el aluminio pasa del estado anódico a solución. Conforme a la reacción $Al \rightarrow Al^{+++} + 3e$; los electrones liberados migran al cátodo local y reaccionen así: $2H_2 + O_2 + 4e \rightarrow 4OH^-$ y/o $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$. Si se sobrepasa el producto de solubilidad puede tener lugar la precipitación de hidróxido de aluminio en las zonas de la corrosión. Esto trae consigo un fuerte aumento de la resistencia del elemento local, de por sí alta, de tal manera que se retasa el ataque e, incluso, en ciertas circunstancias, puede llegar a paralizarse.

Las reacciones de corrosión se determinan, en medios corrosivos neutros, esencialmente a partir de la reducción del oxígeno contenido en el medio corrosivo acuoso, para formar iones hidroxilo, y transcurren preferentemente como precipitaciones de fases intermetálicas en el aluminio.

1.3.3. PROCESO DE ANODIZADO



Figura 1.5 Proceso de anodizado en cubas

Fuente: CEDAL S.A.

Desengrase

- Se retiran los residuos de aceite y grasa luego de la extrusión del perfil. Se realiza con una solución de detergente ligeramente alcalina para mejorar su acción sobre las suciedades, la solución debe humedecer todas las partes del

material PH del desengrase debe estar entre 9 a 11 y la temperatura entre 50 a 80°C.

- Sumergir el perfil para su enjuague luego del proceso de desengrase.

Decapado

- Someter al perfil a un decapado ácido o alcalino. Los decapantes son mezclas de hidróxido de sodio, carbonatos y aditivos. Los aditivos sirven para que las superficies del metal sea humedecido uniformemente y obtener un superficie uniforme. La soda cáustica disuelve el aluminio liberando hidrógeno y formando aluminato de sodio. El Aluminio aumenta constantemente, si el aluminato de sodio no puede ser mantenido en la solución entonces se forman las llamadas piedras (Hidratos de óxido de aluminio). Este hidrato de Aluminio se forma en el piso, las paredes y en los tubos de calentamiento, esta capa es bien dura y se retira con mucha dificultad. Por eso buenos aditivos de decapado no permiten la formación de “piedras”. Este baño debe ser controlado analíticamente para mantener uniformidad en el proceso.
- Enjuague del perfil decapado.

Soda Cáustica

- Someter al perfil a la cuba de soda cáustica para dar un ataque profundo a con el objetivo de desprender los elementos que no reaccionaron en el decapado, este ataque es de muy poco tiempo, a esta etapa se realiza dos enjuagues puesto que la soda caustica es muy fuerte y ni debe contaminar a las otras etapas para evitar inconvenientes.
- Enjuague del perfil.

Neutralizado

- Baño de neutralizado compuesta por una solución diluida de ácido nítrico por una simple inmersión a temperatura ambiente, ya que en el proceso anterior se formó una capa negra por lo cual este baño neutraliza al perfil.
- Enjuague del perfil.

Natural

- El anodizado se puede hacer en diferentes composiciones usando corriente continua o alterna.
- Dependiendo de las facilidades de poner en práctica se escoge un método. El método más usado es método de ácido Sulfúrico del 15 al 20%, con corriente continua. Teniendo tensiones entre 12 a 20 voltios, obteniendo una densidad de corriente de 1 a 2 A/dm^2 . La temperatura del baño debe estar entre 18 y 22 °C.
- Si las piezas se sumergen en el baño de electrolito y funcionan como ánodos entonces después de poner corriente hay la siguiente reacción:

En el primer segundo después de conectar la corriente se forma una capa base delgadita, libre de poros dieléctricos la cual se llama capa barrera. Esta capa crece proporcionalmente respecto a la tensión hasta alcanzar un grosor de 0.02 μm . Esta capa barrera tiene una resistencia eléctrica sumamente alta. En las tensiones usuales del anodizado de entre 12 a 20 voltios debería a tensión constante, bajar rápidamente la densidad de corriente y debería parar el crecimiento de la capa, esto sin embargo no es el caso. El óxido de la capa barrera es pre-disuelto químicamente por el electrolito.

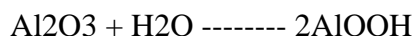
Por la tensión de corriente continua viajan aniones que contienen Oxígeno (con carga eléctrica negativa) a las piezas que funcionan como ánodo y depositan ahí el Oxígeno. Por eso se transforma la capa barrera en una capa de poros finos en forma de alvéolos que por mm^2 contiene aproximadamente entre 600 millones a 1000 millones de poros. El grosor de la capa barrera por eso se queda lo mismo. Con el Óxido de Aluminio (Al_2O_3) comparado con el Aluminio transformado contiene una parte más alta en volumen, crece la capa de óxido, referente a la superficie original del aluminio aproximadamente 1/3 hacia fuera del metal y 2/3 hacia adentro del metal.

La capa de óxido consiste en óxido de aluminio y contiene de acuerdo a la composición del electrolito hasta importantes partes de sulfato (10 a 15 %), etc. El peso específico promedio es de 3.1, la dureza de la capa de óxido depende de la composición del material base y de las condiciones de oxidación. Se obtienen micro dureza de entre 250 a 300 Dureza Vickers (HV).

- Enjuague del perfil.

Sellado

- El sellado de los poros del perfil consiste en agua tratada por ósmosis inversa caliente. En esta etapa se cierra la capa de óxido todavía abierta y porosa. La resistencia a la corrosión óptima se obtiene recién después de un buen sellado.
- El sellado se hace normalmente a temperatura de 96°C y en un tiempo de 3min /um Durante el proceso de sellado la capa de óxido de aluminio es hidratada el óxido será transformado en bohemita mediante la siguiente reacción:



Como esta transformación esta combinada con un engrandecimiento del volumen llegando al deseado cerrado de los poros. El poder de absorción de la capa de óxido a colorantes es anulado, la reacción no solo pasa en los poros sino también en la superficie de la capa.

- Enjuague del perfil.
- Secado del perfil.

1.4. PROCESO ELECTROLÍTICO

1.4.1. FORMACIÓN DE LA CAPA

El aluminio en contacto con la atmósfera genera una capa de alumina (Al_2O_3) que protege de la corrosión, tiene un espesor de entre 0,1 y 0,4 micras. Esta capa es transparente, blanda, poco resistente a la abrasión y le confiere al aluminio una protección mucho mayor que si no la tuviera. Con el anodizado la protección de la capa es mucho mayor. Los espesores pueden ser de unas 100 micras con una gran dureza y resistencia a la abrasión. La capa es cristalina y proporciona una gran resistencia a la corrosión.

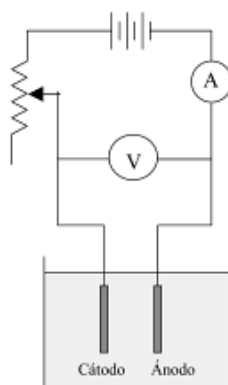


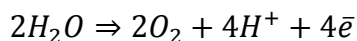
Figura 1.6 Proceso electrolítico de anodizado

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/45048157/PROCESO-DE-ANODIZADO#scribd>

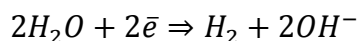
En la figura anterior se representa el proceso llevado a cabo para el anodizado. En una pieza de aluminio, la colocación es la siguiente:

- Cátodo: de hierro, normalmente chatarra de hierro.
- Ánodo: de aluminio (pieza que queremos anodizar).

Este ánodo y cátodo hay que establecer una diferencia de potencial que permita la oxidación del agua en el ánodo.



En el cátodo se debe producir la reducción del agua.



El oxígeno naciente (oxígeno atómico) que se produce en el ánodo es muy reactivo y es el que permite la formación de alúmina.

El proceso se realiza en medio ácido, se utilizan diferentes electrolitos que producen características distintas en la capa, fundamentalmente el número de poros. Los más utilizados son:

- Ácido sulfúrico. El más usado, ya es barato y no produce coloración. Produce capas de alta dureza y resistencia de abrasión. Tiene además una alta resistencia a la corrosión.
- Ácido crómico. Es más caro y tiene mayor resistencia a la corrosión, los espesores son menores, son menos duras. Existe la limitación para aluminios aleados con silicio o cobre en que la capa de alúmina formada no crece de

forma homogénea. Aplicado cuando existen problemas de fatiga en la aleación. Da un ligero tono amarillo.

- Ácido fosfórico. Se forman películas delgadas y muy porosas. La aplicación más normal es para recoger películas de lubricante.
- Ácido oxálico. Similar al ácido sulfúrico, y da una ligera tonalidad gris.

Los anodizados empeoran el comportamiento a fatiga ya que se crea una capa de óxido muy dura que puede agrietarse y formar una microgrieta que puede progresar hacia el interior, por esto es por lo que los anodizados crómicos al formar capas más delgadas son más deformables y tienen un mejor comportamiento a fatiga.

1.4.2. RECUBRIMIENTOS METÁLICOS POR ELECTRÓLISIS

Cuando se realiza un recubrimiento lo primero que se debe analizar es el comportamiento de este respecto al metal base.

Si el potencial de reducción del metal es mayor que el del metal base, por ejemplo recubrimiento de níquel sobre acero. En caso de que se produjera un fallo en el recubrimiento, por porosidad o por cualquier causa, se produciría una pila galvánica, en que el acero actúa como ánodo y el níquel como cátodo (ver Figura 1.7). Este caso es de los peores que se pueden producir ya que al ser el ánodo pequeño y cátodo grande se produce una gran densidad de corriente y por tanto una alta velocidad de corrosión con un gran riesgo de ataque local. Se recomienda espesores relativamente grandes ya que así el riesgo de porosidad disminuye con el espesor del recubrimiento.

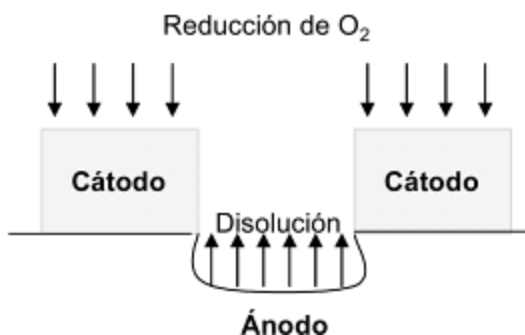


Figura 1.7 Recubrimiento catódico

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/45048157/PROCESO-DE-ANODIZADO#scribd>

En el caso en que el potencial de reducción del recubrimiento sea más activo que el metal base, como por ejemplo un recubrimiento de cinc, lo que sucede es que el recubrimiento se comporta como ánodo de sacrificio, aportando al material protección catódica. En este caso no es tan importante el espesor del recubrimiento para la densidad de corriente sea suficiente como llegar al centro y que la zona sin protección no se llegue a producir disolución del material.

1.4.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPA DE ÓXIDO

Factores como temperatura, la concentración del electrolito, el material, el voltaje influyen en la formación de la capa anódica. Obteniendo para una relación espesor/voltaje a temperatura ambiente, el ratio espesor /voltaje es cerca de 1,2 nm/V, el espesor es muy uniforme a través de la superficie porque en cualquier lado la caída del voltaje debe ser lo mismo. Para cada composición del baño y temperatura hay un voltaje máximo que puede ser soportado para que la descomposición ocurra. A mayor dilución de la concentración del electrolito el voltaje de descomposición es alto y un altísimo voltaje es alcanzado en electrolitos acuosos cerca de 1000 V y la capa barrera es cerca de 1 micrón (millonésima de metro) de grosor de 300 a 500 veces más denso que el óxido nativo a temperatura del medio que lo rodea.

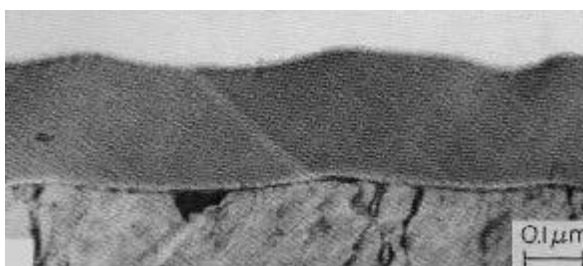


Figura 1.8 Capa amorfa formada naturalmente

Fuente: R.C. Furneaux, G.E. Thompson, and G.C. Wood, Corrosion Science, Vol. 18, p 853. 1978

El óxido barrera depositado en aluminio limpio a temperatura ambiente tiene una estructura amorfa (no cristalina) aquella tiene su patrón de difracción de rayos x es una aureola difusa. La Figura 1.4, muestra una sección transversal de un crecimiento de óxido amorfo fijo a una densidad de corriente $1,0 A/dm^2$ en 0,16M de tartrato de amonio a 20 °C (68 °F) a un voltaje de 220V, el espesor del óxido es de 220nm equivalente a 1,1 nm/V como es esperado para una estructura allí no se distingue rasgos estructurales.

La microfotografía en la Figura 1.5 y la Figura 1.6 ha sido obtenida usando un microscopio de transmisión electrónica el cual puede mostrar muy bien detalles a muy alta resolución de una capa anódica formada artificialmente, apreciamos una ordenada y sólida capa bien definida.

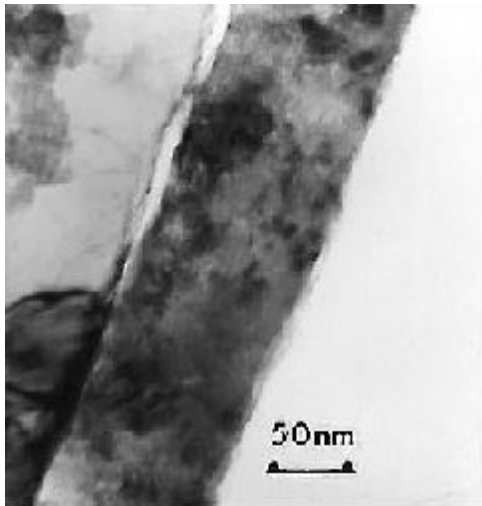


Figura 1.9 Vista sección capa anódica

Fuente: Alwitt and Takei

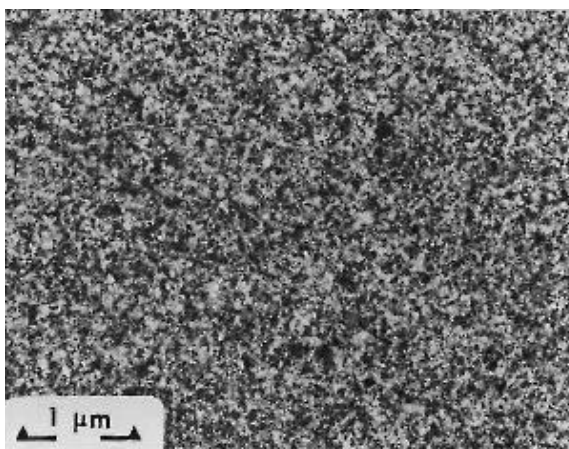


Figura 1.10 Vista frontal capa anódica

Fuente: Alwitt and Takei

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

2.1.1. PARÁMETROS PREVIOS AL DISEÑO

2.1.1.1. LA CASA DE LA CALIDAD

Las especificaciones técnicas de la maquinaria son determinadas por medio de la casa de la calidad, cuyo fin es el de plasmar los requerimientos del cliente, quien es la persona que lo va a utilizar y para permitir la planificación de la calidad durante todo el ciclo de vida.

Para elaborar esta casa de la calidad se requiere en primer lugar conocer la voz del cliente, quien manifiesta sus requerimientos y deseos del producto; luego estos serán traducidos por el criterio del ingeniero, en requerimientos técnicos, y estos serán evaluados para determinar aquellos de mayor importancia.

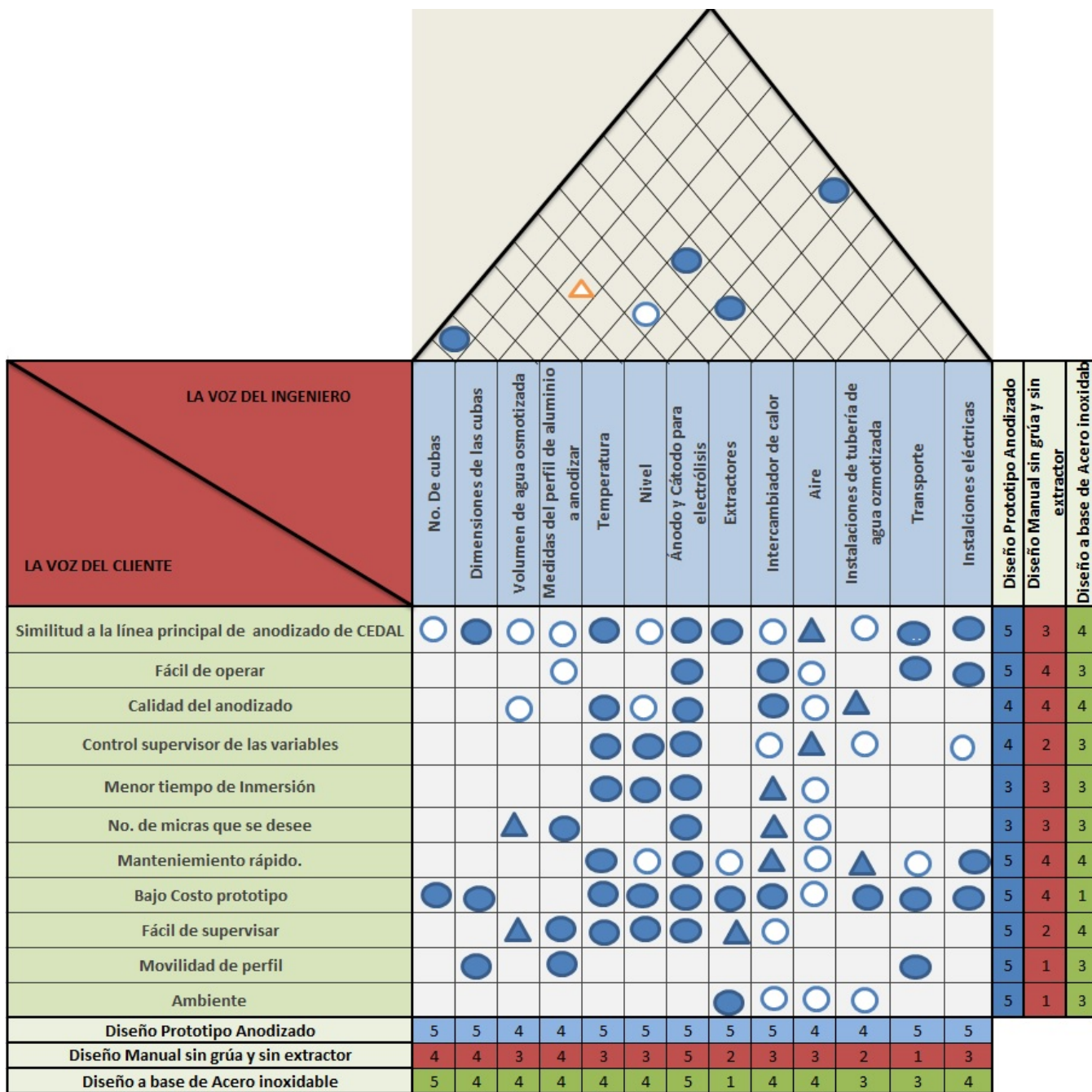


Figura 2.1 Casa de la calidad

Resultados:

La casa de la calidad mostrada en la Figura 2.1, fue elaborada con el fin de conseguir un análisis cualitativo y cuantitativo de las características que obtendrán el prototipo para saber el cómo y el porqué de cada uno de los elementos que tendrá el proyecto.

La primera grafica evalúa el grado de cumplimiento que deberá tener el prototipo.

La segunda grafica es la evaluación de la competencia con respecto al prototipo de anodizado propuesto.

2.1.1.2. LA VOZ DEL CLIENTE

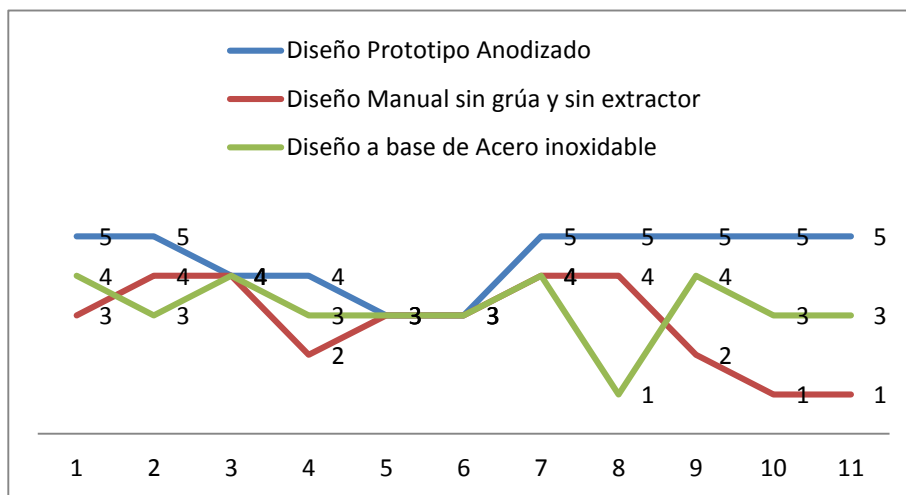


Figura 2.2 Análisis la voz del cliente

De acuerdo al criterio del usuario, la maquinaria debe tener las siguientes características:

- Misma línea de proceso que posee la empresa CEDAL S.A. en su planta principal de anodizado.
- Control de temperaturas y pH en las cubas que lo requieren.
- Control supervisor de todas las variables que poseen las cubas en la línea de anodizado.
- Número de micras del perfil de aluminio en relación directa a la planta principal.
- Fácil mantenimiento.
- De fácil manipulación para cualquier tipo de operario en la empresa.
- Menor tiempo de inmersión del perfil.

2.1.1.3. LA VOZ DEL INGENIERO

Una vez conocidos los requerimientos y deseos del usuario, se procede a traducirlos a especificaciones técnicas:

- Número de cubas.

- Tamaño de las cubas.
- Medida del perfil.
- Volumen (referencia para nivel en las cubas).
- Nivel.
- Temperatura.
- Corriente.
- Intensidad de corriente.
- Voltaje.
- Área de la sección transversal del perfil.
- Número de micras (profundidad de poro).
- Extractor.
- Intercambiadores de calor.
- Agitación por aire.
- Control.
- Supervisión.
- Base de datos.

2.1.2. ANÁLISIS FUNCIONAL Y DISEÑO CONCEPTUAL

El análisis funcional es una técnica que se utiliza para identificar las competencias laborales inherentes a una función productiva. Tal función puede estar relacionada con una empresa, un grupo de empresas.

El análisis funcional es un enfoque de trabajo para acercarse a las competencias requeridas mediante una estrategia deductiva. Inicia estableciendo el propósito principal de la función productiva o de servicios bajo análisis y se pregunta sucesivamente que funciones hay que llevar a cabo para permitir que la función precedente se logre.

Para aplicar este método de diseño, se deberá establecer las funciones primarias (módulo inicial) y secundarias del proceso (aquellas que permiten que dicha función primaria se ejecute satisfactoriamente “módulo de salida”).

Establecidas las funciones primarias y secundarias, se procede a obtener un diseño modular.

2.1.3. DETERMINACIÓN DE DIAGRAMAS FUNCIONALES

Se realizan esquemas y diagramas de ingeniería del sistema para analizar y mostrar cómo se entrelazan los diferentes sub-sistemas y estos a su vez con sistemas de apoyo como energéticos, líneas de abastecimiento, señales de actuación, flujo de datos, etc., para entender las necesidades normales de flujo y crear una relación más directa entre las distintas partes.

Para el proceso de anodizado natural se han considerado en el nivel “0”, tres funciones de entrada: control, material y energía con el propósito de obtener la planta prototipo de anodizado natural.

En el nivel “1” se ha determinado cuatro etapas (Figura 2.4) en los que se desarrolla el proceso de anodizado natural.

NIVEL “0”

Los elementos de entrada a considerar son las provetas de las distintas formas de los perfiles de aluminio, que serán tratados en cada uno de los procesos químico y electroquímico hasta llegar a formar la capa de oxidación controlada (anodizado); el sistema de la planta prototipo se energiza con 110 VAC; finalmente el control de las variables del proceso electroquímico.



Figura 2.3 Funciones de entrada

NIVEL 1

En el nivel 1 se han considerado cuatro módulos de acuerdo a la función y requerimiento de cada elemento o parte de la planta prototipo, es decir se ha tomado como referencia para el sistema mecánico, el puente grúa, mecanismo que transporta los perfiles de aluminio a cada uno de los proceso electrolíticos; para el sistema eléctrico-electrónico, se ha tomado como referencia los sensores, PLC y tarjetas de control, elementos que hacen posible el sensado y funcionamiento del sistema en conjunto; en lo que respecta a SOFTWARE, se ha considerado paquetes industriales óptimos para tareas de automatización tal es el caso del TIA PORTAL V11 y LABVIEW 2012.

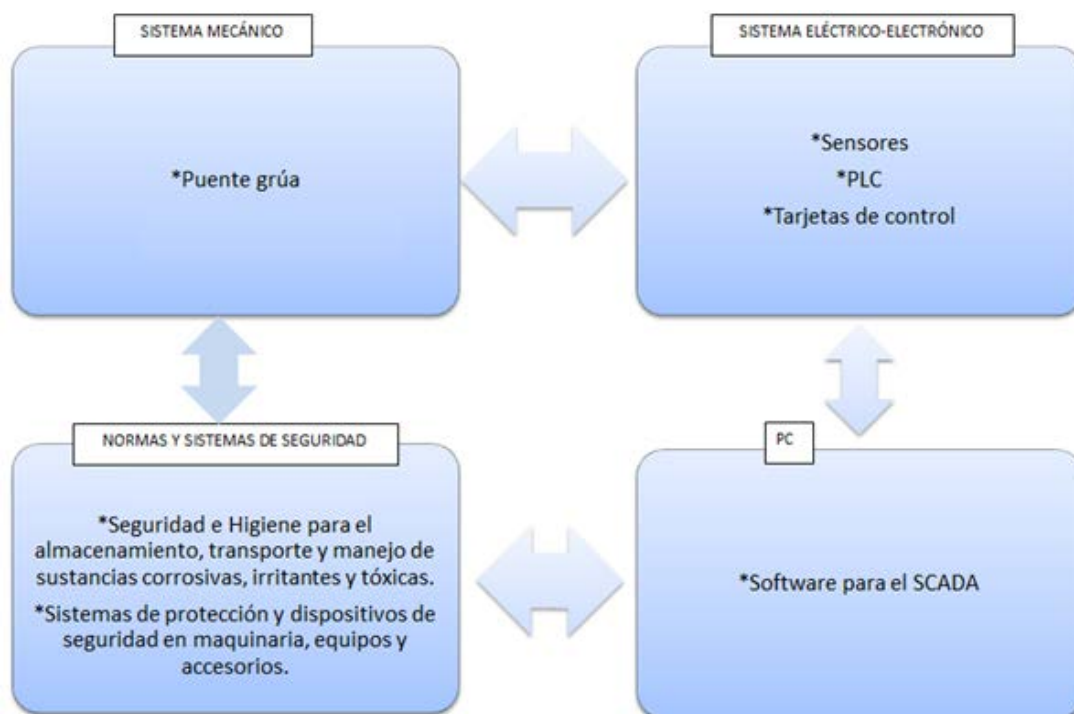


Figura 2.4 Módulos del prototipo de planta de anodizado natural

2.1.4. DIVISIÓN POR MÓDULOS

Tomando en cuenta la modularidad es conveniente dividir al prototipo de planta de anodizado natural en cuatro módulos, previo al análisis funcional, siendo estos los siguientes:

2.1.4.1. SISTEMA MECÁNICO

Los sistemas mecánicos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.

La estructura, elemento que soporta todas las tensiones generadas por los dispositivos que conforman la máquina, como sensores y actuadores.

El puente grúa es el sistema mecánico que transporta el perfil de aluminio en las doce cubas, de modo manual o automático.

2.1.4.1.1. Estructuras metálicas

Una estructura metálica es aquella formada por materiales metálicos, generalmente acero. Las estructuras metálicas son las más utilizadas en el sector industrial por sus excelentes beneficios de resistencia y bajo costo en comparación con otros tipos de estructuras.

Elementos de estructuras metálicas

- **Vigas metálicas.-** Son barras horizontales que trabajan a flexión. Dependiendo del trabajo al cual se somete sus elementos inferiores están sometidos a tracción y los elementos superiores a compresión.

Existen varios tipos de vigas metálicas:

- **Viguetas.-** Vigas que se colocan muy cerca unas de otras para soportar el techo o el piso de un edificio.

Vigas de Tímpano.- Vigas que soportan las paredes o también parte del techo de los edificios.

- **Largueros.-** También conocidas como travesaños o carreras son las que soportan cargas concentradas en puntos aislados a lo largo de la longitud de un edificio.
- **Pilares metálicos.-** Son los elementos verticales de una estructura metálica, los pilares están sometidos a esfuerzos de tipo axial o compresión.

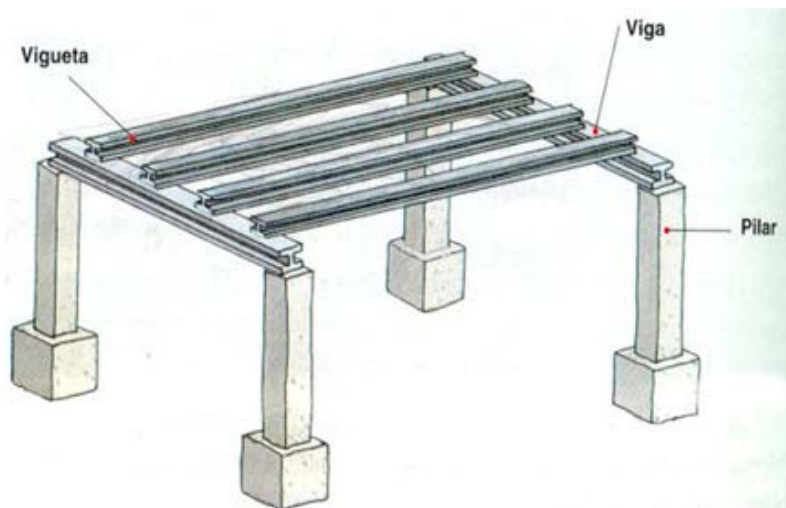


Figura 2.5 Estructura metálica y sus partes

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

Transmisión de cargas en estructuras metálicas

Las cargas o fuerzas se van repartiendo por los diferentes elementos de la estructura metálica, dichas cargas siempre irán a parar a los cimientos o zapatas. En la figura 2.6 se observa que la fuerza del peso se distribuye desde la vigueta hacia las vigas horizontales para luego ir hacia los pilares y finalmente llegar a los cimientos.

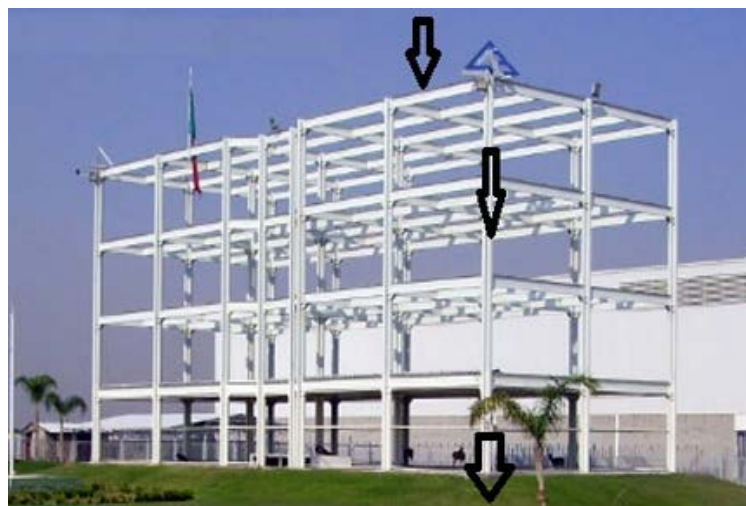


Figura 2.6 Transmisión de cargas en la estructura metálica

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

Sistemas estructurales

Son sistemas compuestos de uno o varios elementos de forma tal que la estructura total como cada uno de sus elementos sean capaces de regresar a su forma original durante la carga y descarga.

Tipos de sistemas estructurales:

- **Estructura aporticada.-** Presenta gran dureza en sus elementos y los mismos se encuentran adosados a través de juntas rígidas, estas estructuras pueden ser metálicas o de concreto con acero.

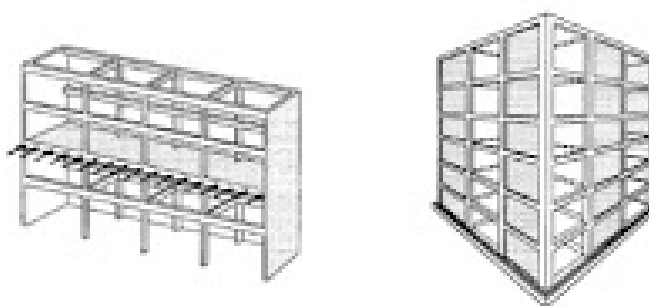


Figura 2.7 Estructura aporticada

Fuente: <http://www.csiamerica.com/products/sap2000>

- **Estructuras reticulares, armaduras o cerchas.-** Sistema formado a base de triángulos unidos entre sí a base de soldaduras o pernos, sus elementos están unidos a través de nodos y presenta gran rigidez.



Figura 2.8 Estructura reticular

Fuente: <http://www.csiamerica.com/products/sap2000>

2.1.4.1.2. Cadena

Una cadena es un conjunto de eslabones entrelazados entre sí, que sirve para la transmisión de movimientos en máquinas. El accionamiento por medio de cadena y engranajes, constituye un sólido y seguro sistema de transmisión de la energía mecánica. Para obtener óptimos resultados de la transmisión, es fundamental seleccionar correctamente la cadena y engranajes respectivos, como así también el montaje y lubricación adecuados.

Las transmisiones a cadena reúnen las siguientes ventajas:

- No produce resbalamientos.
- Se mantiene constante la relación de velocidades.
- El rendimiento es elevado: 98%.
- La carga repartida sobre varios dientes del piñón prolonga la vida útil de la cadena.
- Elasticidad de la cadena, sumada a la película lubricante que se forma entre las partes móviles, amortiguan los golpes por cargas intermitentes.



Figura 2.9 Cadena de moto

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/1023-420-520-motorcycle-chain-moto-part-565524319.html>

2.1.4.1.3. Puente Grúa

Tipo de grúa que se utiliza en las fábricas o galpones industriales para el desplazamiento de cargas pesadas en forma vertical y/u horizontal.

Partes de un puente grúa:

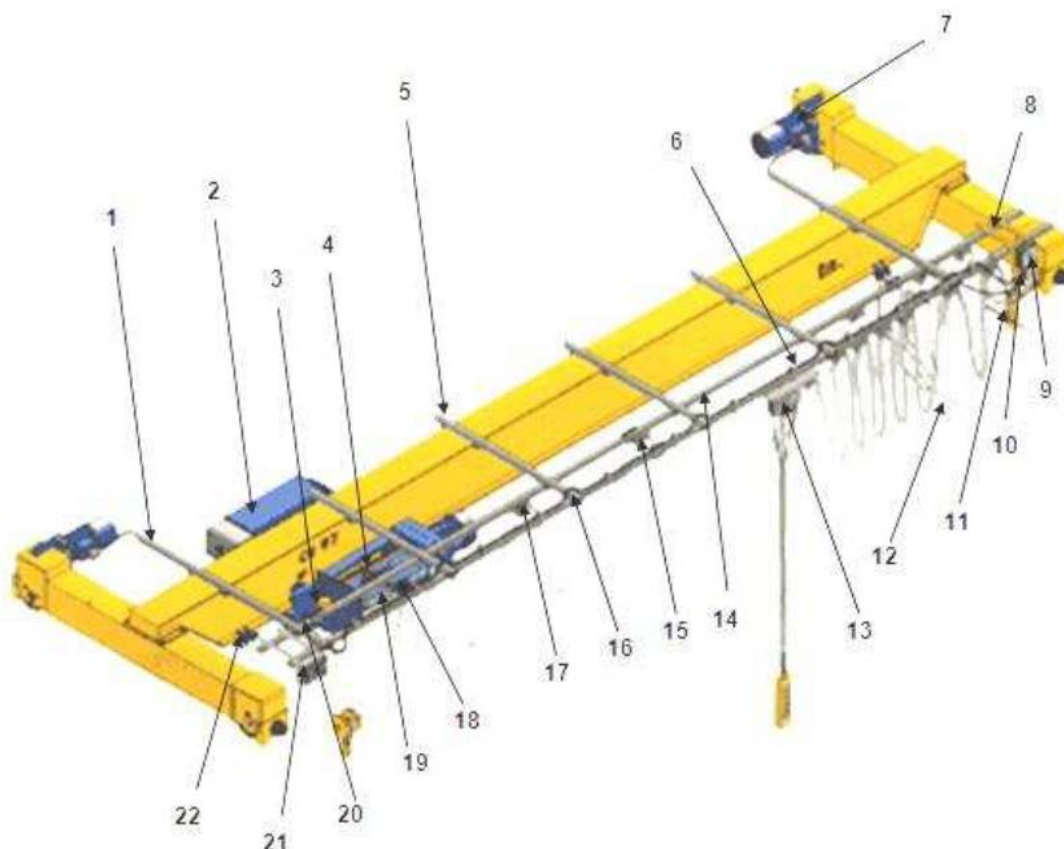


Figura 2.10 Partes de un puente grúa

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4397>

1. Armario de traslación.
2. Armario polipasto.
3. Final de carrera de elevación.
4. Brazo arrastrador de alimentación del carro.
5. Soporte de fijación.
6. Carritos
7. Motor para movimiento longitudinal.
8. Brazo tomacorrientes.

9. Armario de traslación.
10. Final de carrera de traslación.
11. Tope final.
12. Soporte de protección de mangueras.
13. Botonera con conector.
14. Soportes de las mangueras.
15. Empalme del perfil.
16. Soporte deslizante.
17. Soporte para conducción de cable.
18. Limitador de carga.
19. Final de carrera de traslación del carro.
20. Tope de accionamiento final del carro.
21. Radio
22. Topes de carro en mono viga.

Clasificación del puente grúa según sus prestaciones y características

- **Puente grúa monorriel**

Conformado por una sola viga y es una solución eficaz para el movimiento de cargas aprovechando la altura disponible del lugar, disponen este tipo de puentes grúa de doble velocidad en todos sus movimientos de traslación de carro, traslación de puente y elevación, además están conformados por polipastos.



Figura 2.11 Puente grúa tipo monorriel

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4397>

- **Puente grúa birriel**

Este tipo de puente consta de dos vigas en las cuales se apoya el carro, este modelo permite alcanzar máximas alturas del gancho, el carro se mueve en posición horizontal y vertical. Las cargas se distribuyen de forma uniforme a lo largo de las vigas.



Figura 2.12 Puente grúa tipo monorriel

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4397>

2.1.4.1.4. Cojinetes

Los cojinetes o rodamientos son fabricados para soportar cargas de empuje puras, cargas radiales puras o la combinación de estas. Las partes de los cojinetes se describen a continuación:

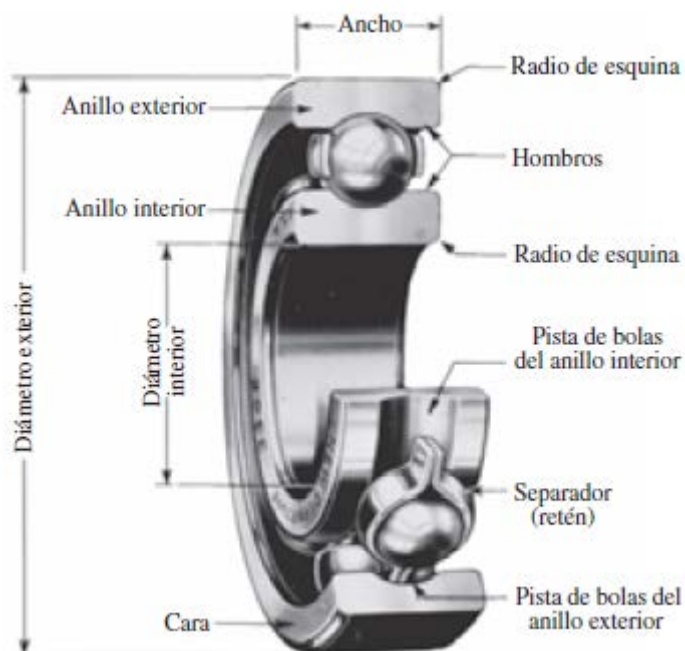


Figura 2.13 Partes del cojinete

Fuente: Joseph Edward Shigley, C. R. (1998). *Diseño en ingeniería mecánica*. México : McGraw-Hill Interamericana .

Clasificación de los cojinetes

Cojinetes radiales.- No permiten el desplazamiento en la dirección del radio.

Cojinetes axiales.- No permiten el desplazamiento en la dirección del eje.

Cojinetes mixtos.- Cumplen el efecto de los cojinetes radiales y axiales al mismo tiempo.

Vida del cojinete

Se define como el número total de oscilaciones o revoluciones (u horas de funcionamiento a una velocidad constante) de operación del cojinete hasta que se presente el criterio de falla. Bajo condiciones ideales, la falla por fatiga consiste en el descascarado de las superficies de soporte de la carga. La norma de la American Bearing Manufacturers Association (ABMA) establece que el criterio de falla es la

primera evidencia de la fatiga. La vida útil dependerá también de las condiciones de lubricación, de la aplicación y de la superficie de contacto, resaltando también la contaminación, la corrosión, los ciclos de movimiento, cargas de choque y las altas frecuencias de carga.

2.1.4.2. SISTEMA ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

Conformado por una serie de componentes eléctricos y electrónicos, conectados entre sí con el propósito de transformar dicha energía eléctrica en energía mecánica.

2.1.4.2.1. Sensores

Sensores de nivel-flotadores.

- Utilizados para la detección y monitoreo del nivel de líquidos.
- Comprende un tubo de medición en el cual un flotador, equipado con un imán, conmuta los contactos montados en una manera no contactante.
- Transductor de nivel de líquidos mecánico.
- Son utilizados en plantas de aguas servidas, tanques de alimentación, tanques químicos, tanques de agua potable, ríos, reservorios, etc.
- Conexión hidráulica, magnética o directa.
- Su construcción se realiza en base al nivel de corrosión que va a soportar.



Figura 2.14 Flotador plástico

Fuente:

http://koboldmessring.biz.a000710.customers.sqlcloud.net/fileadmin/koboldfiles/pdf/es/n2es_nm.pdf

Sensores de temperatura

Termocuplas

- Sensores de temperatura más comunes porque son fáciles de reemplazar.
- Una termocupla está formada por dos alambres de distinto material unidos en un extremo, en donde se aplica temperatura, por lo cual se genera un voltaje en el orden de los milivoltios, que va incrementando en función a la temperatura aplicada.
- Su principal inconveniente es su compensación de cero.
- Para hacer extensión del cable de termocupla se utiliza los denominados cables compensados.

Tipos de termocuplas

| Tipo | Materiales | | Rangos | |
|------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------|
| | Conductor + | Conductor - | Temp. °C | Tensión |
| B | Platino + 30% Rodio | Platino + 6% Rodio | 600 a 1820 | 1,792 a 13,82 mV |
| C | Tungsteno + 5% Rhenio | Tungsteno + 26% Rhenio | 0 a 2316 | 0 a 37,079 mV |
| E | Niquel-Cromo (Chromel) | Cobre-Niquel (Constantán) | -250 a 1000 | -9,719 a 76,37 mV |
| J | Hierro | Cobre-Niquel (Constantán) | -210 a 1200 | -8,096 a 69,555 mV |
| K | Niquel-Cromo (Chromel) | Niquel Aluminio | -200 a 1372 | -5,891 a 54,886 mV |
| L | Hierro | Cobre-Niquel (Constantán) | -200 a 900 | -8,166 a 53,147 mV |
| N | Niquel-Cromo-Silicio (Nicrosil) | Niquel-Silicio-Magnesio (Nisil) | -200 a 1300 | -3,990 a 47,514 mV |
| R | Platino + 13% Rodio | Platino | -20 a 1767 | -0,101 a 21,089 mV |
| S | Platino + 10% Rodio | Platino | -20 a 1767 | -0,103 a 18,682 mV |
| T | Cobre | Cobre-Niquel (Constantán) | -250 a 400 | -6,181 a 20,873 mV |
| U | Cobre | Cobre-Niquel | -200 a 600 | -5,693 a 34,320 mV |

Figura 2.15 Tipos de termocuplas

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1502>

LM 35

- Sensor de temperatura con precisión de rango de -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$.
- Salida lineal de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Calibrados en grados Celsius.
- Gran exactitud 0.5°C a $+25^{\circ}\text{C}$.
- Bajo costo.

- Alimentación entre 4 y 30V.
- Bajo calentamiento espontáneo.

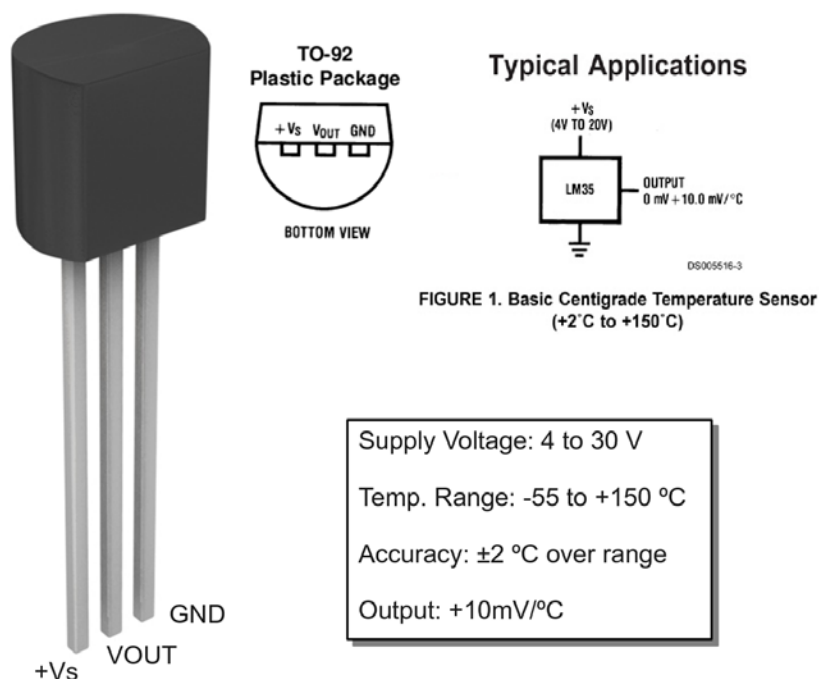


Figura 2.16 Datos técnicos LM35

Fuente: <http://bundlr.com/clips/525ff42f7e365b78f1000067>

Sensor de corriente-efecto Hall

- Consiste en la producción de una caída de voltaje a través de un conductor con corriente, bajo la influencia de un campo magnético externo.
- Aplicado para medición de corriente, frenos, medida de posición, medida de par, medida de campo magnético, medición de velocidad, nivel de líquidos, interruptor de rotación, árbol de levas.
- Existen sensores de efecto hall de salida lineal y salida digital.

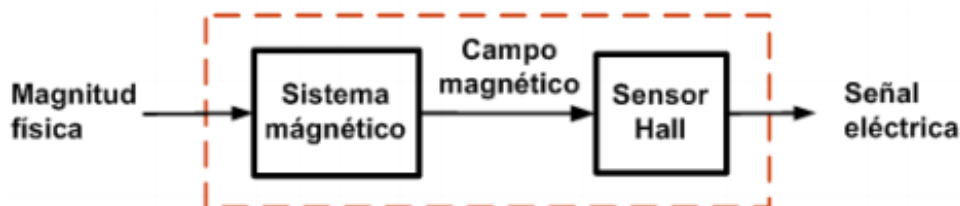


Figura 2.17 Sensor de Efecto Hall-Principio de funcionamiento

Fuente: <http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf>

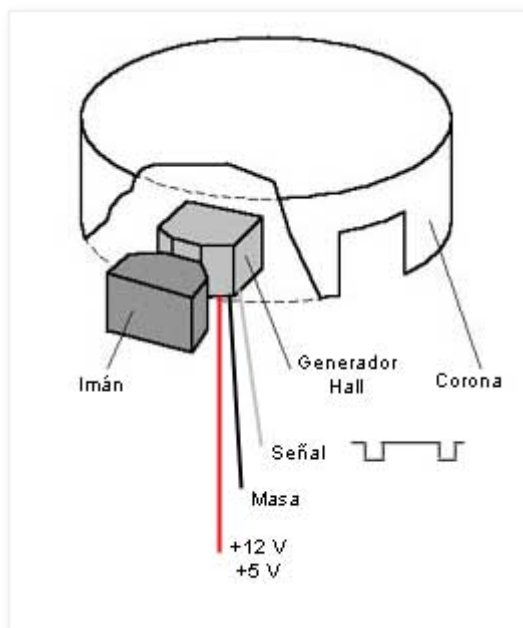


Figura 2.18 Sensor de efecto Hall

Fuente:<http://se2amm.blogspot.com/2012/05/sensor-de-efecto-hall.html>

Sensor de PH - PH-metro

- Sensor utilizado en la medición de pH de una solución.
- El PH es el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones de hidrógeno.
- Su medición consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones.
- La celda de medida de pH consiste en dos electrodos, uno de vidrio y otro de calomel.
- La varita de soporte del electrodo es de vidrio común.
- El extremo sensible del electrodo es de vidrio polarizable.
- El alambre sumergido a la sustancia conduce el potencial hasta un amplificador.



Figura 2.19 PH-metro

Fuente: <http://proyectodecalibracion.blogspot.com/2011/12/ph-metro.html>

Sensores inductivos

- Sensores que detectan la presencia de metales mediante un campo electromagnético por medio de una bobina.
- Usan el principio de la corriente de Foucault.
- El circuito interno consiste en cuatro etapas: oscilador, demodulador, circuito de disparo, circuito de salida.
- El oscilador consiste en un capacitor que almacena energía en un campo eléctrico y un conductor que almacena energía en su campo magnético.
- El demodulador convierte la onda senoidal en una señal DC pulsante.
- El circuito de disparo produce dos voltajes por lo que la transición es muy rápida del uno al otro.
- El circuito de salida provee una señal lo suficientemente grande para se conecte la carga.

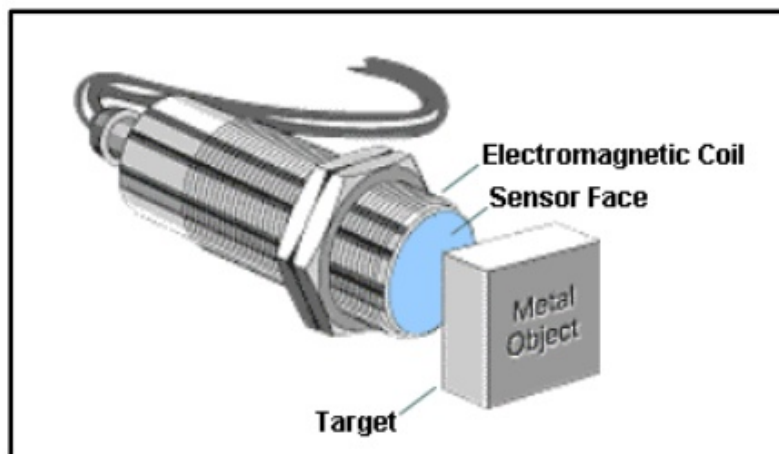


Figura 2.20 Sensor inductivo

Fuente: <http://es.slideshare.net/lonely113/sensores-inductivos-8801776>

2.1.4.2.2. Fuente de alimentación

- Convierte tensión alterna en tensión continua.
- Compuesto de: transformador de entrada, rectificador de diodos, filtro para el rizado y regulador lineal.
- El transformador reduce la tensión de la red.
- El rectificador de diodos transforma la tensión alterna del transformador en tensión continua.
- El filtro transforma la tensión en forma de pulsos obtenida del rectificador en una tensión constante.
- El regulador lineal reduce el rizado y proporciona la tensión de salida deseada.

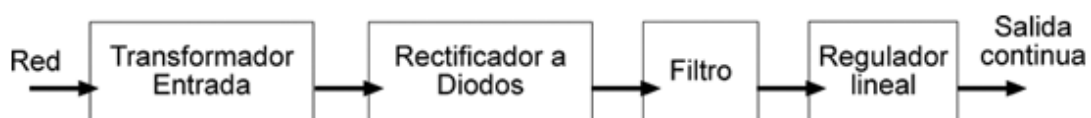


Figura 2.21 Componentes de una fuente de alimentación

Fuente: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>



Figura 2.22 Fuente de alimentación 12-24 VDC

Fuente: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>

2.1.4.2.3. Relés

- Un relé es un interruptor accionado por medio de un electroimán.
- Los relés comandas pequeñas potencias.
- El electroimán está formado por un núcleo, rodeado por una bobina de hilo de Cu.
- Tras la presencia de corriente se núcleo se magnetiza, convirtiéndose en un imán, al abrir de nuevo el interruptor y dejar pasar la corriente por la bobina, el núcleo deja ya deja de ser un imán.
- Existen relés conmutadores de un polo, dos polos y cuatro polos.

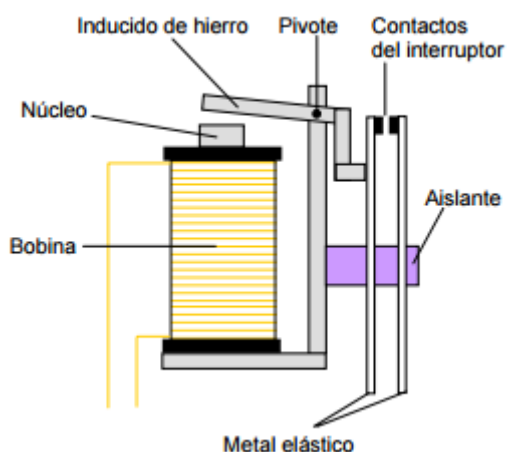


Figura 2.23 Partes de un relé

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

2.1.4.2.4. PLC

- Dispositivo electrónico digital de memoria programable.
- Reemplaza la lógica de relés.
- Guarda instrucciones (programable por el usuario).
- Realiza funciones lógicas de configuración de secuencias, de conteo, de sincronización.
- Son robustos.
- Resistentes a vibraciones, ruido, humedad y temperaturas.
- Con interfaces de entradas y salidas.
- Comanda tareas repetitivas y secuenciales.
- Utiliza menos cableado y menos espacio.

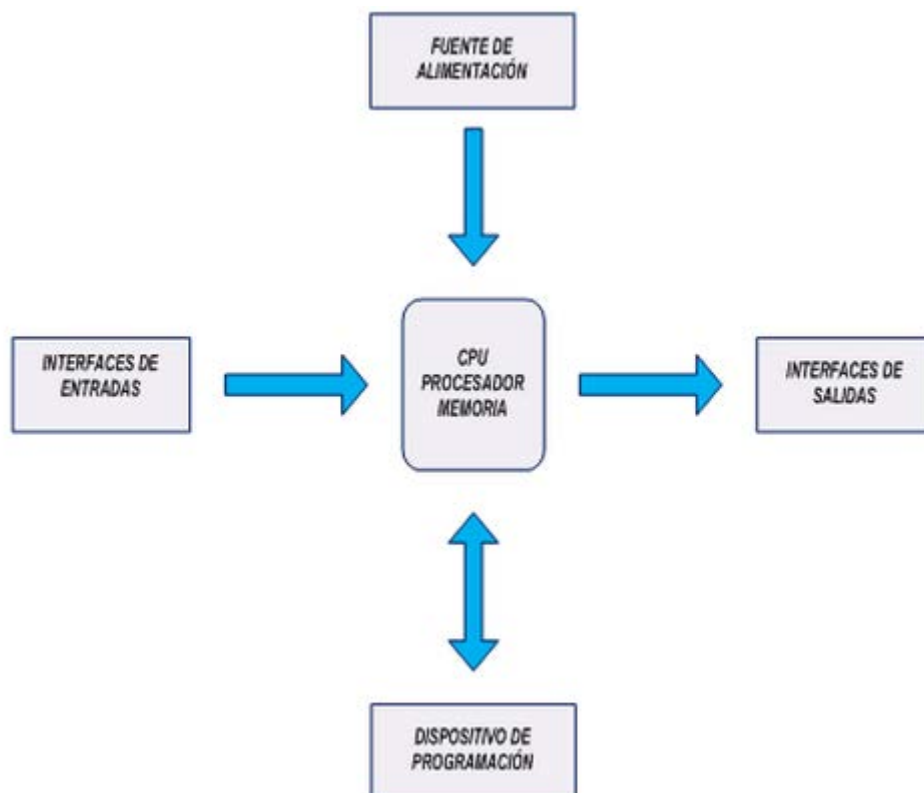


Figura 2.24 Estructura PLC

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>

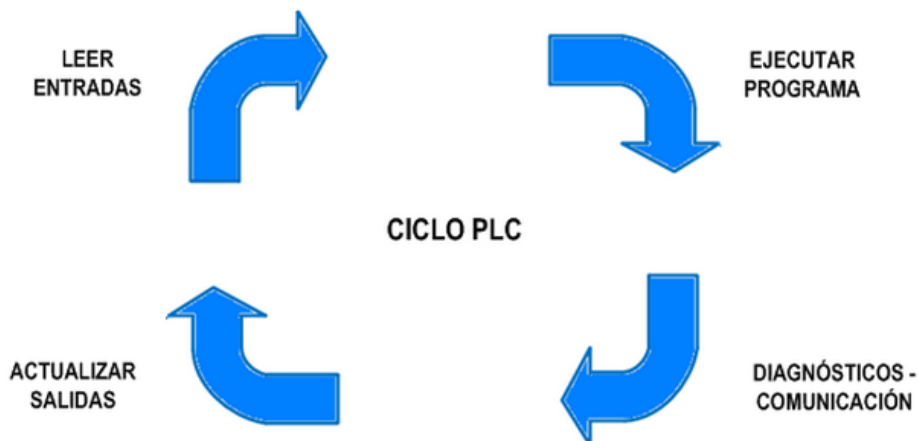


Figura 2.25 Ciclo PLC

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>

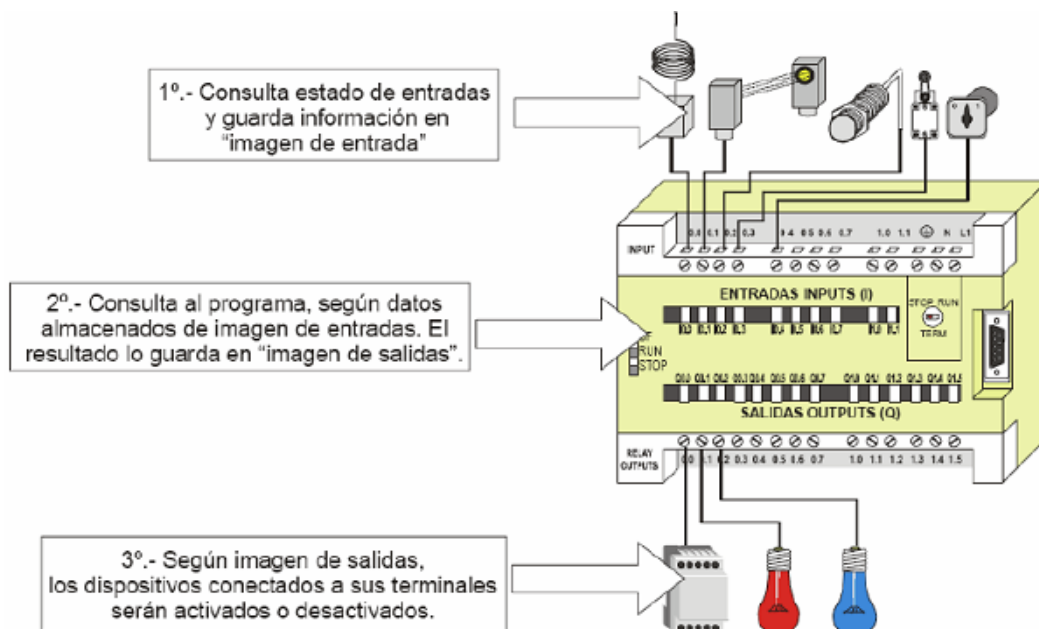


Figura 2.26 PLC

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>

2.1.4.2.5. Electroválvulas

- Son válvulas electromecánicas.
- Consta de una válvula y una selenoide.
- Utilizadas cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, finales de carreras o mandos electrónicos (PLC).

- Controla el paso de un fluido por medio de un conducto.
- Una válvula selenoide mueve la válvula.
- En su mayor parte trabajan en posición abierta y cerrada.
- Utilizado para controlar el flujo de cualquier tipo de fluido.
- De acuerdo a su uso se puede encontrar electroválvulas de acuerdo al número de vías y al número de posiciones.
- El número de vías indica el número de conexiones que tiene la válvula.
- El número de posiciones es el número de maniobras que puede realizar la válvula.

Tipos de electroválvulas

Acción Directa.- Actúa directamente en el émbolo que cierra o abre el orificio permitiendo que el líquido pase o pare (presión mínima requerida = 0 bar).

Acción Indirecta.- Al energizar la bobina el movimiento del émbolo abre el orificio de piloto y descarga el compartimiento superior del diafragma: el desequilibrio de la presión mueve el diafragma que abre el orificio principal (presión mínima requerida = 0.2 bar).

Acción Mixta.- La abertura del orificio principal es efectuada por el desequilibrio de presiones entre el cuerpo superior y el inferior combinando con la acción directa del émbolo que está fijo al diafragma mediante un resorte (presión mínima requerida = 0 bar).

Aplicaciones

- Agua
- Aire
- Vapor
- Químicos
- Gasolina
- Jarabes

- Gas combustible

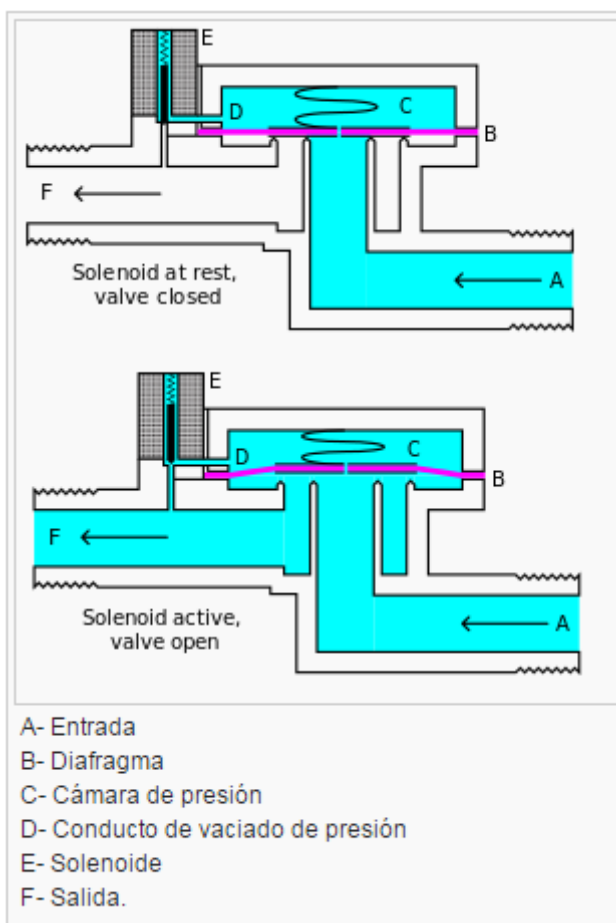


Figura 2.27 Partes de la electroválvula

Fuente: <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

2.1.4.2.6. Bomba de agua

- El motor de una bomba de agua, es de tipo monofásico de inducción, con arranque por espira en sombra.
- Con rotor jaula de ardilla.
- La bomba está fijada en el eje del motor.
- La bomba es una turbina de paletas, las cuales centrifugan el agua que ha entrado al cuerpo de la bomba, generando una presión de agua contra los lados de la bomba, de inmediato generando el desagüe.

Tipos de bombas de agua

- **Bombas manuales.-** Accionadas por fuerza humana. Ejemplo: bomba hidráulica de balancín.
- **Bombas sumergibles.-** Sumergible en el líquido, las cuales contienen un impulsor sellado a su carcasa permitiendo bombear el líquido hacia el exterior una vez en marcha. Ejemplo: bomba para piscinas y estanques.
- **Bomba centrífuga.-** Tiene un rodete que produce una carga de rotación del mismo dentro de una cubierta. Pueden ser para flujo radial o axial. Ejemplo: cargue y descargue de carros tanqueros, hidrocarburos.



Figura 2.28 Bombas de agua

Fuente:

http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=10224:ique-son-bombas-de-agua-y-su-tipos&catid=64:industria&Itemid=87

2.1.4.2.6. Rectificador AC/DC

- Convierte una señal tipo alterna en una señal de tipo continua.
- Formado por un transformador, diodos rectificadores y capacitor de filtro.
- El transformador reduce o eleva la tensión según la aplicación.
- Los diodos rectificadores convierten la señal alterna a una señal con polaridad definida y con pulsaciones.

- El capacitor de filtro elimina las pulsaciones del proceso anterior (diodos rectificadores), para obtener la señal continua requerida.

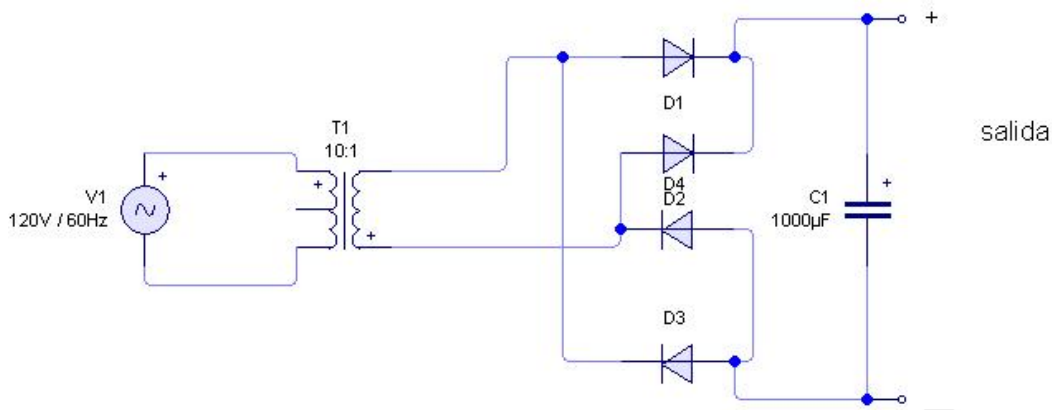


Figura 2.29 Circuito rectificador AC/DC

Fuente: <http://electronicabasica00.blogspot.com/2013/02/rectificador-ac-dc.html>

2.1.4.2.7. Extractor de gases

- Aspira aire y vapores, mediante un motor, que posteriormente pasará a un filtro metálico anti-grasa y finalmente dichos gases serán expulsados hacia el exterior por medio un tubo de salida.
- Según el tipo de aplicación existen en el mercado una gran variedad de extractores entre los cuales se pueden mencionar: extractor de olores tipo campana y extractores eólicos.
- En los extractores tipo campana es importante que posea varias velocidades y una válvula antirretorno. El nivel de ruido aumenta en relación a la potencia de absorción.
- El extractor eólico succiona hacia afuera el aire caliente que se acumula debajo de la cubierta, no consume energía eléctrica, fácil instalación, posee álabes de aluminio y cuenta con rodamientos auto lubricados.



Figura 2.30 Extractor tipo campana

Fuente: <http://www.mabe.com.co/productos/campanas-de-empotrar/cmcv60i1/7/42>



Figura 2.31 Extractor eólico

Fuente: <http://www.extractoreseolicos.com.ar/caracteristicas.htm>

2.1.4.2.8. Resistencias

Resistencia cerámica de 110V

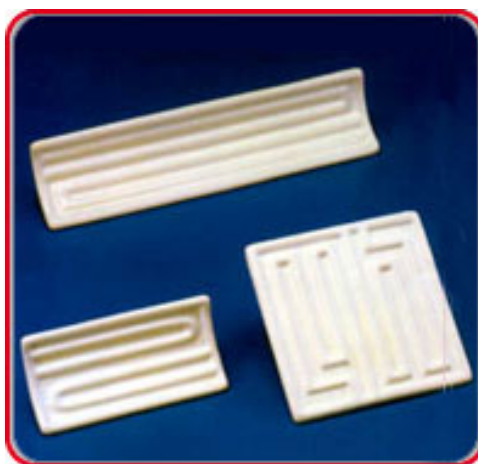


Figura 2.32 Resistencias cerámicas

Fuente: http://www.eldan.com.ar/resistencias_ceramicas.html

Características

- El alambre resistivo está empotrado, protegido de la atmósfera y de ataques corrosivos.
- Distancia de radiación recomendada: 100-200mm para aplicaciones industriales. Voltaje: 220V/240V, 220V, 230V, 240V, 380V, 440V, 120V, 110V.
- Los elementos están provistos con terminales tipo pin y pueden ser provistos con anillos o terminales tipo horquilla.

Resistencia en acero inoxidable 110V



Figura 2.33 Resistencia en acero inoxidable

Fuente: <http://www.resistencias-kgv.com/productos.htm>

Características

- Su principal aplicación está orientada al uso de calefacción en zonas de difícil acceso o espacios reducidos.
- Es de alto poder de concentración de potencias.
- Pueden ser suministradas de baja y alta densidad de carga.
- Es posible fabricar cartuchos en diferentes potencias y medidas a solicitud del cliente.
- No está protegido para soportar ataques corrosivos.

2.1.4.3. PC (SOFTWARE)

TIA PORTAL V11

Portal Totally Integrated Automation (TIA Portal V11), es un paquete de ingeniería para la configuración y programación de controladores lógico programable de la marca SIEMENS.

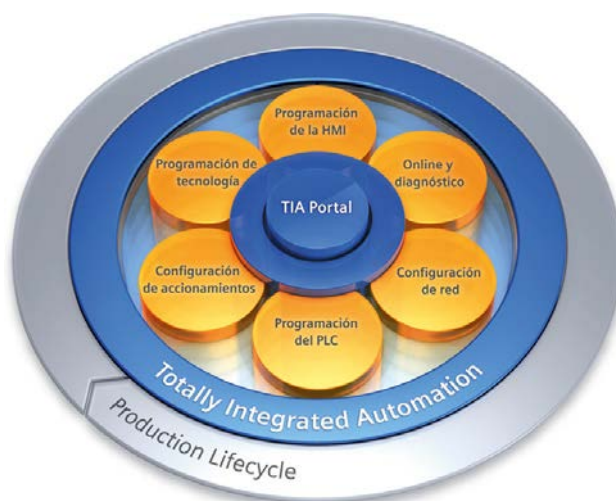


Figura 2.34 TIA PORTAL

Fuente:

https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia_portal/pages/tiaportal.aspx

LabVIEW 2012

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

MICROSOFT ACCESS (BASE DE DATOS)

Microsoft Access, permite almacenar datos de las variables obtenidas del proceso para posteriormente analizarlas y compararlas. La información se la puede presentar de las siguientes maneras:

- Tablas.
- Formularios para ver, agregar y actualizar los datos de las tablas.
- Informes para analizar o imprimir los datos con un diseño específico.

SAP 2000

El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

Conocido por la flexibilidad en el al tipo de estructuras que permite analizar, por su poder de cálculo y por la fiabilidad de los resultados, SAP2000 es la herramienta diaria de trabajo de miles de ingenieros en todo el mundo. La amplia gama de aplicabilidad de los programas de CSI permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada.

3. NORMAS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD

La siguiente figura describe los niveles de riesgo con los que se puede encontrar el operador.



Figura 2.35 Rombo de SeguridadFuente:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ROMBO_DE_SEG_NFPA_704.png

Según el rombo de seguridad el nivel de riesgo con el que se está trabajando en el proceso de anodizado son:

Nivel de riesgo a la salud:

Peligroso (nivel 2)- se recomienda utilizar:

- Mascarillas respiradoras de media cara 3M® 6200 para vapores orgánicos y gases ácidos, en conjunto con los filtros brindan una excelente y efectiva protección contra gases y vapores.
- Gafas protectoras para ojos, debido a que es difícil que se determine o controle la dirección en que salen impulsados los gases procedentes del proceso.
- Guantes de látex, para evitar el contacto con los químicos.
- Casco.
- Mandil.
- Zapatos punta de acero

Inflamabilidad:

Sobre 93 °C (nivel 1).

Reactividad:

Inestable en caso de cambio químico violento (nivel 2).

2.1.5. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Los elementos seleccionados para el prototipo de planta de anodizado natural son los siguientes.

ESTRUCTURA

Más adelante se detallarán la selección del tipo de acero de perfiles previo a cálculos.



Figura 2.36 Perfil tentativo para la estructura principal

Fuente: http://spanish.structural-steelbuilding.com/china-grade_a572_a36_90_x110_astm_industrial_steel_buildings_concrete_plants-2959938.html

CADENA

Cuestiones a considerar para la selección de la cadena:

- Relación de transmisión entre el eje motriz y el eje accionado del motor (tabla 3.2).

$$R_{trans} = \frac{N1}{N1} = \frac{41rpm}{1rpm} = 41rpm$$

- Hallar factor de servicio en base a la potencia del motor a utilizar.

$$F_s = 1.3 * 30W = 39W$$

- Buscar en las tablas de potencia el tipo de cadena a utilizar en base a la relación de transmisión y factor de servicio.

En base a lo establecido se utilizará una cadena de moto, medida 428, material: acero aleado (Anexo A-7), descrito a continuación:



Figura 2.37 Cadena

Fuente: <http://www.impocali.com/index.php?/Listas-%7C%7C-Catalogos/View-document/164-Hoja-Tecnica-de-Cadena-de-Motos-NPC.ic>

Tabla 2.1

Medidas de cadena ISO de rodillos simples DIN-8187, Nr. 08B

| DIN ISO, Nr. 08B | |
|---|-------------------------|
| Paso (p) | 12.7 [mm] |
| Ancho interior (b1 min.) | 7.75 [mm] |
| Ancho eslabón interior (b2 max.) | 11.3 [mm] |
| Rodillo (d1 max.) | 8.51 [mm] |
| Bulón (d2) | 4.45[mm] |
| Ancho de malla (g max.) | 11.8 [mm] |
| Sobremedida (k max.) | 3.9 [mm] |
| Ancho sobre remache (a1 max) | 17 [mm] |
| Superficie de trabajo (f) | 0,50 [cm ²] |
| Carga rotura mínima (Fb min.) | 18200 [N] |
| Peso (q) | 0.70 [kg/m] |

PIÑÓN

Se utilizará un piñón de diámetro exterior 30mm y 6 dientes, debido a que se consideró que los dientes del piñón calcen en los eslabones de la cadena, tomando en cuenta la cara, flanco y fondo del diente. Obteniendo de esta manera las medidas exactas del piñón, descrito a continuación.



Figura 2.38 Piñón

Fuente: <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-6-tooth-sprocket.html>

Cálculos piñón

Datos conocidos

Modulo $M = 3.75$

Número de dientes $z = 6$

Cálculos

Diámetro primitivo

$$D_p = z * M$$

$$D_p = 6 * 3.75[\text{mm}]$$

$$D_p = 22.5 [\text{mm}]$$

Paso circular

$$P_c = \pi * M$$

$$P_c = 3.1416 * 3.75[\text{mm}]$$

$$P_c = 11.781[\text{mm}]$$

Diámetro exterior

$$D_e = (z + 2) * M$$

$$D_e = (6 + 2) * 3.75[\text{mm}]$$

$$D_e = 30[\text{mm}]$$

Espesor del diente

$$E = \frac{P_c}{2}$$

$$E = \frac{11.781[\text{mm}]}{2}$$

$$E = 5.8905[\text{mm}]$$

Diámetro interior

$$D_i = D_p - 2.50 * M$$

$$D_i = 22.5[\text{mm}] - 2.50 * 3.75[\text{mm}]$$

$$D_i = 13.125[\text{mm}]$$

Pie del diente

$$\text{Pie del diente} = 1.25 * M$$

$$\text{Pie del diente} = 1.25 * 3.75[\text{mm}]$$

$$\text{Pie del diente} = 4.6875[\text{mm}]$$

Cabeza del diente

$$M = 3.75[\text{mm}]$$

Altura del diente

$$h = 2.25 * M$$

$$h = 2.25 * 3.75[\text{mm}]$$

$$h = 8.4375[\text{mm}]$$

Altura del pie del diente

$$h_f = 1.167 * M$$

$$h_f = 1.167 * 3.75[\text{mm}]$$

$$h_f = 4.37625[\text{mm}]$$

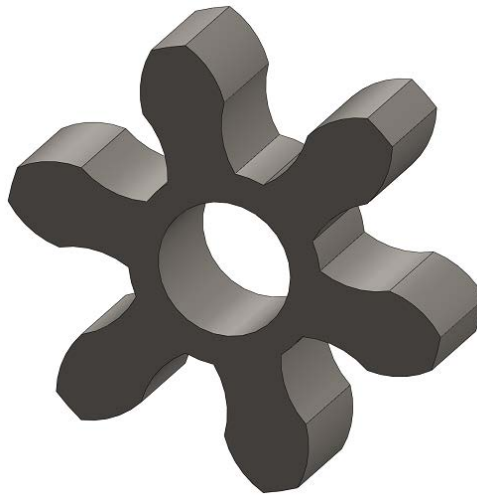


Figura 2.39 Piñón elaborado en SOLIDWORK

COJINETES O RODAMIENTOS

Parámetros a considerar:

- Porcentaje de confiabilidad.
- Vida deseada.
- Velocidad deseada.
- Carga radial.

Para la selección del tipo de rodamiento indicado se trabaja mediante la siguiente relación:

$$C_{10}(L_R n_r 60)^{1/a} = F_D (L_D n_D 60)^{1/a}$$

Dónde:

C_{10} = clasificación de catálogo, lbf o kN

L_R = vida nominal en horas

n_r = velocidad nominal, rpm

F_D = carga radial deseada, lbf o kN

L_D = vida deseada, horas

n_D = velocidad deseada, rpm

$a = 3$ para rodamientos de bolas

$$C_{10} = F_D \left(\frac{L_D n_D 60}{L_R n_r 60} \right)^{1/a}$$

Se seleccionará un rodamiento del catálogo SKF, que clasifica sus cojinetes en $L_R n_r 60 = 10^6$ revoluciones, se desea una vida de 20000 horas a 41 rpm con una carga de $226.07N = 51.38\text{ lbf}$ (sección 2.2.9.4.) y una confiabilidad del 90%.

$$C_{10} = 51.38 \left(\frac{20000 * 41 * 60}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C_{10} = 188.27N$$

De acuerdo a los cálculos obtenidos se ingresa al catálogo de rodamientos SKF (Anexo A-8), y se elige el siguiente:

Designación: 6203

CUBAS

Se seleccionarán como cubas, carcasas de baterías de camiones, ya que están elaboradas en polipropileno de alta densidad, con excelente resistencia química, estabilidad térmica y resistencia al agua en ebullición. Anexo A-6.



Figura 2.40 Cuba Electrolítica

Fuente: <http://llantamotor.com/product-category/camion/>

ELEMENTOS ELECTROMECA'NICOS

Bomba de agua.- Se seleccionarán bombas de lavadoras plásticas ya que sus conductos y hélices son de material plástico, resistente a los diversos químicos que se utilizarán. Además su caudal es apropiado para el sistema.



Figura 2.41 Bomba de agua

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/water-pump-for-washing-machine-226402103.html>

Electroválvula hidráulica.- Se seleccionarán electroválvulas plásticas debido a que sus conductos son de material plástico, resistente a los diversos químicos.



Figura 2.42 Electroválvula hidráulica plástica

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/deltrol-controls/electrovalvulas-lavadora-automatica-12092-264000.html>

Motor 24VDC

Cuestiones a considerar:

- Bajo mantenimiento.
- Fácil de adquirir.
- Lugar de instalación.
- Carga.
- Torque.
- Bajo costo.

Considerando un bajo torque, baja potencia y la ubicación (parte superior del puente grúa), se seleccionó un motor de 24 VDC, de las siguientes características:

Tabla 2.2

Datos técnicos motor eléctrico

| Datos Técnicos | |
|---------------------------|---------------------|
| Número de modelo | Csd71p1 |
| Tipo | Motor del engranaje |
| Voltaje | 24VDC |
| Torsión | 6 N.m |
| Potencia de salida | 25-30W |
| Velocidad | 22-41rpm |
| Torque plaza | 11-14.5 Nm |

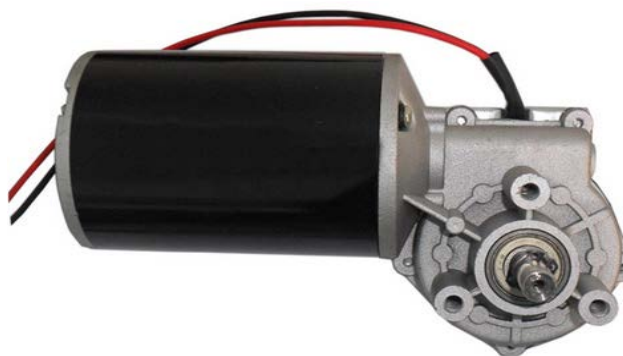


Figura 2.43 Motor 24VDC

Fuente:<http://es.aliexpress.com/w/wholesale-motor-door.html>

ELEMENTO NEUMÁTICO

Cilindro neumático

Cuestiones a considerar:

- Fuerza que necesita generar (fuerza mínima).
- Velocidad de respuesta.
- Alcance hasta las cubas (recorrido).
- Peso de carga.
- Protección del pistón para no echar a perder el émbolo, producto de los gases generados en el proceso.
- Costo.

De acuerdo a los parámetros establecidos se seleccionará un cilindro neumático de doble efecto para realizar el trabajo en las dos direcciones utilizando sus dos tomas de aire, especificado a continuación.

Tabla 2.3

Características técnicas del cilindro neumático

| Características técnicas | |
|---|-----------------------|
| Diámetro interno de la camisa | |
| Diámetro del vástago | |
| Presión máxima de trabajo | 10 bar (máxima) |
| Fluido | Aire comprimido |
| Tipo de rosca en la punta de vástago | Rosca externa métrica |
| Materiales | Aluminio, SAE 1045 |



Figura 2.44 Cilindro neumático de doble efecto

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/waircom/cilindros-neumaticos-doble-efecto-estandar-19759-527777.html>

Electroválvula neumática 5/2.- Seleccionado para el control del cilindro de doble efecto elegido.



Figura 2.45 Electroválvula neumática 5/2

Fuente: <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/Ventile/ventile-11.html>

Electroválvula neumática 3/2.- Se seleccionará este tipo de electroválvula neumática 3 vías y 2 posiciones, por el cilindro seleccionado anteriormente.



Figura 2.46 Electroválvula neumática 3/2

Fuente: <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/Ventile/ventile-7.html>

TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Para el abastecimiento de agua osmotizada, recirculación de químicos y desagüe en las cubas se seleccionaron elementos plásticos, debido a su alta resistencia a la corrosión de químicos, nombrados a continuación.

Tubería PVC de 1/2 - 3/4 y 4 pulgadas



Figura 2.47 Tubería PVC

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Codos PVC de 1/2- 3/4 y 4 pulgadas

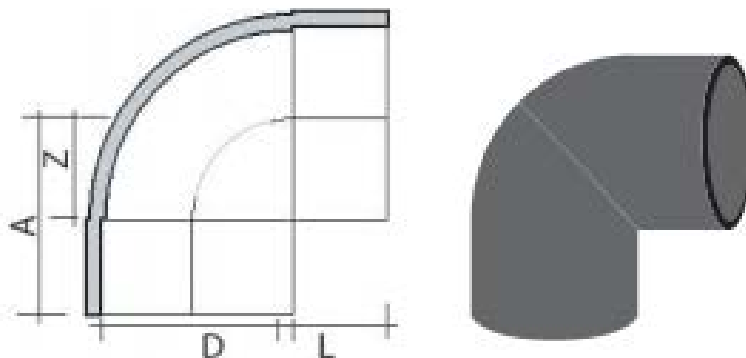
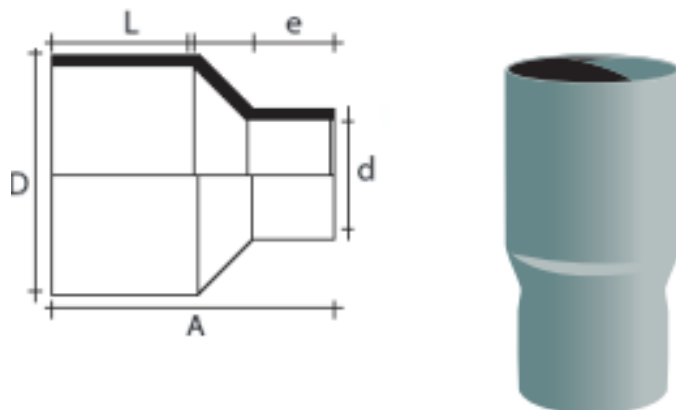
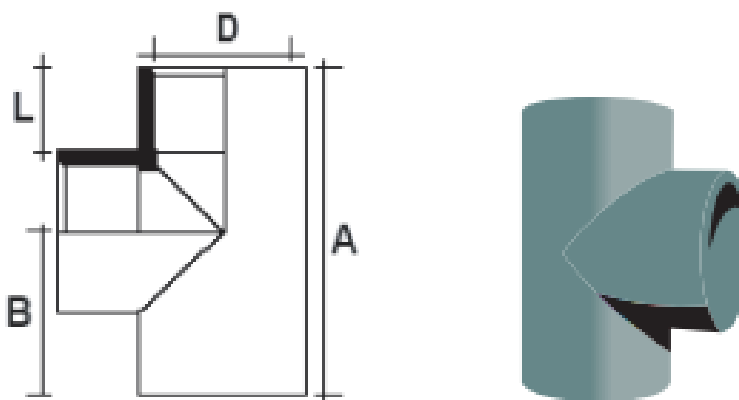


Figura 2.48 Codos PVC

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Reductor PVC de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pulgada.**Figura 2.49 Reductor PVC**

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

TEE PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada**Figura 2.50 TEE PVC**

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Neplos PVC de 5-10 y 15 cm



Figura 2.51 Neplo PVC

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Válvula de bola plástica



Figura 2.52 Válvula de bola plástica

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Manguera plástica flexible



Figura 2.53 Manguera plástica flexible

Fuente: <http://es.wikihow.com/elegir-la-manguera-de-jard%C3%ADn-correcta>

Codo flex-90°



Figura 2.54 Codo flex-90°

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/92853894/CATALOGO-PLASTIGAMA#scribd>

Filtros de canastilla.- Utilizados para evitar la entrada de residuos sólidos en las tuberías.



Figura 2.55 Filtro de canastilla

Fuente: http://www.geocities.ws/mytisa_ing/Catalogos/canasta.pdf



Verificar que en las cubas no existan residuos ni elementos que puedan introducirse en las tuberías y provocar obstrucción.

RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

Proporcionado por la empresa CEDAL S.A.



Figura 2.56 Rectificador de onda completa

Fuente: Empresa CEDAL S.A.

ONDAS MEDIDAS DEL RECTIFICADOR



Figura 2.57 Osciloscopio



Figura 2.58 Forma de onda (voltaje) del rectificador AC/DC

Las ondas observadas fueron registradas con el osciloscopio quien nos indica la forma correcta de la onda a 10.8VDC y el funcionamiento correcto del mismo.

ELECTRODOS (ÁNODO Y CÁTODO)

ÁNODO Y CÁTODO (Rack).- El rack permitirá el flujo de corriente hacia el perfil, cerrando el circuito y permitiendo el anodizado.



Figura 2.59 Rack y base soporte

Fuente: Empresa CEDAL S.A.

RADIADOR

Para el enfriamiento se seleccionarán radiadores de aluminio, por su bajo costo y menor tiempo de enfriamiento.



Figura 2.60 Radiador de aluminio

Fuente: <http://www.calex.es/pdf/radiadores/dubal.pdf>

EXTRACTOR DE GASES

Para la extracción de gases, se seleccionará un extractor tipo campana, que atraparé el vapor generado por las cubas principales del proceso.



Figura 2.61 Extractor de gases

Fuente: http://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/campanas_extractoras/como-elegir-campanas-extractoras.html

SENSORES

Finales de carrera.- Su selección está en base a la carga de impacto y bajo costo.



Figura 2.62 Final de carrera

Fuente: <http://www.petervaldivia.com/ejercicios/electricidad/>

Sensor Inductivo.- Su selección está en base a su precisión y bajo costo, con el fin de indicar la posición de la carga.

Tabla 2.4

Datos técnicos sensor inductivo

| Datos Técnicos | |
|----------------|---------|
| Alcance | 20 mm |
| Voltaje | 24VDC |
| Hilos | 3H, PNP |



Figura 2.63 Sensor inductivo, posicionamiento del cilindro

Fuente:

http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF

Termocuplas tipo J.- Su selección está en base a su rango de temperatura (óptima para el proceso de anodizado) y bajo costo.



Figura 2.64 Sensor tipo J

Flotador magnético plástico.- Seleccionado por su fácil mantenimiento, dimensiones pequeñas, bajo costo y principalmente por su alta resistencia a los químicos.

Tabla 2.5

Datos técnicos flotador magnético plástico

| Datos técnicos | |
|---|-------------------------|
| Característica de funcionamiento | N.O. de/N.C. (opcional) |
| Dimensión de montaje | m10 |
| Presión máxima | 0.2mpa |

**Figura 2.65 Flotador magnético plástico**

Fuente:<http://www.directindustry.es/prod/kobold-instrumentation/interruptores-nivel-flotador-magneticos-horizontales-8996-52088.html>

Sensor de Efecto Hall.- Mide campos magnéticos o corrientes para la determinación de la posición.

Seleccionado por su bajo costo, fácil manejo y cuenta con lo requerido en la corriente de entrada.

Tabla 2.6

Datos técnicos sensor efecto Hall

| Datos técnicos | |
|-------------------------------|------------|
| Alimentación | 2.5V |
| IN corriente | 0-30A |
| OUT voltaje | 0-1V |
| Linealidad | +1% |
| Radio de giro | 1800:1 |
| Temperatura de trabajo | -25°C-70°C |



Figura 2.66 Sensor de Efecto Hall

PH-metro.- Su selección se realizó por sugerencia del laboratorio de anodizado de la empresa CEDAL S.A.

El PH meter PH sensor analog source for Arduino, es utilizado para medir el pH en la cuba de sellado.

Tabla 2.7

Datos técnicos Ph-metro

| Datos técnicos | |
|--------------------------------|--|
| Tipo | PH meter PH sensor analog source for Arduino. |
| Alimentación | 5V |
| Rango de medición | 0-14PH |
| Precisión | +0.1 pH (25°C) |
| Temperatura de medición | 0-60°C |
| Tiempo de respuesta | $\leq 1min$ |



Figura 2.67 PH meter PH sensor analog source for Arduino

Fuente: <http://proyectodecalibracion.blogspot.com/2011/12/ph-metro.html>

PLC – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Cuestiones a considerar:

- Necesidad de procesos.
- Número de entradas y salidas.
- Módulos de expansión.
- Interfaces de comunicación.

El proceso de la planta real cambia periódicamente y tiene procesos secuenciales, por lo que se seleccionará el PLC descrito a continuación en base a la planta real.



Figura 2.68 PLC y módulos de PLC (S7 1200)

Para el control de la planta prototipo de anodizado natural se utilizará el PLC SIEMENS S7-1200 (Anexo B), por su flexibilidad y capacidad de controlar una gran cantidad y variedad de elementos para la automatización de dicha planta, además se utilizará un cable RJ45 cruzado para la comunicación PLC-PC (puerto ethernet).

Tabla 2.8
CPU S7-1200

| CPU/MÓDULOS | MODELO/ REFERENCIA |
|--------------------------------|---|
| CPU 1214C | CPU 1214C/6ES7 214 1BG31-OXBO |
| Módulo IN analógicas | SM 1231 AI 4x13bit/ 6ES7 231-4HD30-0XB0 |
| Módulo IN/OUT digitales | SM 1223 DI 16x24V DC, DQ 16xrelé/ 6ES7 223-1PL30-0XB0 |
| Módulo termocuplas | 6ES7 231-5QD30-0XB0 |

PROTECCIONES

Las protecciones son escogidas de acuerdo:

- Amperaje y potencia de las cargas.

Tabla 2.9
Protecciones

Breaker

Fusibles.-fusibles que protegen las fuentes, el PLC, las salidas del PLC, el rectificador y el extractor. Los fusibles se encuentran alojados en portafusibles.



Datos Técnicos Breaker

| | |
|-------------------------------|----------|
| Corriente límite | 10-20 A |
| Voltaje límite | 240-415V |
| Fusibles Utilizados | |
| PLC salidas | 1A |
| Fuente 24VDC-2.5A | 8A |
| Fuente 24VDC-3.1A | 16A |
| Extractor tipo campana | 32A |
| Potencia | 32A |

FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Cuestiones a considerar:

- Número de cargas a alimentar.
- Amperaje.
- Potencia.
- Disipación de calor.
- Con protecciones en caso de sobrecarga.

De acuerdo a las especificaciones anteriores se seleccionaron las siguientes fuentes:

Tabla 2.10

Fuentes de alimentación

FUENTE DE 24 V DC – 3.1A

La fuente es utilizada para la alimentación del motor de la grúa.



Datos Técnicos

| | |
|------------------------|--|
| Marca: | Q&W DR-75-24 |
| Input Voltaje: | 100-120 VAC, 1.6A 200-240 VAC, 0.8A |
| Frecuencia | 50/60Hz |
| Output Voltaje: | 24V – 3.1A |

FUENTE DE 24 V DC – 2.5A.

La fuente es utilizada para la alimentación de sensores, PLC y relés de 24V DC.

**Datos Técnicos**

| | |
|------------------------|-------------------|
| Marca: | DELTA |
| Input Voltaje: | 100-240 VAC, 1.5A |
| Frecuencia: | 50/60Hz |
| Output Voltaje: | 24V – 2.5A |

2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

2.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

APORTICADA

Tabla 2.11

Características de la estructura aporticada

| ESTRUCTURA APORTICADA | |
|--------------------------------|---|
| Ítem | Características |
| Capacidad del puente grúa | 25kg |
| Tipo de pórtico | Sección constante |
| Luz del pórtico | 44.6 cm |
| Ancho entre pórticos | 181.6 cm |
| Número de pórticos | 2 |
| Perfiles para columnas y vigas | Acero ASTM A36 (Anexo A-1)correa tipo G (60x30x10x3) (Anexo A-2) |
| Material de aporte | E6010 |

Tabla 2.12

Características del puente grúa

| PUENTE GRÚA | | |
|---|---------------------|-------------------------------|
| Ítem | Características | Observación |
| Tipo | Puente grúa birriel | - |
| Carga nominal (todo lo que soporta la estructura) | 25kg | - |
| Horas de servicio | 20000 h/año | Según norma Británica BS 2573 |
| Velocidad de traslación | 0.03 m/s | Recomendado por DEMAG |
| Tipo de mando | Control remoto | - |
| Tipo de polipasto | Neumático por riel | - |

2.2.2. ESQUEMA GENERAL DE LA ESTRUCTURA APORTICADA

Conforme a las medidas básicas establecidas anteriormente, se establece un esquema general que representa los elementos para el diseño de pórtico industrial.

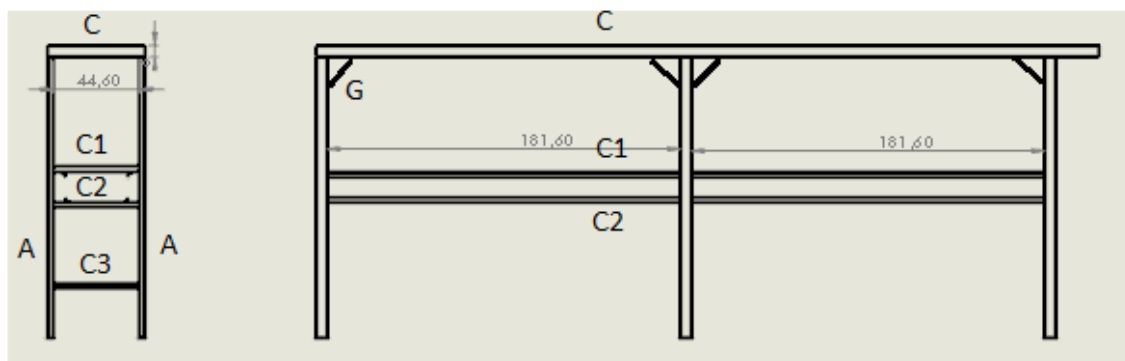


Figura 2.69 Esquema general de la estructura aporticada tipo puente grúa

Dónde:

A: es la columna primaria (6 columnas)

C, C1, C2, C3: traveses de conexión con las vigas

C: viga de carga y viga carrilera (puente grúa)

C1 (cantidad 2): vigas guías (no soportan cargas axiales y laterales)

C2 (cantidad 2): vigas de carga y vigas de apoyo (apoyo de cubas)

C3 (cantidad 3): vigas de carga y vigas de apoyo (apoyo de bombas e intercambiadores)

G: ménsula de sujeción de la viga carrilera (8)

Este esquema será utilizado para los fines de cálculo de la estructura aporticada.

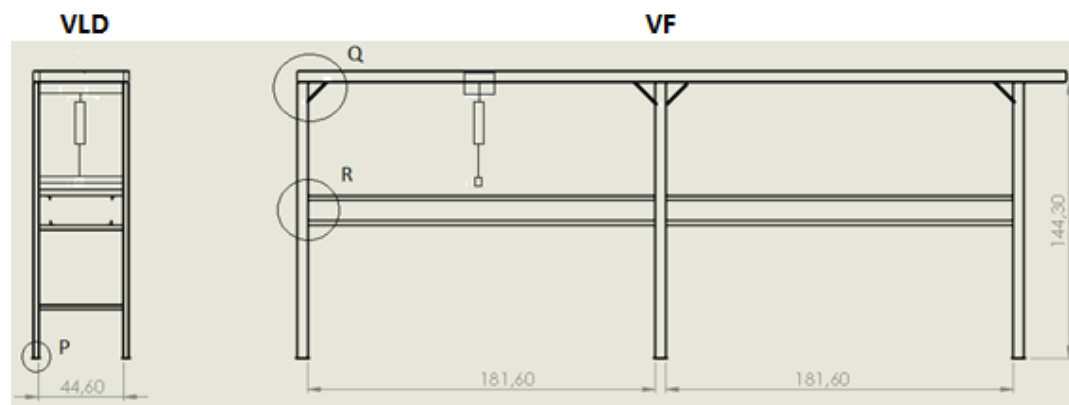


Figura 2.70 Esquema detallado de la estructura aporricada tipo puente
Grúa vista frontal (VF) y vista lateral derecha (VLD) elaboradas en solidwork.

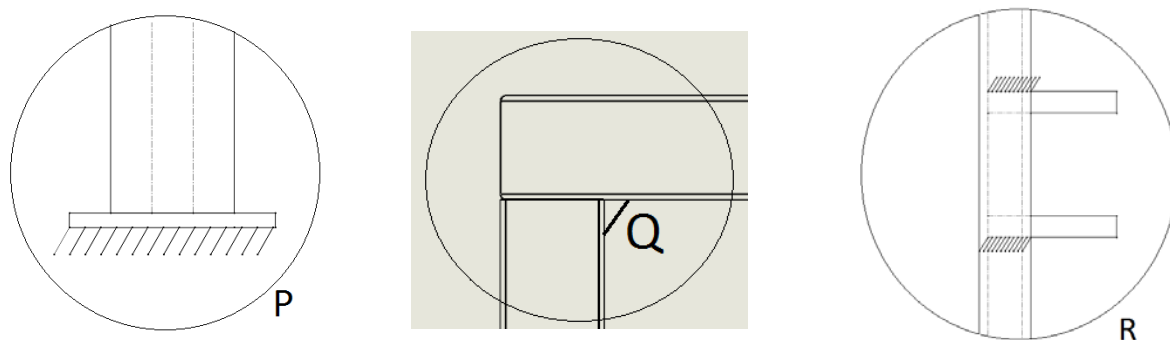


Figura 2.71 Esquema detallado de la estructura aporricada tipo puente grúa

En estas vistas se pueden observar que para llegar a establecer el diseño representado en el esquema general, deben llegar a ser establecidos otros detalles que permitan llegar a construir el diseño.

Se tienen así los siguientes elementos detallados a continuación.

Detalle P (cantidad 6): Placa base entre cimentación y columna

Detalle Q (cantidad 8): Soporte triangular entre vigas y columnas (celosía)

Detalle R: Empotramiento de las bases (ángulos soportes de las cubas) respecto a las columnas

NOTA.- Para la transformación de valores máxicos a cargas, se considera el valor promedio de la aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2 , debido a la localización de nuestro país.

2.2.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES

El ancho colaborante es la longitud compartida entre dos pórticos adyacentes, representado de la siguiente manera:

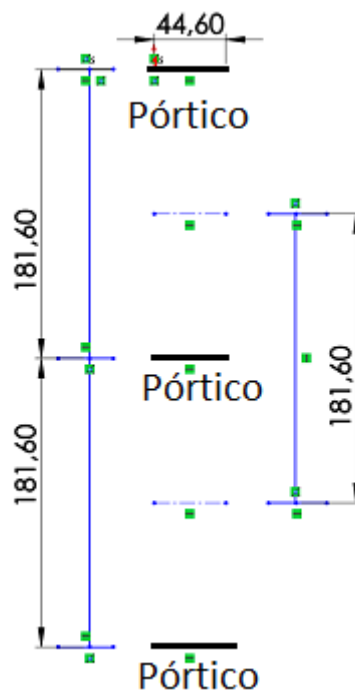


Figura 2.72 Ancho colaborante para el análisis del pórtico (cm)

2.2.3.1. CARGAS ESTÁTICAS

2.2.3.1.1. Carga de peso propio W_{pp}

Carga de peso propio W_{pp} (propia de la estructura).

Parámetros a considerar:

- Peso de los perfiles del pórtico
- Peso de las correas superiores
- Peso de la viga carrilera
- Peso de las columnas
- Peso de los ángulos y tubos cuadrados.

No se considera el peso de la capacidad del puente grúa, de las ménsulas o celosías ya que el peso de todos estos elementos es despreciable respecto al peso total de la estructura.

2.2.3.1.1.1. Peso de los perfiles estructurales que conforman el pórtico W_p

Cuestiones a considerar:

- Un perfil base debe seleccionarse como parámetros de diseño con el fin de estimar el peso del pórtico.
- Como se puede apreciar en la tabla de perfiles estructurales correas tipo G, el rango de perfiles va desde 1.5mm hasta 12mm de espesor (Anexo A-1), se elige por tanto un perfil de 3mm para la estimación del peso pórtico.
- Las medidas establecidas en el esquema general de pórtico son la base para este cálculo.

Una correa tipo G ASTM A36 tiene un peso de $W = 1.9 \text{ }^{lb}f/_{ft}$ y las longitudes de los elementos del pórtico corresponde a las siguientes dimensiones:

Tabla 2.13

Elementos que conforman el pórtico

| Elemento | Longitud (mm) |
|----------|---------------|
| A | 1443 |
| C | 446 |

Considerando que A se repite dos veces y C una vez, se obtienen para el perímetro de pórtico los siguientes resultados:

$$L = (2 * 1443) + 446$$

$$L = 3332\text{mm} = 10.93\text{ft}$$

El peso estimado de los perfiles del pórtico es por tanto:

$$W_p = L * W$$

$$W_p = 10.93\text{ft} * 1.9 \text{ }^{lb}f/_{ft}$$

$$W_p = 20.767 \text{ lft} = 92.51N$$

$$\text{Dos pórticos: } 92.51N * 2 = 185.02N$$

2.2.3.1.1.2. Peso de las correas superiores W_b

De manera crítica se considera un perfil tipo G 60x30x10x3 (Anexo A-2).

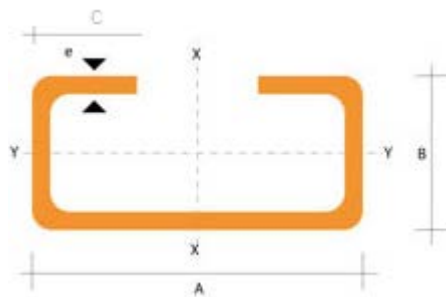


Figura 2.73 Geometría del perfil G (A=60mm, B=30mm, C=10mm, e=3mm)

Del catálogo de DIPAC se obtiene que el peso en kg por 1 metro es 2.83 kg/m , además que es peso en kg por 6 metros es 16.98 kg/m .

El peso muerto de las correas de techo en el pórtico se obtiene de la siguiente manera:

$$W_b = N * 2.83 \text{ kg/m} * A_c * g$$

Dónde:

W_b : Peso muerto de las correas de techo

N: Número de las correas de techo

A_c : Ancho colaborante de diseño (1.816 m)

g: gravedad

$$W_b = 4 * 2.83 \text{ kg/m} * 1.816 \text{ m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_b = 201.46 N$$

2.2.3.1.1.3. Peso de las columnas

Considerando la presencia de dos columnas se procede a realizar los siguientes cálculos para obtener el peso de las columnas. Considerando que el material es un acero ASTM A-36 tipo G.

$$W_{Col} = 2 * 2.83 \text{ kg/m} * 1.443 \text{ m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{Col} = 80 \text{ N}$$

2.2.3.1.1.4. Peso de los ángulos y tubos cuadrados

La estructura está formada por dos ángulos de lados iguales (1"x3.18mm) (Anexo A-4) que soporta el peso de las cubas con líquido, el peso de los mismos se calcula a continuación.

$$W_{AC} = 2 * 1.19 \text{ kg/m} * 3.77 \text{ m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{AC} = 87.9 \text{ N}$$

Dos ángulos de lados iguales (1 ¼" x 3.18mm) (Anexo A-1), soportan el peso de los ángulos nombrados anteriormente, el peso de las mismos se calcula a continuación.

$$W_{AA} = 2 * 1.5 \text{ kg/m} * 0.47 \text{ m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{AA} = 13.82 \text{ N}$$

Además, la estructura consta de 4 tubos cuadrados (25x2mm) (Anexo A-3), sus cálculos se detallan a continuación.

$$W_{TC} = 4 * 1.47 \text{ kg/m} * 0.47 \text{ m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{TC} = 27.08 \text{ N}$$

El peso total de los ángulos y tubos cuadrados es:

$$W_{at} = W_{AC} + W_{AA} + W_{TC}$$

$$W_{at} = 87.9 \text{ N} + 13.82 \text{ N} + 27.08 \text{ N}$$

$$W_{at} = 128.8 \text{ N}$$

Cálculo de la carga de peso propio W_{pp}

$$W_{pp} = W_p + W_b + W_{Col} + W_{at}$$

$$W_{pp} = 185.02N + 201.46 N + 80N + 128.8$$

$$W_{pp} = 595.28 N$$

Cálculo de la carga de seguridad W_s

Definida como el producto de la constante 0.3 por la carga de peso propio.

$$W_s = 0.3 * W_{pp}$$

$$W_s = 0.3 * 595.28N$$

$$W_s = 178.584 N$$

Carga muerta total D

Definida como la suma de la carga de peso propio y la carga de seguridad.

$$D = W_{pp} + W_s$$

$$D = 595.28 N + 178.584 N$$

$$D = 773.864N$$

2.2.3.2. CARGAS DINÁMICAS

2.2.3.2.1. Carga viva de cubierta L_r

Es muy importante la consideración de este tipo de carga ya que sobre la estructura trabajarán los operadores en caso de que exista algún daño con respecto al cableado del puente grúa o realicen un montaje.

Se considera un máximo de 4 personas que podrían encontrarse sobre la estructura realizando algún tipo de mantenimiento o montaje, cada persona tiene un peso promedio de 80 kg, entonces:

$$L_r = 80kg * 4 * g$$

$$L_r = 320 kg * 9.8 m/s^2$$

$$L_r = 3136N = 3.136 KN$$

2.2.3.2.2. Carga de viento W_v

La carga de viento no existe ya que la estructura se encuentra dentro de las instalaciones de la empresa.

2.2.3.2.3. Carga de sismo W_{ss}

No está determinada ya que es una estructura interna a las instalaciones de la empresa.

2.2.4. CARGAS EN EL PRIMER PISO DE LA ESTRUCTURA

Tabla 2.14

Accesorios del primer piso

| Accesorios | Unidades | Kg |
|--|----------|--------------|
| Intercambiadores | 5 | 5 |
| Bombas hidráulicas | 5 | 4.5 |
| tubos cuadrados de Al 40x40x1.5 (Anexo A-5) | 4 | 9.86 |
| Accesorios | Varios | 1 |
| TOTAL | | 20.36 |

A este peso referencial, se debe considerar el peso de soldadura para el anclaje de los elementos, considerando un factor de compensación de 1.1.

$$W_{IB} = 1.1 * 20.36 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{IB} = 219.48 \text{ N}$$

2.2.5. CARGAS EN EL SEGUNDO PISO DE LA ESTRUCTURA

Las cargas aplicadas en el segundo piso se obtienen del peso de las cubas con el respectivo líquido a utilizar.

$$\text{MASA TOTAL DE LAS 12 CUBAS} = \sum \text{CUBA } 1 \dots 12$$

$$\text{masa}_{\text{totalcubas } 1,3,5,7,9,11}$$

$$= m_{\text{totaldesengrase}} + m_{\text{totaldecapado}} + m_{\text{totalsodacaústica}} \\ + m_{\text{totalneutralizado}} + m_{\text{totalanodizado}} + m_{\text{totalsellado}}$$

$$\text{masa}_{\text{totalcubas } 1,3,5,7,9,11}$$

$$= 4.006904 \text{ kg} + 4.226 \text{ kg} + 5.0848 \text{ kg} + 5.02 \text{ kg} + 4.672 \text{ kg} \\ + 4.469184 \text{ kg} + 24 \text{ kg}$$

$$masa_{totalcubas\ 1,3,5,7,9,11} = 51.478888\ kg$$

$$masa_{12\ cubas\ 1,3,5,7,9,11} = 1\ kg$$

$$masa_{total\ 1.....12} = 51.478888\ kg + 1\ kg$$

$$masa_{total\ 1.....12} = 52.478888\ kg$$

$$\underline{masa\ cubas\ 13,14,15,16,17,18 = 26\ kg}$$

La masa a ser utilizada será de las cubas 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17 y 18, cabe recalcar que las masas 1-12 corresponden al proceso de anodizado natural y las masas de la cuba 13-18 corresponde a otro proceso independiente del anodizado natural, sin embargo se lo toma en cuenta este último para obtener el peso total y hacer el respetivo estudio de la estructura.

$$masa_{TOTAL} = 52.478888\ kg + 26kg$$

$$masa_{TOTAL} = 78.478888\ kg$$

$$W_C = masa_{TOTAL} * g$$

$$W_C = 78.478888\ kg * 9.8\ m/s^2$$

$$W_C = 769.0931024N$$

$$W_{cada\ ángulo} = 384.55N$$

2.2.6. CARGAS DEL PUENTE GRÚA (CUARTO PISO)

2.2.6.1. Carga de operación C_n

La carga de operación es la capacidad del puente grúa, y de manera adicional a una carga de seguridad en caso de sobrecarga, que de acuerdo a recomendaciones estructurales se asume como un 15% de la carga nominal, entonces:

$$C_n = 2.5kg + 15\% * 25kg * g$$

$$C_n = 2.875kg * 9.8\ m/s^2$$

$$C_n = 28.175\ N$$

2.2.6.2. Impacto vertical C_i

Para una grúa operada a control remoto el impacto vertical está definido como el 10% de la carga de operación.

$$C_i = 10\% * C_n$$

$$C_i = 10\% * 28.175 \text{ N}$$

$$C_i = 2.82 \text{ N}$$

2.2.6.3. Peso de puente grúa sin carga W_{PG}

En la siguiente tabla se menciona cada uno de los accesorios con su respectiva carga.

Tabla 2.15

Accesorios del puente grúa

| Accesorios | Unidades | Kg |
|---|----------|--------|
| Motor + engranaje | 1 c/u | 8 |
| Viga de carga | 1 | 1.26 |
| Mecanismo de traslación de la grúa | 1 | 1.2 |
| Parte eléctrica/electrónica | Varios | 4 |
| Cilindro | 1 | 3.636 |
| TOTAL | | 18.096 |

A este peso referencial, se debe considerar el peso de soldadura para el anclaje de los elementos, considerando un factor de compensación de 1.1.

$$W_{PG} = 1.1 * 18.096 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{PG} = 195.07 \text{ N}$$

2.2.6.4. Carga vertical de diseño para la viga carrilera C_{vs}

Se define como la sumatoria de la carga de operación del puente grúa (C_n), la carga del peso propio del puente grúa (W_{PG}) y el impacto vertical (C_i).

$$C_{vs} = C_n + W_{PG} + C_i$$

$$C_{vs} = 28.175 \text{ N} + 195.07 \text{ N} + 2.82 \text{ N}$$

$$C_{vs} = N = 226.07N$$

2.2.6.4.1. Polipasto en posición central

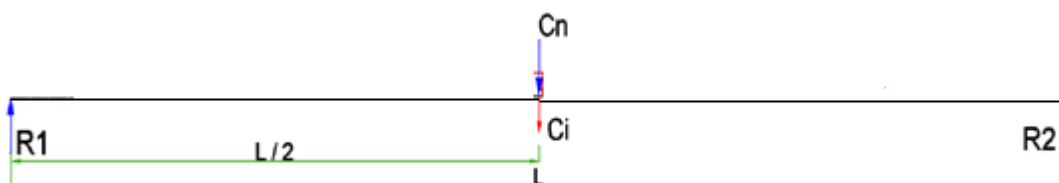


Figura 2.74 Carga puntual vertical

Por lo tanto $R_1 = R_2$, entonces las cargas verticales aplicadas son las siguientes:

$$R_1 = R_2 = \frac{C_n + W_{PG} + C_i}{2}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{28.175 \text{ N} + 195.07N + 2.82 \text{ N}}{2}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{226.07N}{2}$$

$$R_1 = R_2 = 113.03 \text{ N}$$

Por lo tanto, la carga que soporta la rueda es:

$$C_R = 113.03 \text{ N}$$

2.2.6.5. Carga de impacto en los fines de carrera C_{bs}

Tabla 2.16

Factor de impacto

| TIPO DE EQUIPO | FACTOR DE IMPACTO |
|-------------------------------------|-------------------|
| Maquinaria ligera | 1.2 |
| Maquinaria pesada y reciprocante | 1.5 |
| Soportes de elevadores | 2.0 |
| Soportes de equipos turbo mecánicos | 3.0 |
| Filtros y unidades reciprocantes | 4.0 |

La carga de impacto en los fines de carrera, es una fuerza longitudinal ejercida en la viga carrilera por acción del movimiento del puente grúa (sin carga), debido a

los choques cuando todo el puente en conjunto llega a sus fines de carrera. Para el cálculo de esta carga se utiliza un factor de impacto para máquina ligera, por tanto:

$$C_{bs} = 1.2 * \text{Capacidad PG} * g$$

$$C_{bs} = 1.2 * 25\text{kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$C_{bs} = 294 \text{ N}$$

2.2.7. PLACA BASE

Cuestiones a considerar:

- Dimensiones del perfil que va a soportar la placa base (correa G 60x30x10x3mm).
- La placa base debe tener dimensiones superiores a la columna.
- Medidas de la placa base.

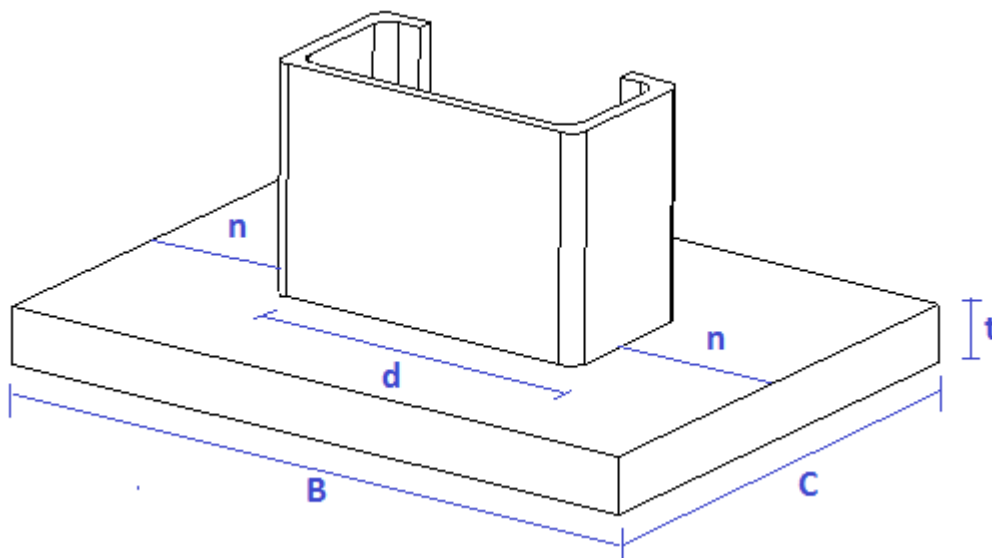


Figura 2.75 Variables de medidas placa base

Dónde:

B, C y t: dimensiones de la placa

d: espaciamiento

n: longitud del ala

- Vista en corte

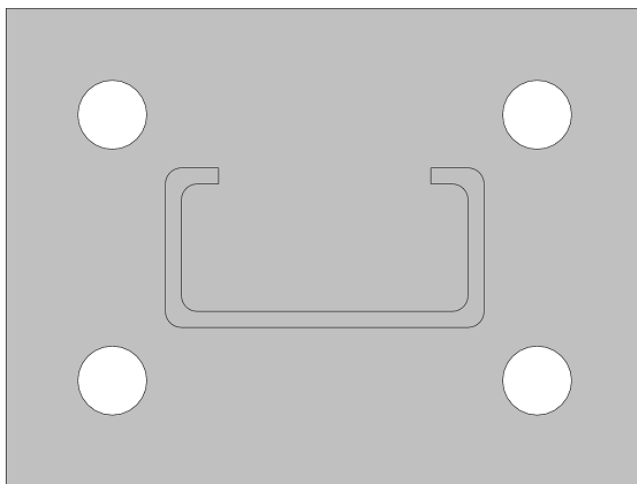


Figura 2.76 Vista en corte placa base

- No se utilizará placa de neofreno.

Consideraciones para las perforaciones de la placa base

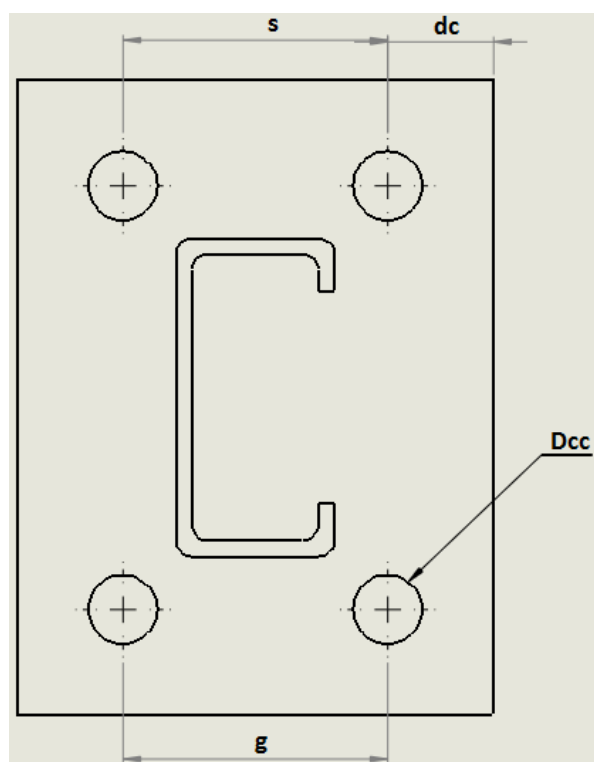


Figura 2.77 Perforaciones placa base

Dónde:

D_{cc} = diámetro del agujero de la placa

d_c = distancia de canto

s = paso

g = gramil

$$dc \geq 1.5Dcc$$

$$g \geq 2Dcc$$

$$s \geq 2Dcc$$

$$Dcc = Dperno + 1/8''$$

Longitud pernos de anclaje

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L_T = L_{efectiva} + e_{placa\ base} + L_{rosca}$$

Dónde:

L_T : longitud total del perno de anclaje

$e_{placa\ base}$: longitud efectiva del perno de anclaje

L_{rosca} : espesor de la placa base (t)

Longitud efectiva del perno de anclaje

$$L_{efectiva} = \frac{4P}{f_c * D_p * 0,05 * \pi * fr}$$

Dónde:

P : carga axial aplicada al perno de anclaje

fr : factor de adherencia

f_c : resistencia última del hormigón

D_p : diámetro del perno

2.3. RESUMEN DE LAS CARGAS CONSIDERADAS PARA EL DISEÑO DEL PUENTE GRÚA

Tabla 2.17

Cargas actuantes para el diseño del puente grúa

| CARGAS DE DISEÑO DEL PÓRTICO INDUSTRIAL TIPO PUENTE GRÚA | | |
|---|-------------------|----------|
| CARGAS EN EL PÓRTICO | | |
| TIPO DE CARGA | SIMBOLOGÍA | N |
| Carga de peso propio | W_{pp} | 595.28 |
| Carga muerta total | D | 773.864 |
| Carga viva de cubierta | L_r | 3136 |
| Carga de sismo | W_{ss} | 0.00 |
| CARGAS EN EL PUENTE GRÚA | | |
| TIPO DE CARGA | SIMBOLOGÍA | N |
| Carga de operación | C_n | 28.175 N |
| Impacto vertical | C_i | 2.82 N |
| Carga vertical de diseño para la viga carrilera (máx) | C_{vs} | 226.07N |
| Carga de impacto en los fines de carrera | C_{bs} | 294 |

2.4. INGENIERÍA EN DETALLE

2.4.1. DISEÑO DE LA VIGA CARRILERA

Cuestiones a considerar:

- Facilidad de montaje y construcción.
- Como son 2 pórticos se consideran 1 vigas carrileras de 0.44 m.
- El diseño de la viga carrilera se divide en dos partes, por un lado se tiene el diseño a flexión por las cargas verticales del puente grúa, mientras que por otro lado se tiene el diseño a cortante.
- El material es un acero ASTM A-36 grado C (Anexo A-1).

2.4.1.1. Cargas actuantes

2.4.1.1.1. Peso propio de la viga carrilera

Considerando un perfil tipo G ASTM A36:

$$W_1 = 1.9 \frac{lb_f}{ft} * 0.44m * \frac{100cm}{1m} * \frac{1ft}{30.48cm}$$

$$W_1 = 2.74 lb_f = 1.25 * 9.8 = 12.22 N$$

W1 se convierte en carga puntual tomando en cuenta la longitud del centro 0.22m para la viga carrilera.

2.4.1.2. Diagrama del cuerpo libre y resultados

El diagrama de cuerpo libre y los resultados se obtienen de la siguiente manera:

- a) Introducir en el SAP2000 las medidas de la estructura y parámetros de cada perfil.

Tabla 2.18

Parámetros de perfiles

| TIPO DE PERFILES ASTM A-36 |
|---|
| Perfil tipo G (60x30x10x3)mm |
| Tubo cuadrado (25x2)mm |
| Ángulo de lados iguales (1"x3.18mm) |
| Ángulo de lados iguales (1 ¼" x 3.18mm) |

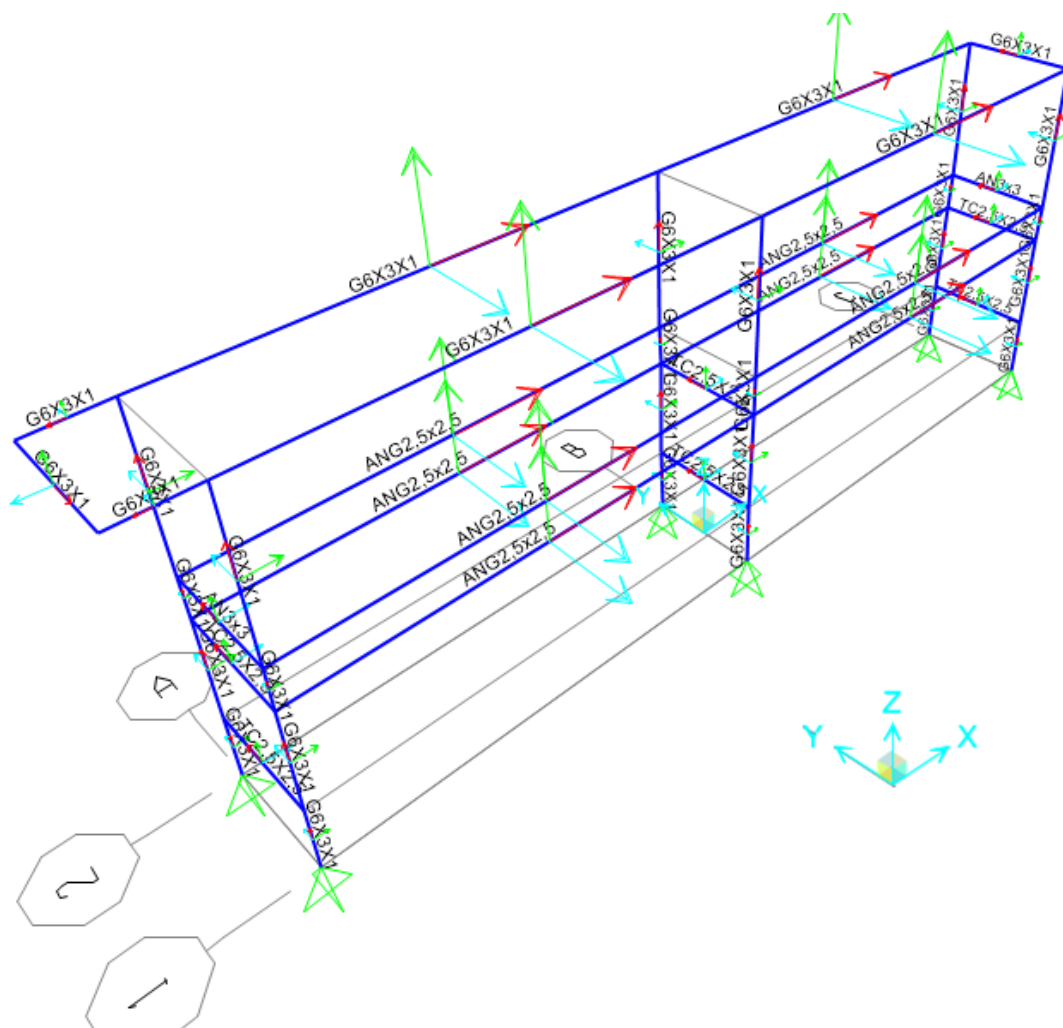


Figura 2.78 Visualización de los perfiles utilizados en la estructura SAP2000

b) Asignar los tipos de apoyo, en este caso son apoyos externos fijos.

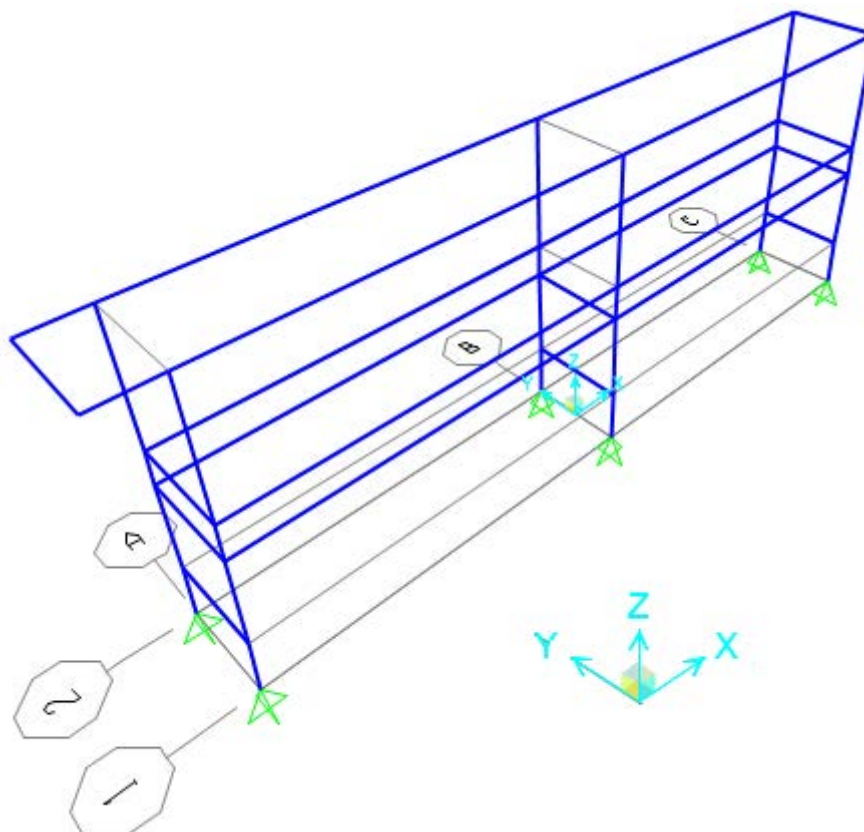


Figura 2.79 Estructura graficada en SAP2000 (apoyos fijos)

c) Asignar las cargas correspondientes.

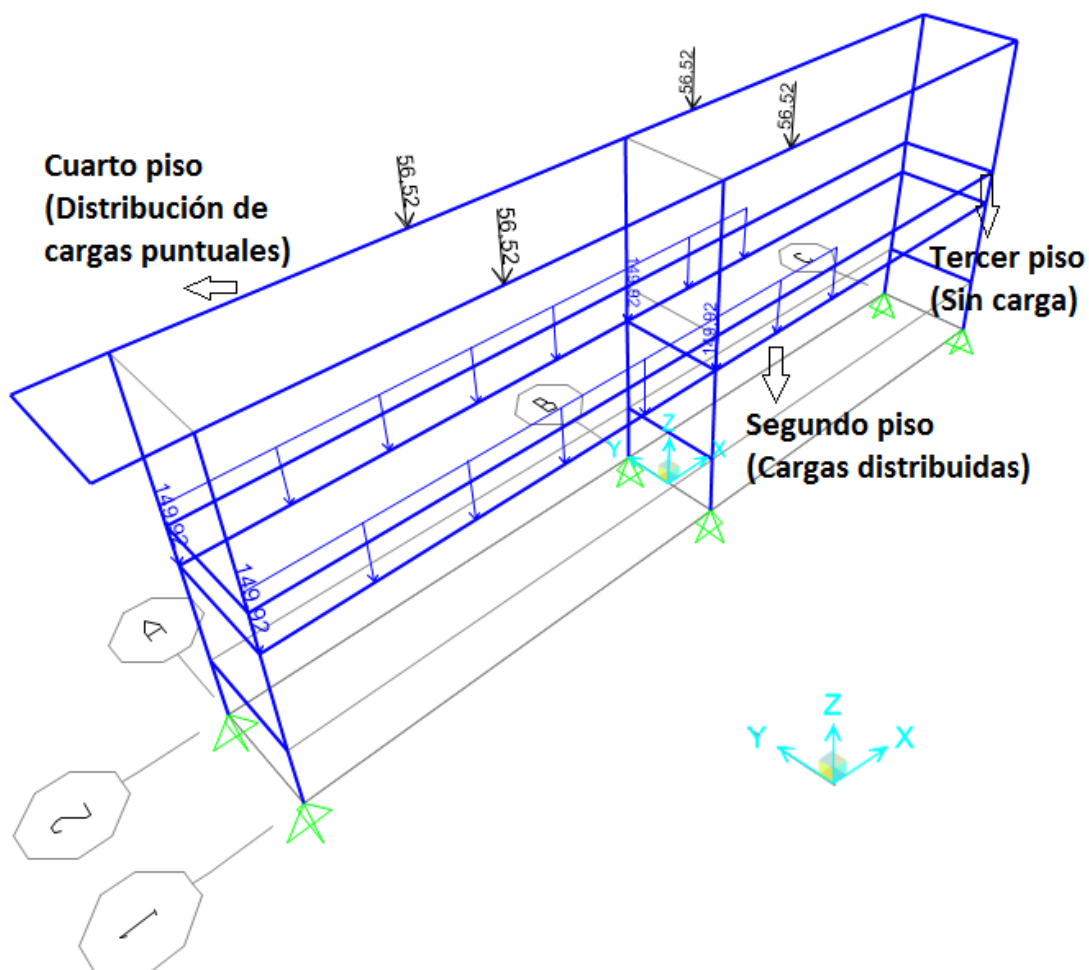


Figura 2.80 Cargas en la estructura - Programa SAP2000

2.4.2. CUARTO PISO

Se colocan cargas puntuales en el centro de trabajo entre las columnas.

Tabla 2.19

Cargas puntuales en el cuarto piso

| CARGAS PUNTUALES | |
|-------------------------|--------------------------|
| Peso total | 226.07 N |
| Peso en cada punto | $226.07/4=56.52\text{N}$ |

| | LoadPat | CoordSys | Type | Dir | DistType | RelDist | AbsDist | Force |
|---|---------|----------|-------|---------|----------|----------|---------|-------|
| | Text | Text | Text | Text | Text | Unitless | m | N |
| 1 | VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,5000 | 0,93500 | 56,52 |
| 2 | VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,1858 | 0,34750 | 56,52 |
| 3 | VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,5000 | 0,93500 | 56,52 |
| 4 | VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,1858 | 0,34750 | 56,52 |

Figura 2.81 Estructura y tabla con cargas puntuales en el cuarto piso

2.4.3. TERCER PISO

Exento de cargas.

2.4.4. SEGUNDO PISO

Se colocan cargas distribuidas a lo largo de los ángulos seleccionados (2.5x3mm) longitudinales.

Tabla 2.20

Cargas distribuidas en el segundo piso

| CARGAS DISTRIBUIDAS | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Peso total | 538.37 N |
| Peso N/m | $538.37/2.565=209.89\text{N}$ |

| LoadPat | CoordSys | Type | Dir | DistType | RelDistA | RelDistB | AbsDistA | AbsDistB | FOverLA | FOverLB |
|---------|----------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Text | Text | Unitless | Unitless | m | m | N/m | N/m |
| VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,0000 | 1,0000 | 0,00000 | 1,87000 | 209,89 | 209,89 |
| VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,0000 | 1,0000 | 0,00000 | 1,87000 | 209,89 | 209,89 |
| VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,0000 | 0,3717 | 0,00000 | 0,69500 | 209,89 | 209,89 |
| VIVAS | GLOBAL | Force | Gravity | RelDist | 0,0000 | 0,3717 | 0,00000 | 0,69500 | 209,89 | 209,89 |

Figura 2.82 Tabla con cargas distribuidas en el segundo piso

2.4.5. PRIMER PISO

Se colocan cargas puntuales a lo largo de los tubos cuadrados (2.5x2mm), en donde se encuentran los intercambiadores de calor.

Tabla 2.21

Cargas puntuales en el primer piso

| CARGAS PUNTUALES VIGA 1 | |
|---------------------------------------|---|
| Peso total intercambiadores + motores | $6\text{kg} \cdot 9.8\text{m/s}^2 = 58.8\text{N}$ |
| Peso puntual | $58.8\text{N}/5 = 11.76\text{N}$ |

Tabla 2.22

Cargas puntuales en el primer piso

| CARGAS PUNTUALES VIGA 2 | |
|-----------------------------|---|
| Peso total intercambiadores | $5.5\text{kg} \cdot 9.8\text{m/s}^2 = 53.9\text{N}$ |
| Peso puntual | $53.9\text{N}/5 = 10.78\text{N}$ |

2.4.6. PLACA BASE

El espesor de la placa base se calcula con la siguiente fórmula, considerando las especificaciones descritas en el parámetro de diseño:

$$t = \sqrt{\frac{1.25 * f_c * n^2}{S_y}}$$

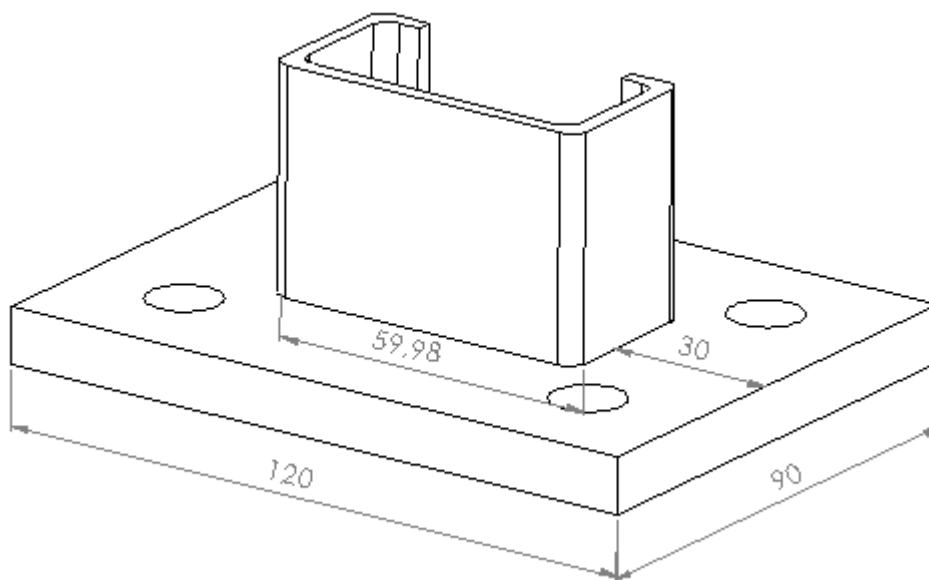


Figura 2.83 Medidas reales de la placa base

Dónde:

$n = 30\text{mm}$

$d = 60\text{mm}$

$B = 120\text{mm}$

$C = 90\text{mm}$

t = espesor de la placa base

f_c = esfuerzo admisible del hormigón (2.987 ksi)

S_y = fluencia acero ASTM A36 (36 ksi)

$$t = \sqrt{\frac{1.25 * 2.987 \text{ ksi} * (30\text{mm})^2}{36 \text{ ksi}}}$$

$$t = 9.66 \text{ mm} = 10\text{mm}$$

Para una placa de acero ASTM A36 (120x90 mm), se debe escoger dicha placa con un espesor de 10mm.

Perno de anclaje seleccionado

El perno de anclaje seleccionado está de acuerdo a los parámetros de la sección 2.2.7.

Tabla 2.23

Características perno de anclaje utilizado

| Expansión acero inoxidable | | Tabla de resistencia máxima para pernos de expansión | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--|------|----------------------|------|------|
| Código | Descripción pernos | Concreto de 2000 PCI | | Concreto de 4000 PCI | | |
| PEI06 | Perno expansión inox. 1/2x3, 3/4" | 1/2 | 2200 | 2800 | 2200 | 3200 |

2.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Considerando que SAP2000 interpreta por separado los resultados de porcentajes en perfiles de acero laminados en frío y en caliente. En la siguiente figura se visualiza el rango de porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en caliente.

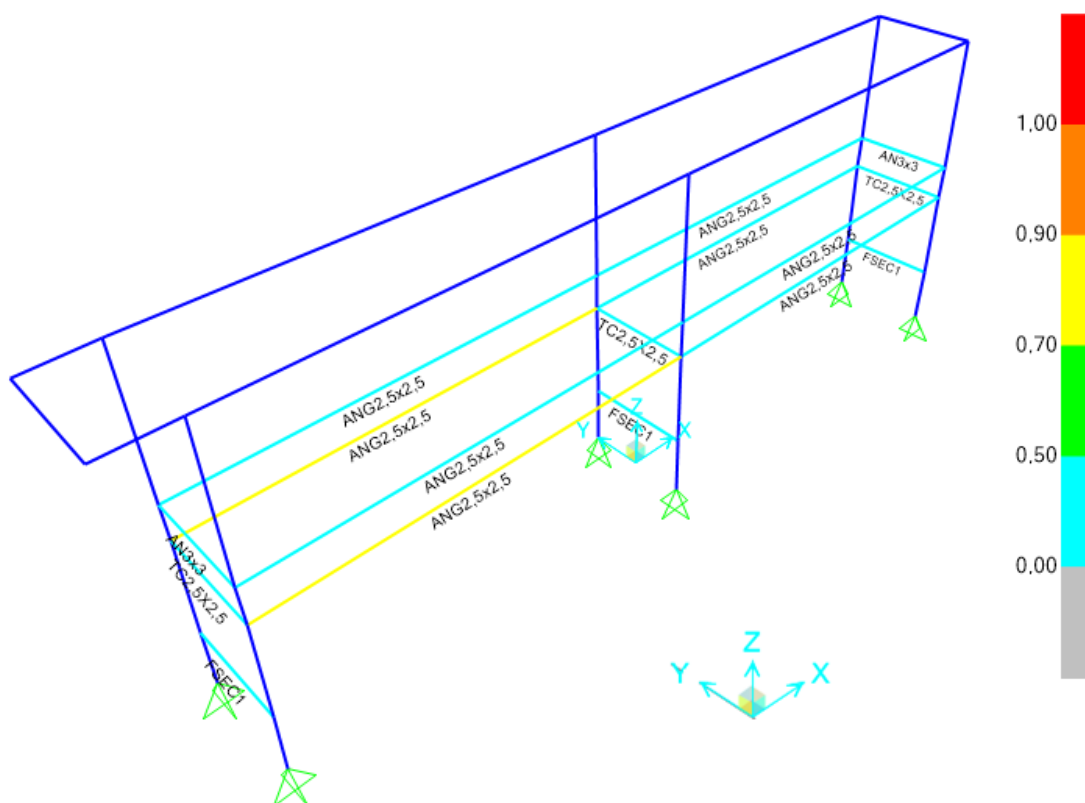


Figura 2.84 Visualización de porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en caliente de la estructura aporticada - Programa SAP2000

En la siguiente figura se visualiza el rango de porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en frío (correas tipo G o también denominadas correas tipo C laminadas en frío).

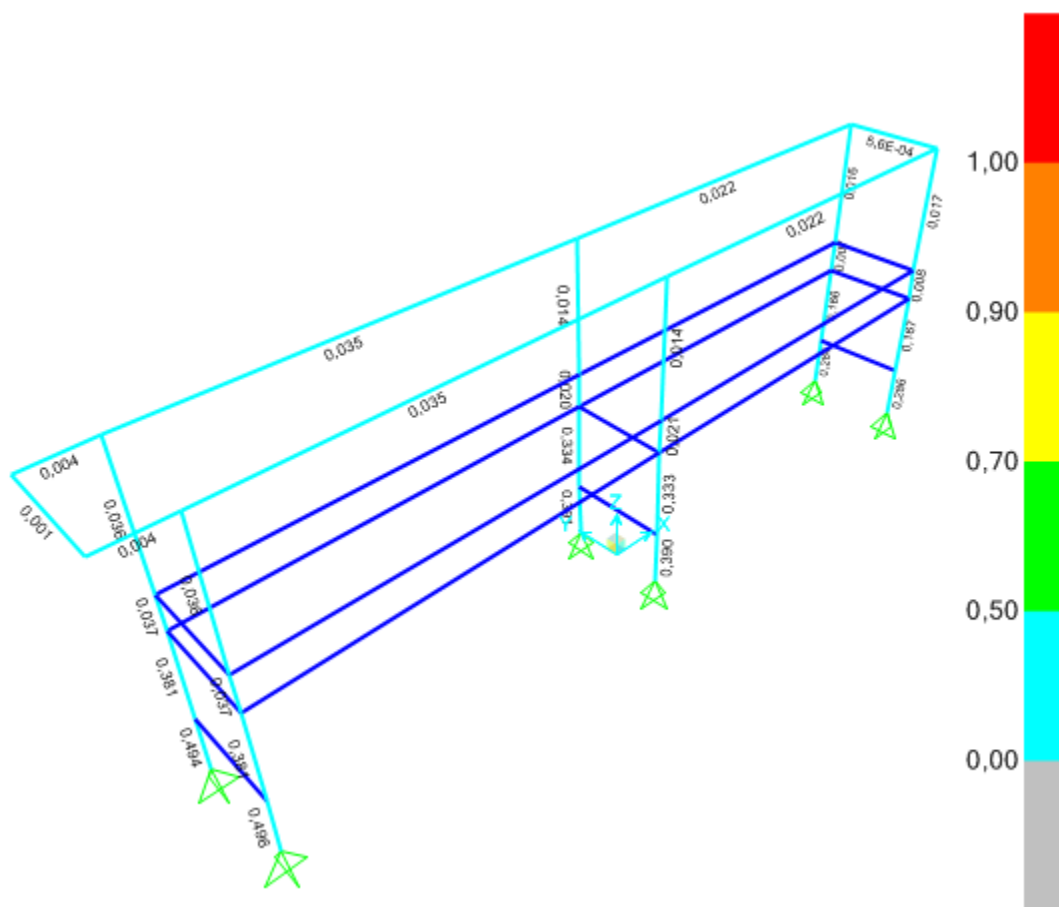


Figura 2.85 Visualización de porcentajes de trabajo en los perfiles laminados en frío de la estructura aperturada - Programa SAP2000

2.5.1. CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN LOS PERFILES

2.5.1.1 ESTRUCTURA APORTICADA

Correa tipo G (60X30X10X3mm)

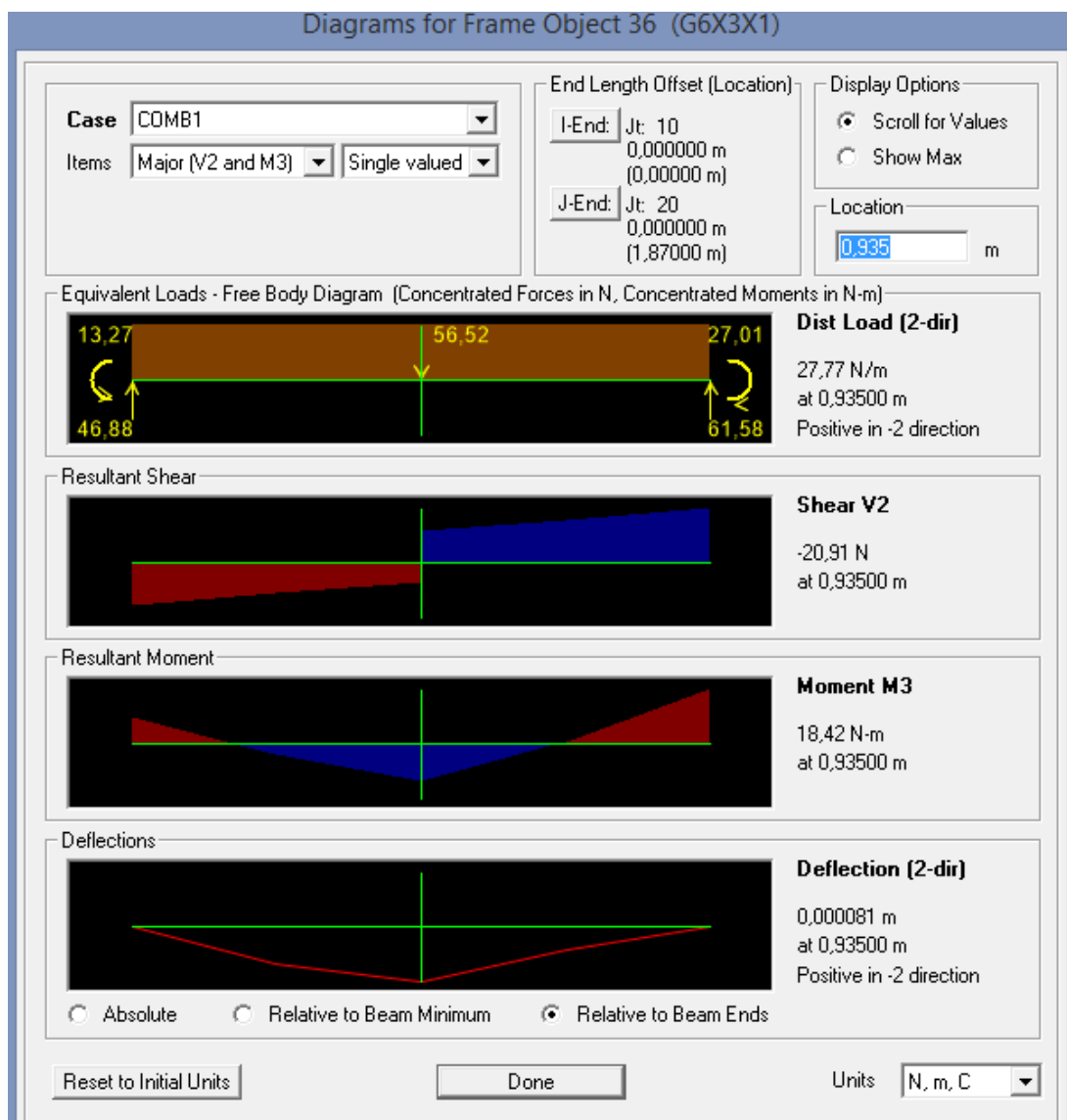


Figura 2.86 Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G (60X30X10X3mm)

Tabla 2.24

Esfuerzo cortante y momento flector correa tipo G (60X30X10X3mm)

| Distancia: 0.935mm | |
|----------------------|-----------|
| Esfuerzo cortante | 20.91N |
| Momento flector máx. | 27.77 N*m |

$$F_b = 0.66S_y$$

Dónde:

F_b : Esfuerzo permisible

S_y : Resistencia a la fluencia (Anexo A-1)

$$S_y = 250MPa$$

$$F_b = 0.66 * 250MPa$$

$$F_b = 165Mpa$$

$$S_x = \frac{M}{F_b}$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{27.77N*m}{165MPa} = 1.68E - 7 m^3 = 0.168 cm^3$$

$$n = \frac{6.30}{0.168} = 37.5$$

Este factor de seguridad es muy alto ya que está solamente diseñado para la carga viva del puente grúa, más adelante se verá que el factor de seguridad considerando el mantenimiento arriba de la estructura, este factor disminuye a 1.45.

Ángulo de lados iguales (1"x3.18mm)

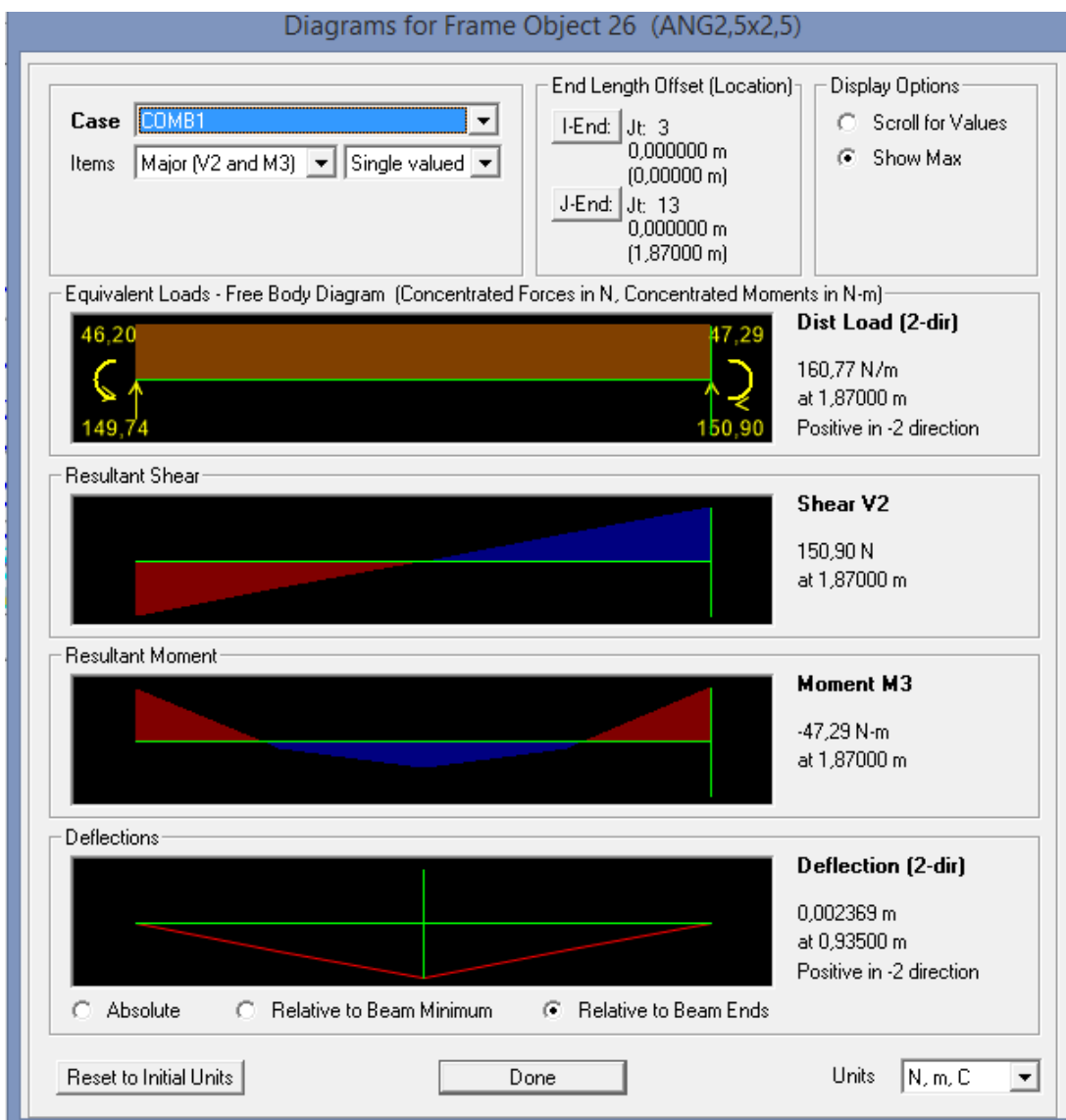


Figura 2.87 Diagrama de esfuerzos y momentos ángulos de lados iguales (1"x3.18mm)

Tabla 2.25

Esfuerzo cortante y momento flector ángulos de lados iguales (1"x3.18mm)

| Distancia: 0.935mm | |
|-----------------------------|-----------|
| Esfuerzo cortante | 150.90 N |
| Momento flector máx. | 47.29 N*m |

$$F_b = 0.66S_y$$

Dónde:

F_b : Esfuerzo permisible

S_y : Resistencia a la fluencia (tablas)

$$S_y = 250MPa$$

$$F_b = 0.66 * 250MPa$$

$$F_b = 165Mpa$$

$$S_x = \frac{M}{F_b}$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{47.29N*m}{165MPa} = 2.87E - 7 m^3 = 0.287 cm^3$$

$$n = \frac{0.5}{0.287} = 1.74 = 2$$

Corrección vigas superiores

Considerando 4 personas en la viga superior (parte de mantenimiento), se obtienen los siguientes datos:

$$4 * 80kg = 320kg$$

$$W = 320kg * 9.8 m/s^2$$

$$W = 3136N$$

$$W_t = 3136N + 56.52N$$

$$W_t = 3192.52N$$

Correa tipo G (60X30X10X3mm) – con carga viva

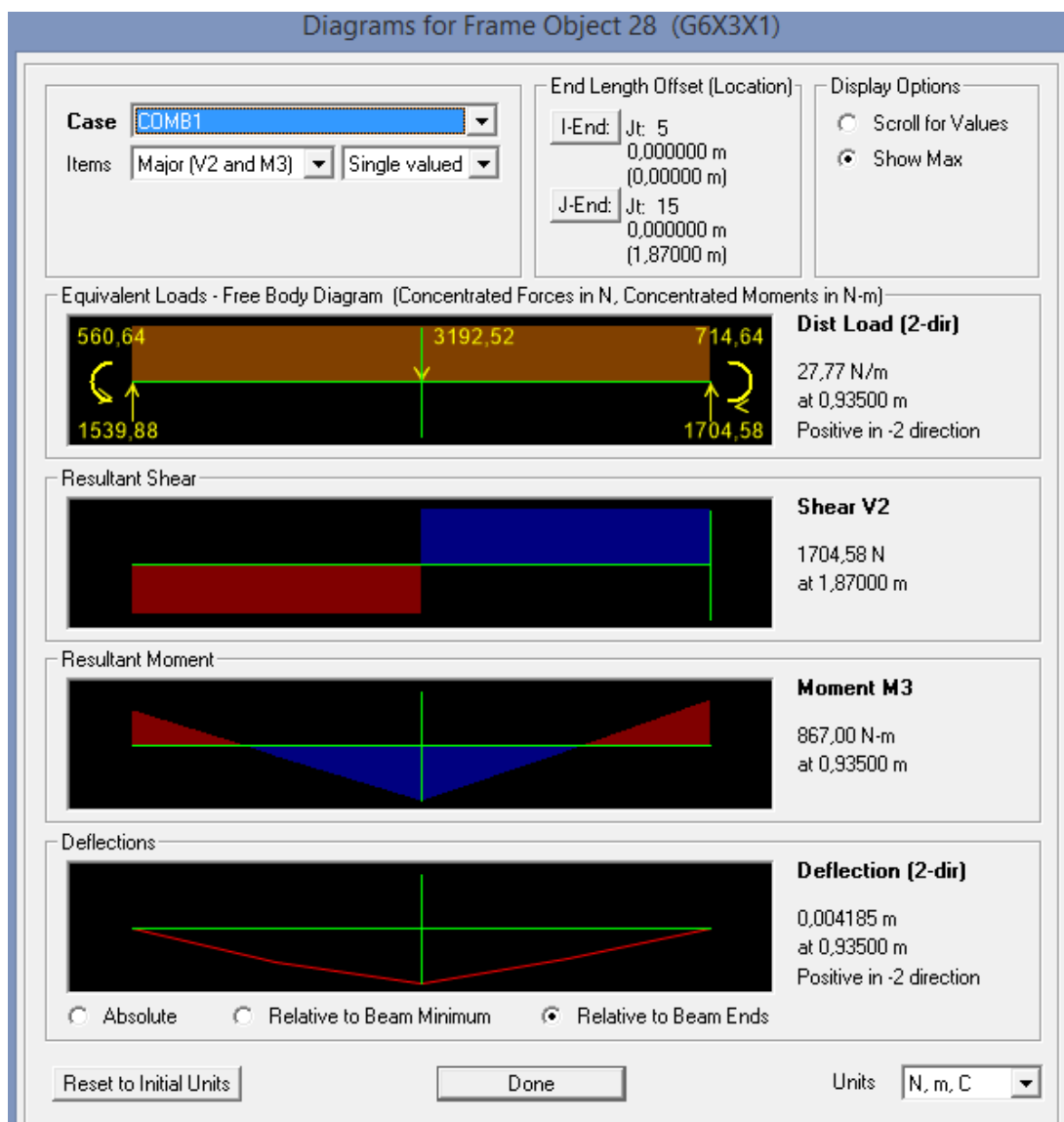


Figura 2.88 Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G (60X30X10X3mm) – con carga viva

Tabla 2.26

Esfuerzo cortante y momento flector correa tipo G (60X30X10X3mm)

| Distancia: 0.935mm | |
|----------------------|----------|
| Esfuerzo cortante | 714.64 N |
| Momento flector máx. | 867 N*m |

$$F_b = 0.66 * 250MPa$$

$$F_b = 165Mpa$$

$$S_x = \frac{M}{F_b}$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{714.64 \text{ N}\cdot\text{m}}{165 \text{ MPa}} = 4.33 \text{ E} - 6 \text{ m}^3 = 4.33 \text{ cm}^3$$

$$n = \frac{6.30}{4.33} = 1.45$$

Finalmente la estructura tiene un factor de seguridad de 1.45, por lo tanto los perfiles están correctamente seleccionados.

NOTA: en el cálculo del factor de seguridad total no está considerado las cargas del primer piso, ya que estas son tan pequeñas que no influye en el cálculo total de distribución de cargas.

2.5.1.2. VIGA CARRILERA

Para el análisis de la viga carrilera se considera una carga puntual de 226.07 N.

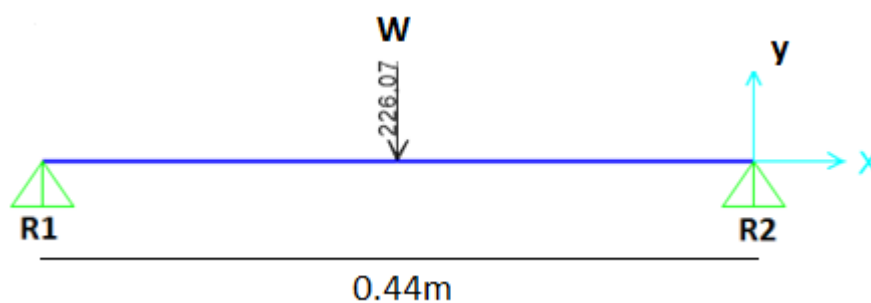


Figura 2.89 Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera

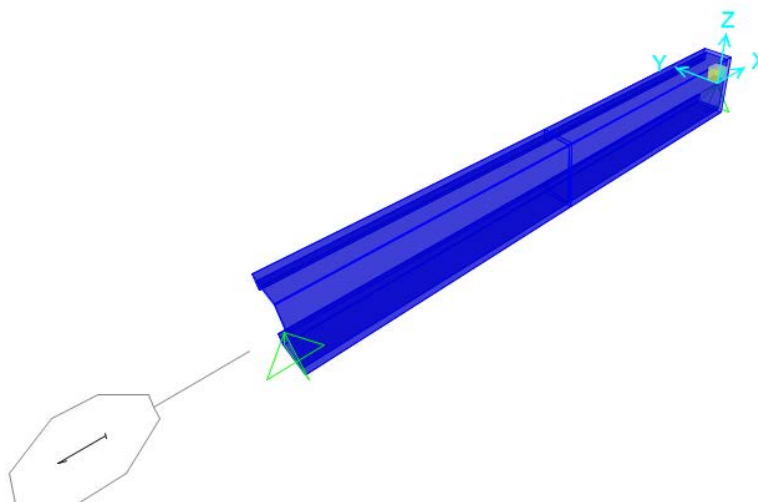


Figura 2.90 Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera - SAP 2000

Correa tipo G (60X30X10X3mm) – viga carrilera

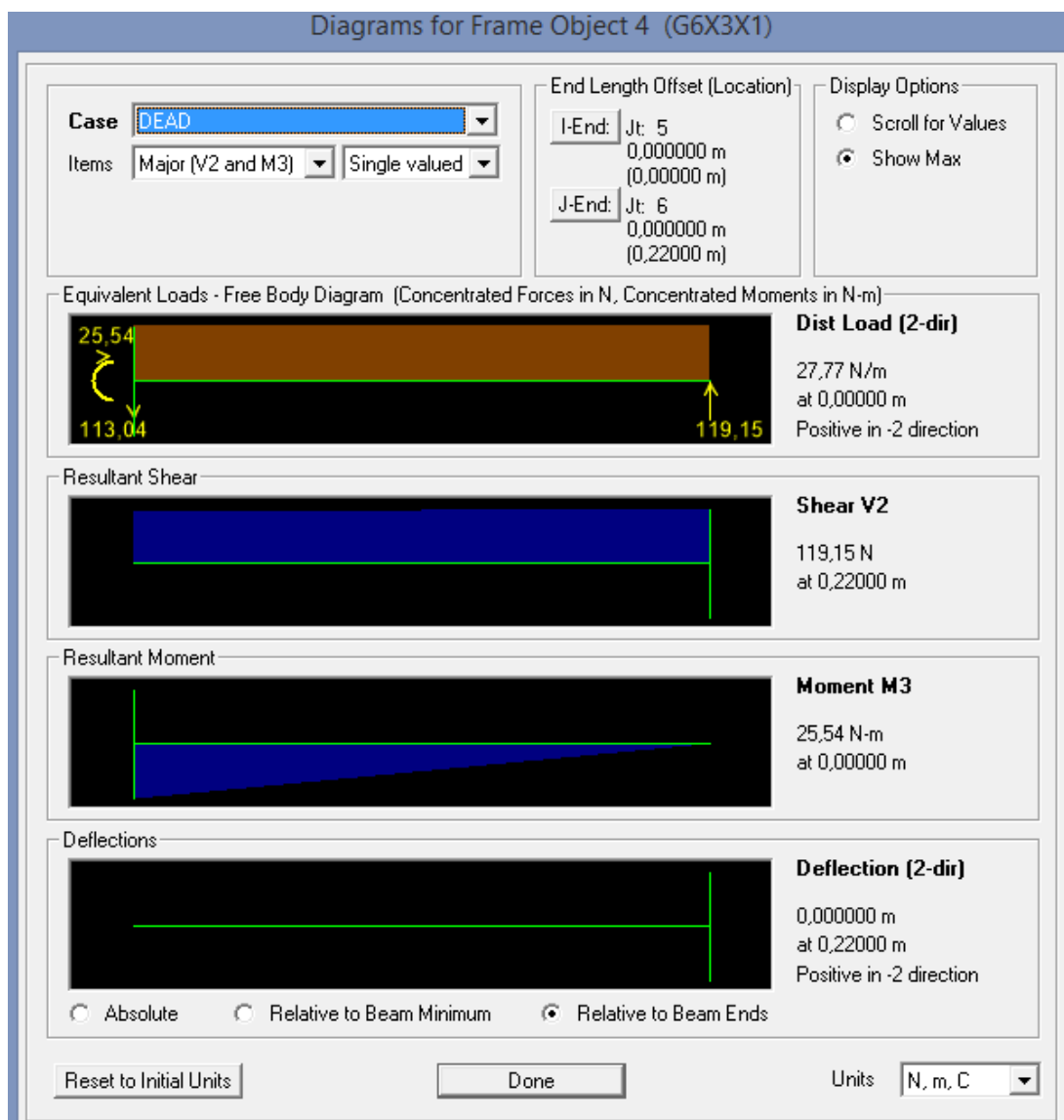


Figura 2.91 Diagrama de esfuerzos y momentos correa tipo G (60x30x10x3mm)

Tabla 2.27

Esfuerzo cortante y momento flector correa tipo G (60X30X10X3mm)

| | Distancia: 0.935mm |
|----------------------|--------------------|
| Esfuerzo cortante | 119.15 N |
| Momento flector máx. | 25.54 N*m |

$$F_b = 0.66 * 250MPa$$

$$F_b = 165Mpa$$

$$S_x = \frac{M}{F_b}$$

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{25.54 \text{ N*m}}{165MPa} = 1.55E - 7 \text{ m}^3 = 0.155 \text{ cm}^3$$

$$n = \frac{6.30}{0.155} = 40.7$$

El factor de seguridad es muy alto debido al elemento G escogido para la estructura, por estética y por costo (longitud mínima del elemento) se utiliza el mismo, además por facilidad de ensamble de la viga carrilera con la estructura aporticada.

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

El sistema mecánico del prototipo de planta de anodizado natural considera de los siguientes aspectos:

- Ubicación de las cubas en la estructura.
- Montaje de la grúa.
- Instalación del sistema de tuberías, desagües y bombas.
- Instalación de los intercambiadores en las cubas correspondientes.
- Montaje del rack en la cuba de anodizado.

UBICACIÓN DE LAS CUBAS EN LA ESTRUCTURA

Para la ubicación de las cubas en la estructura se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Dimensiones de las cubas en el espacio asignado de la estructura.

Largo: 32cm

Ancho: 16.5cm

Altura: 18.5cm

- Dimensiones de barras separadoras entre cada cuba.

Largo: 37cm

Ancho: 5cm

Altura: 3mm



Figura 3.1 Cubas ubicadas en la estructura

MONTAJE DE LA GRÚA

Para el montaje de la grúa se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Cadena a largo de la correa de acero ASTM A36.
- Piñón que engrana a la cadena.
- Motor de 24 VDC que moverá el sistema de la grúa.
- Fijación de rodamientos.
- Pistón de doble tiempo para subir y bajar la carga.
- Ánodo y cátodo.

Una vez ensamblada la grúa (figura 3.3), previo se considera utilizar duralón, el cual permite aislar el cilindro del rack, evitando que entren en contacto y se produzca un cortocircuito:

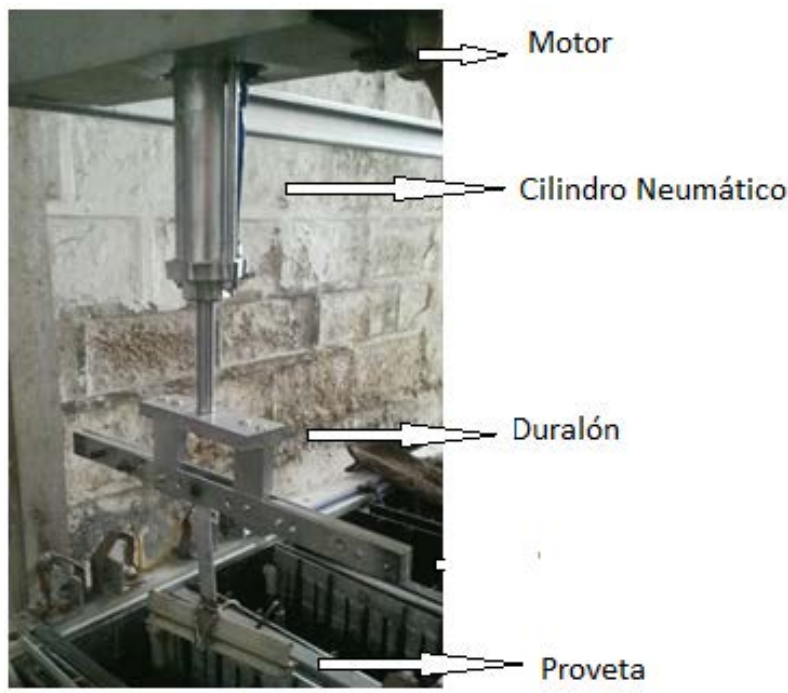


Figura 3.2 Grúa

INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS, DESAGÜES Y BOMBAS

Para el montaje del sistema de tuberías se utilizaron los materiales descritos en el capítulo anterior. Cada una de las cubas consta de una alimentación de agua osmotizada, un desagüe de cada cuba hacia un tubo de 4" que desemboca en el canal de residuos de agua. El agua osmotizada es impulsada por dos bombas de agua plásticas hacia las doce cubas.

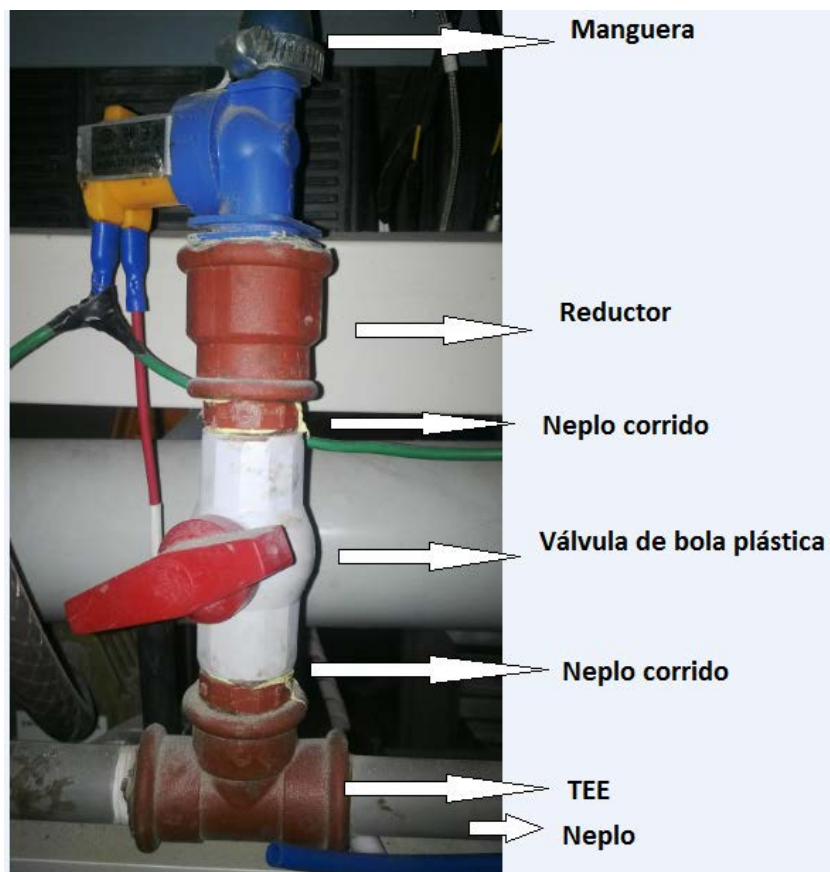


Figura 3.3 Tubería agua osmotizada

Ensamblado el sistema de tubería queda de la siguiente manera:



Figura 3.4 Sistema de tubería en las cubas



Figura 3.5 Desagüe del sistema

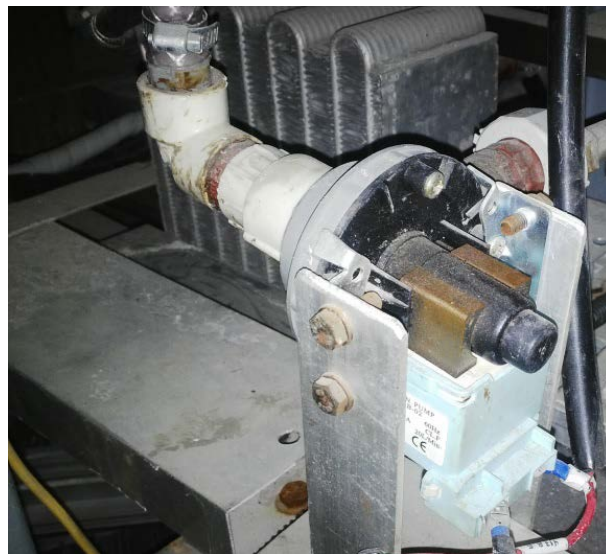


Figura 3.6 Bomba plástica

INSTALACIÓN DE LOS INTERCAMBIADORES

Cada intercambiador de calor consta de un radiador de aluminio, su respectiva bomba y las mangueras de conexión. De tal manera que el líquido estará en constante recirculación en las siguientes cubas:

- Cuba 1 desengrase
- Cuba 3 decapado
- Cuba 7 neutralizado
- Cuba 9 anodizado
- Cuba 11 sellado

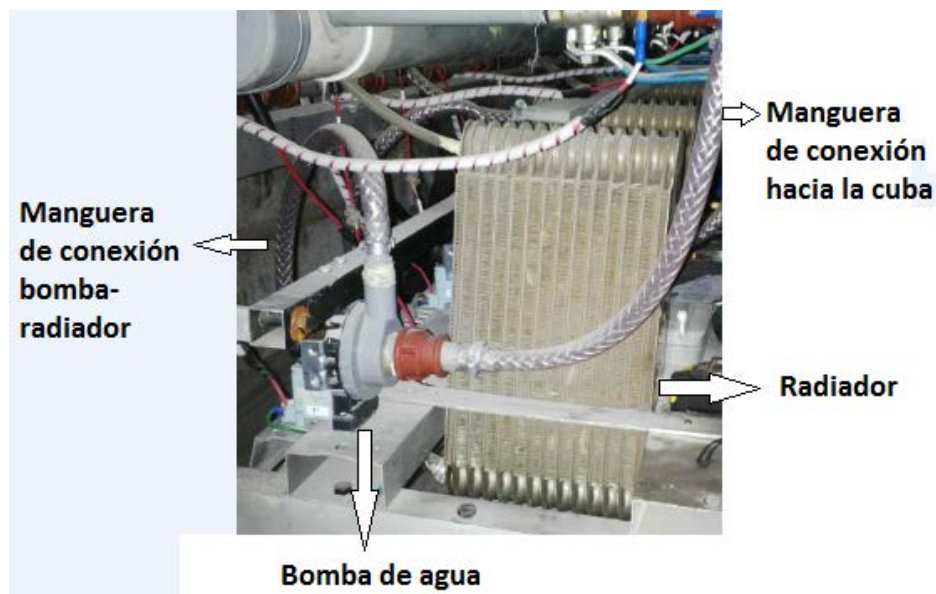


Figura 3.7 Intercambiador

MONTAJE DEL RACK EN LA CUBA DE ANODIZADO

Ánodo y cátodo (rack)

El ánodo está conformado por el soporte hecho de barras de aluminio, la carga (probeta de aluminio) y dos bornes elaborados en cobre, el cual está conectado a través de una barra de aluminio en forma de “U” al polo positivo del rectificador.

El cátodo es un elemento (tipo canastilla) hecho de barras de aluminio, que está conectado a través de una barra de aluminio en forma de “U”, hacia el polo negativo del rectificador.

Al aplicar corriente continua del rectificador de onda completa AC/DC, hacia los electrodos del sistema, el electrodo conectado al polo negativo, se convierte en cátodo y el electrodo conectado al polo positivo se convierte en ánodo, estos dos elementos estarán sumergidos en una solución de ácidos, una vez en contacto los electrodos atraen a los iones de carga opuesta, es decir los aniones se dirigen hacia el ánodo, mientras que los cationes se dirigen hacia el cátodo; por lo que ocurre es una reacción de oxidación-reducción.

La energía necesaria para separar a los iones e incrementar su concentración en los electrodos es aportada por el rectificador.

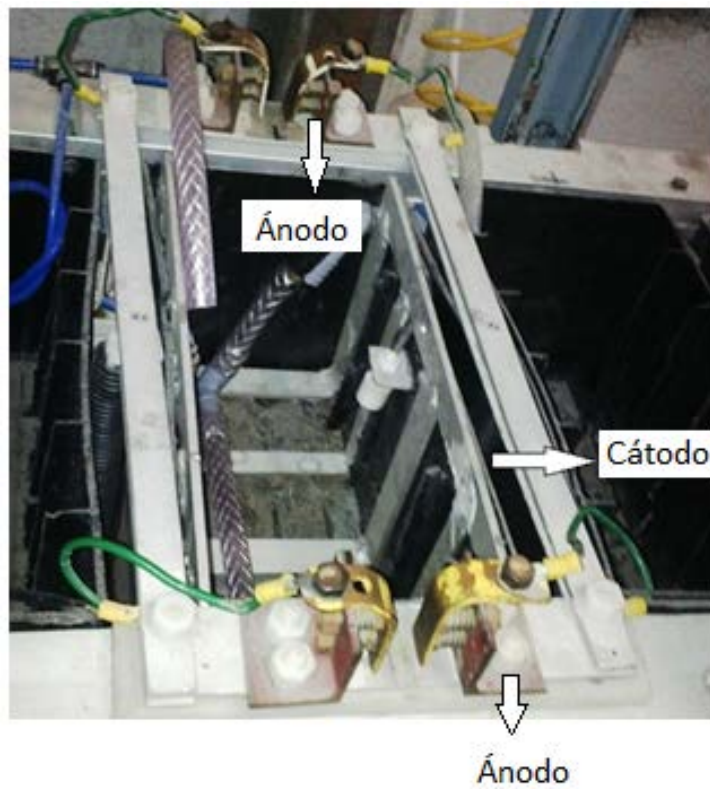


Figura 3.8 Ánodo y cátodo

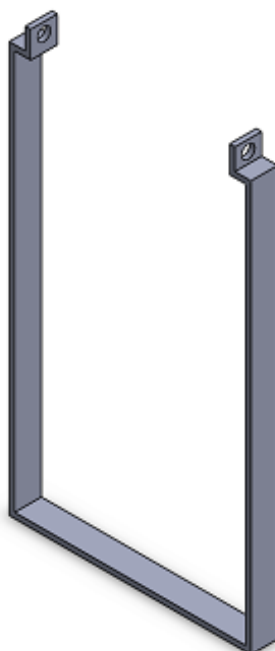


Figura 3.9 Barra de aluminio en forma de “U” (cátodo)



Figura 3.10 Ánodo (soporte y probeta)

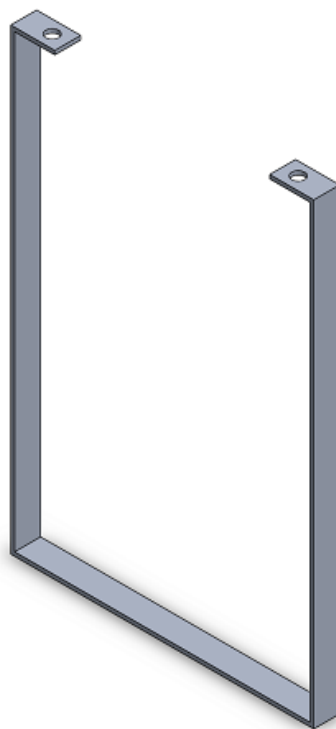


Figura 3.11 Barra de aluminio en forma de "U" (ánodo)

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

La implementación del sistema eléctrico-electrónico se ha dividido de la siguiente manera:

- Alimentación principal.
- Cableado de tablero de control.
- Cableado de sensores y actuadores.

ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

La alimentación principal de la planta prototipo de anodizado natural proviene de una caja térmica eléctrica ubicada tras los rectificadores, de un breaker de 50A-110VAC.



Figura 3.12 Caja térmica de breaker principal de alimentación

Fuente: Empresa CEDAL S.A.

En el tablero el breaker principal es de 10-20A y 240-415V

Breaker de alimentación



Figura 3.13 Breaker de alimentación principal

CABLEADO DEL TABLERO DE CONTROL

Se utilizó un tablero con las dimensiones necesarias para el cableado de todos los componentes eléctricos y electrónicos del sistema, el cual tiene las siguientes dimensiones: 1.80 cm de largo, 80 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Además se utilizó el PLC S7-1200 para el respectivo control.



Figura 3.14 Tablero de control

Los componentes del tablero de control se detallan en los planos eléctricos (Anexo E).

FUENTES DE 5-12VDC

Fuente 5VDC: alimenta a los sensores de corriente, voltaje y PH.

Fuente 12VDC: alimenta a los sensores LM35.

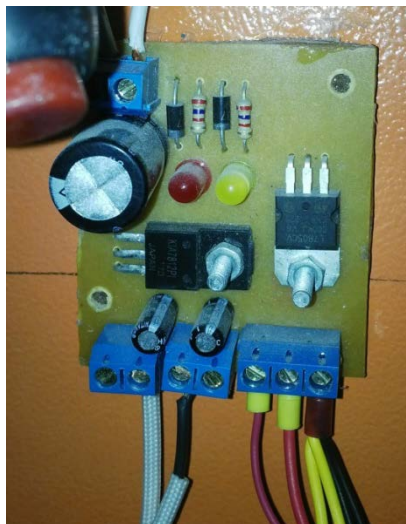


Figura 3.15 Fuente 5-12VDC

RELÉS

Tabla 3.1

Relés 24VDC-110VAC

RELÉS DE 24VDC

Relés de 24V para los tramos de salidas digitales de 24V DC del PLC.



RELÉS DE 110VAC

Relés de 110V para los tramos de salidas digitales de 110V DC del PLC.



CABLEADO DE SENSORES Y ACTUADORES

Sensor Inductivo

Tabla 3.2

Sensores inductivos



Posicionamiento del cilindro neumático



Posicionamiento en cada una de las cubas

Diagrama de control de posición

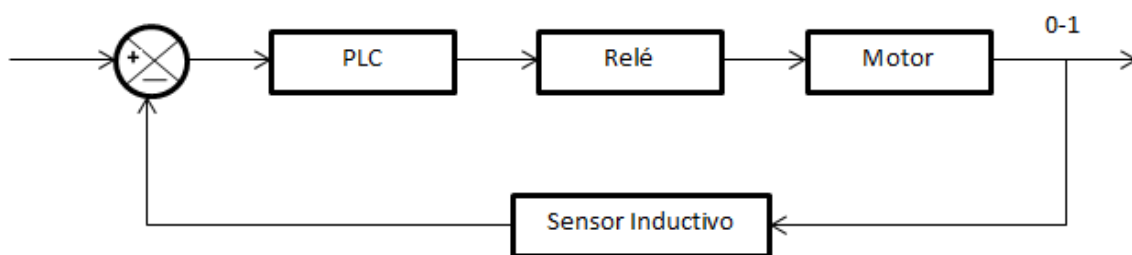


Figura 3.16 Diagrama control de posición del cilindro

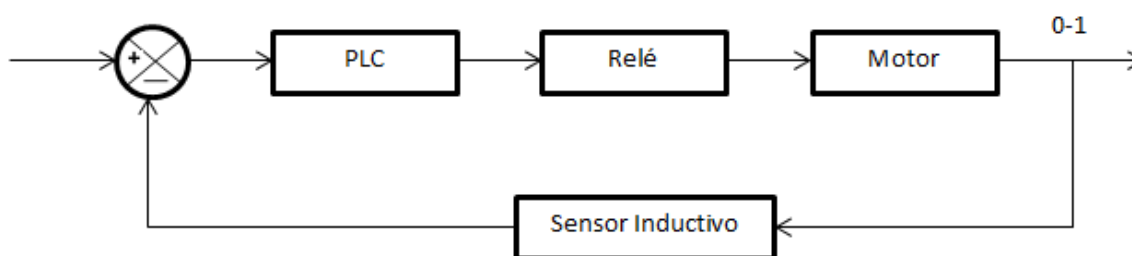


Figura 3.17 Diagrama control de posición (adelante-atrás) de la grúa

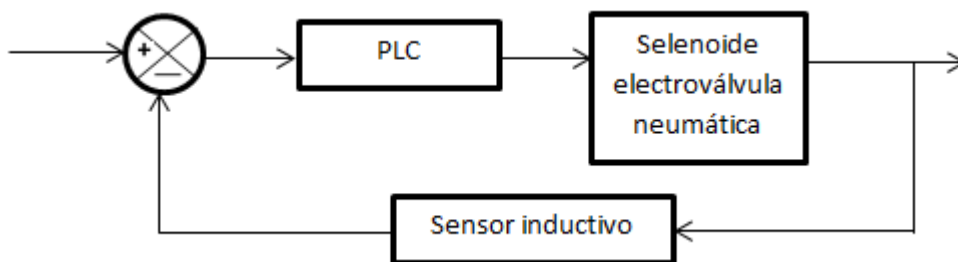


Figura 3.18 Diagrama control de posición (arriba-abajo) de la grúa

Termocuplas tipo J



Figura 3.19 Termocupla tipo J en cuba de neutralizado

Diagrama de control de temperatura

Las termocuplas tipo J son utilizadas para sensor temperaturas en 5 procesos:

- Cuba 1 Desengrase (30°C -53°C)
- Cuba 3 Decapado (30°C -53°C)
- Cuba 5 Soda cáustica (60°C -70°C)
- Cuba 9 Anodizado (24°C)
- Cuba 11 Sellado (18°C -23°C)

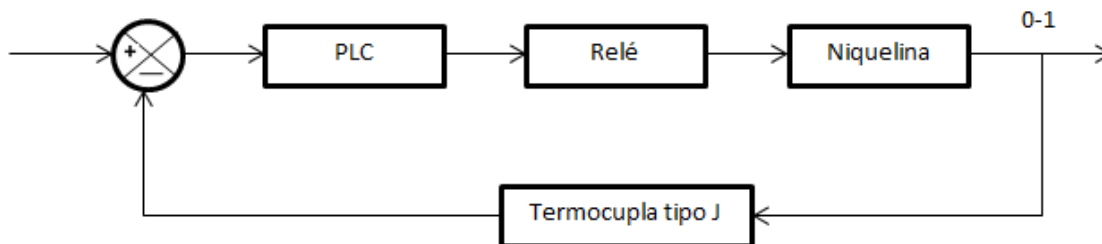


Figura 3.20 Diseño de control de temperatura termocupla tipo J

Puesto que en la cuba 7 de neutralizado, no se necesita un control de temperatura, dado que se trabaja a temperatura ambiente, únicamente se realiza un monitoreo del proceso.

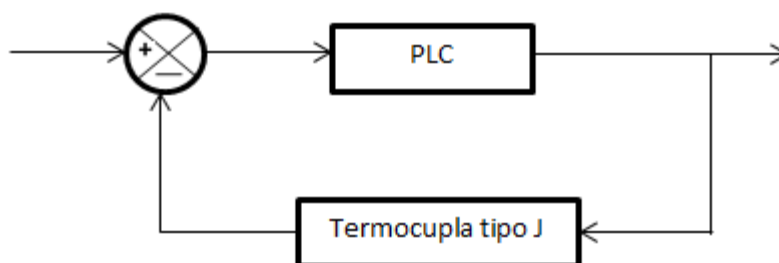


Figura 3.21 Diseño de control de temperatura termocupla tipo J

El LM35, se utiliza en las cubas de desengrase y decapado para sensar temperaturas en un rango de 30 a 53°C, el mismo que tiene un voltaje de salida de 10mV cada 1°C.

El circuito de acondicionamiento para sensar las temperaturas en las cubas de desengrase y decapado, se muestra a continuación.

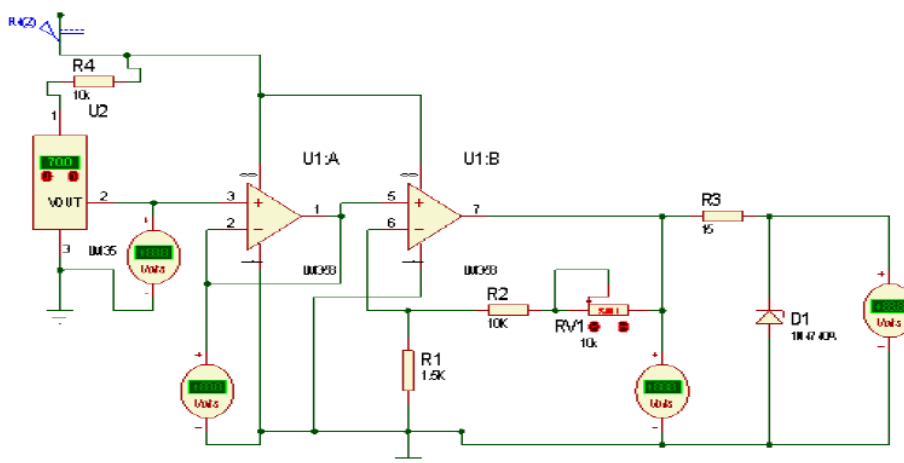


Figura 3.22 Circuito de medición de temperatura

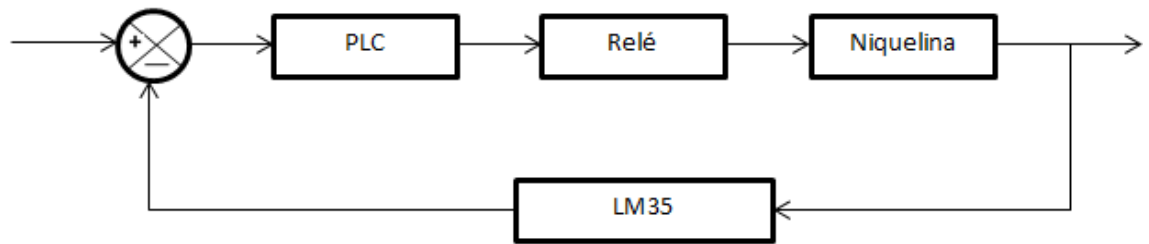


Figura 3.23 Diseño de control de temperatura LM35

Flotador magnético plástico



Figura 3.24 Flotador magnético plástico cuba de enjuague

Diagrama de control de nivel

El control de los sensores de nivel se realiza a través de las entradas analógicas del PLC, para las seis cubas principales:

- Cuba detergente
- Cuba decapado
- Cuba soda cáustica
- Cuba neutralizado
- Cuba anodizado
- Cuba sellado

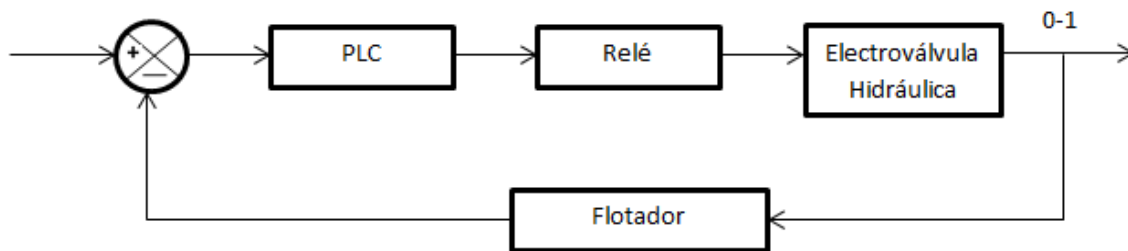


Figura 3.25 Diagrama de control de nivel

El control de los sensores de nivel se realiza a través de un control eléctrico, para las cubas de enjuagues:

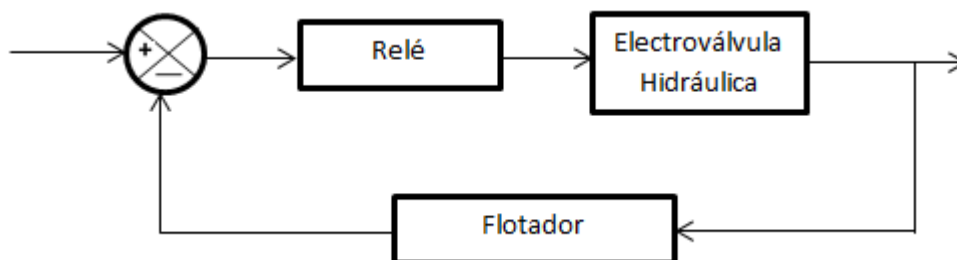


Figura 3.26 Diagrama de control de nivel

Electroválvula Neumática 3/2

La electroválvula neumática 3/2 permite el paso o la obstrucción del aire para la agitación en el sistema, de las siguientes cubas:

- Seis cubas de enjuagues.
- Cuba 1 detergente
- Cuba 3 decapado
- Cuba 5 neutralizado
- Cuba 11 sellado

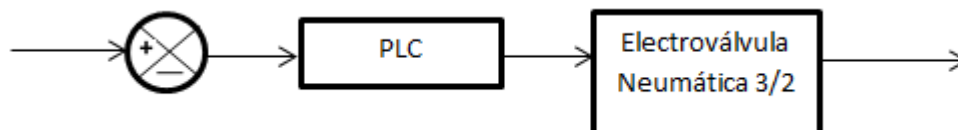


Figura 3.27 Diagrama de control de nivel

Sensor de Efecto Hall



Figura 3.28 Sensor de Efecto Hall

Diagrama de control de corriente

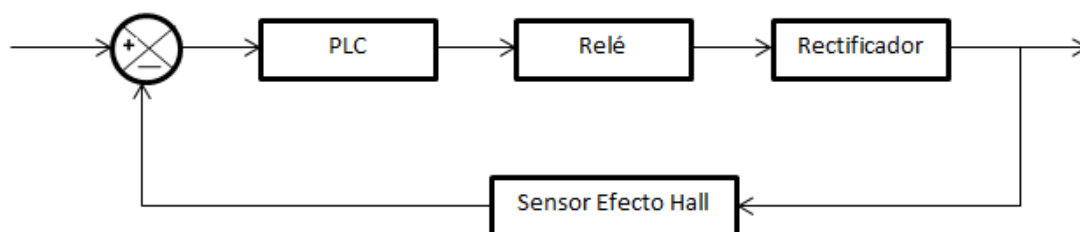


Figura 3.29 Diagrama de control de corriente

Sensor de voltaje

El sensor de voltaje se utilizó, únicamente para monitorear datos de voltaje del rectificador.

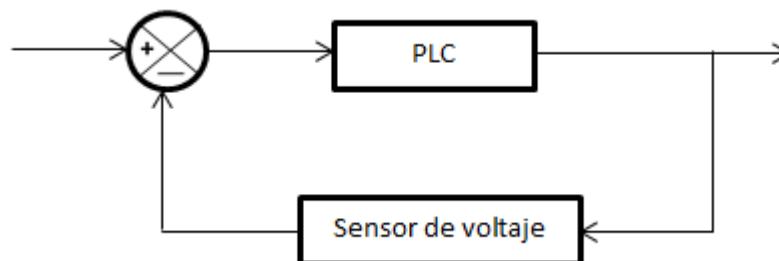


Figura 3.30 Diagrama de control de voltaje

PH-metro



Figura 3.31 PH meter PH sensor analog source for Arduino

Fuente: <http://proyectodecalibracion.blogspot.com/2011/12/ph-metro.html>

El PH-metro se utilizó, únicamente para monitorear datos de PH en la cuba de sellado.

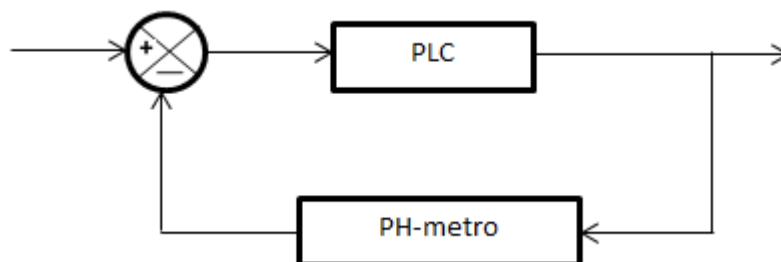


Figura 3.32 Diagrama de control de ph

3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

A. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Para la implementación del programa de control en el PLC S7-1200 se utilizó el software TIA PORTAL V11, donde se realiza el programa pertinente para el funcionamiento del proceso, que se especifican en el anexo C.

Para la implementación del programa de monitoreo y adquisición de datos se utilizó el software LABVIEW 2012, donde se realiza el programa pertinente para el dicho monitoreo del proceso, que se especifican en el anexo C.

CONFIGURACIÓN OPC LABVIEW – TIA PORTAL

CONFIGURACIÓN DEL OPC Servers

1.- CONFIGURACIÓN DEL CANAL DE ENLACE

1.1.- Abrir la carpeta de National Instruments y dar click en NI OPC Servers y se abrirá la siguiente pantalla.

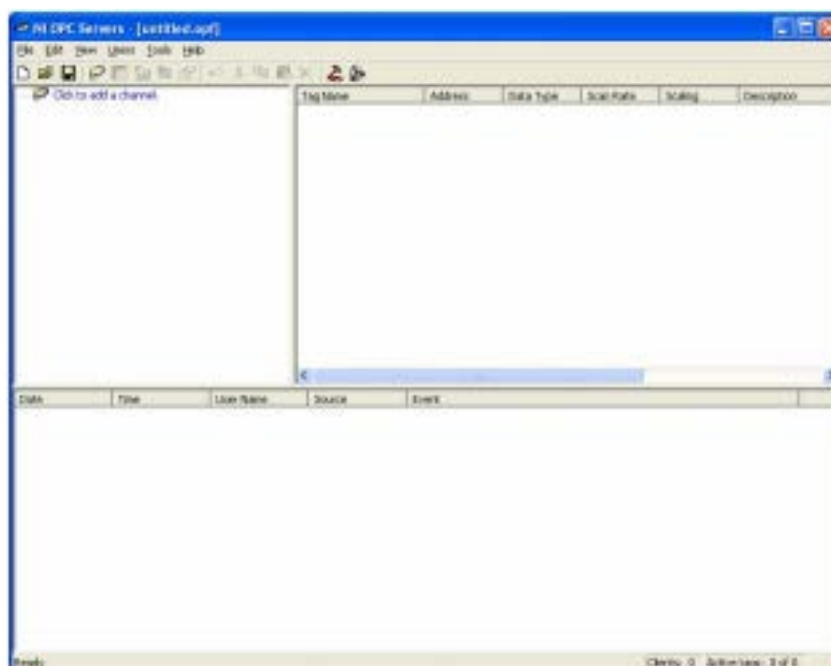


Figura 3.33 Pantalla de enlace No. 01

1.2.- Seleccionamos en **Click en to add a channel** se abre la ventana en la que se asigna un nombre con el cual identifiques el enlace que vas a realizar y damos click en siguiente.

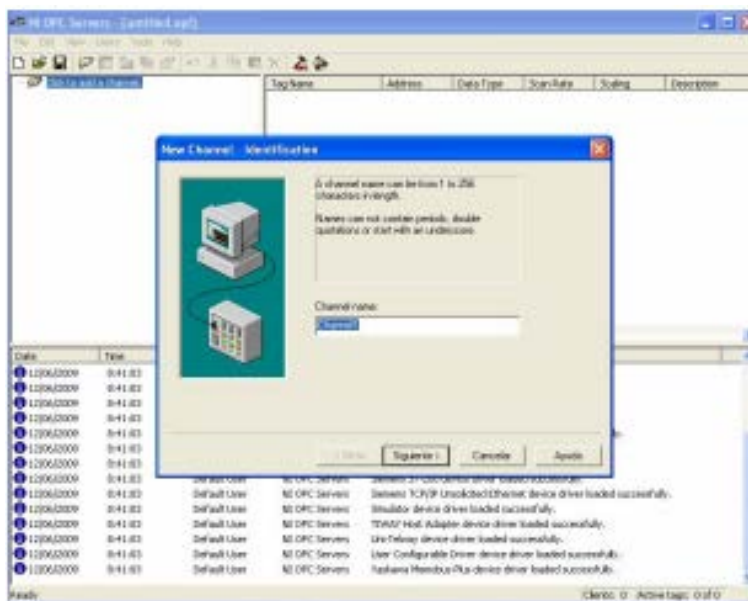


Figura 3.34 Pantalla de enlace No. 02

1.3.-Se despliega dentro de la ventana un listado donde vamos a seleccionar Siemens Ethernet TCP/IP que es el que se usará para enlazar con el PLC S7 1200 que incorporan puerto PROFINET en su CPU y damos click en siguiente.

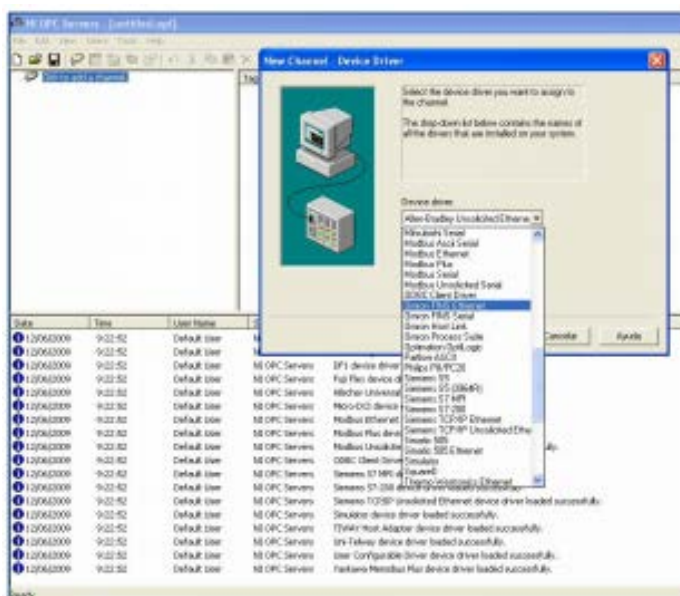


Figura 3.35 Pantalla de enlace No. 03

1.4.- En esta nueva pantalla debemos indicar la dirección IP del PC en este caso. 192.168.1.0



Figura 3.36 Pantalla de enlace No. 04

1.5.- Luego damos click en siguiente y en todas las demás pantallas hasta llegar a la siguiente pantalla donde daremos en finalizar, donde se creara el canal de comunicación.



Figura 3.37 Pantalla de enlace No. 05

2.- CONFIGURACIÓN DE LAS TAGS USADAS EN EL PLC.

2.1.- Una vez creado el canal de enlace con el PLC, se dará un “click” en la línea subrayada de color azul con el texto” click to add a static tag”.



Figura 3.38 Pantalla de enlace No. 06

2.2.- Se abre la ventana que permite introducir los datos correspondientes de las tags a crear: se coloca un nombre, dato de Memoria el cual usa el PLC, y seleccionar el tipo de dato ya sea (Word, Bool, Byte, carácter, etc.), lectura o escritura y tiempo transcurrido entre cada lectura/escritura.



Figura 3.39 Pantalla de enlace No. 07

2.3.- De esta manera se crea todas las tags que necesites y aparecerá una pantalla con todas y cada una de direcciones creadas, como se muestra a continuación.

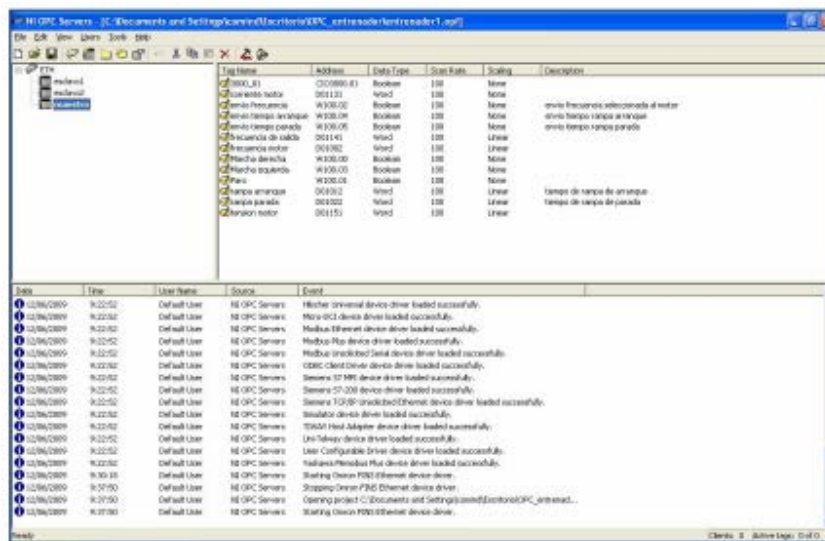


Figura 3.40 Pantalla de enlace No. 08

3.- CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO EN LABVIEW 2012.

3.1.- Abrir Labview normalmente y dar click en New Project donde aparecerá la siguiente ventana misma que se deberá guardar previamente.

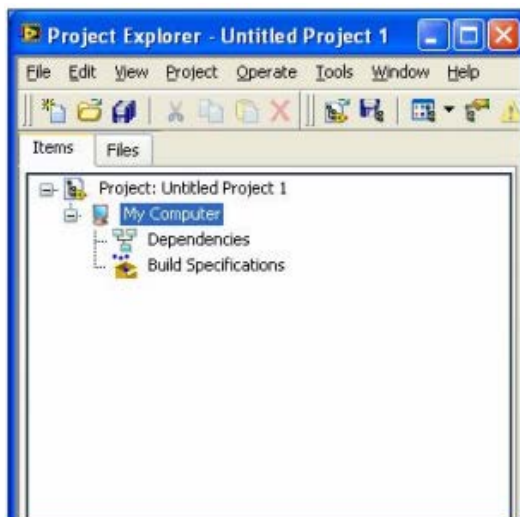


Figura 3.41 Pantalla de enlace No. 09

3.2.- Damos click derecho en my computer y seleccionamos new I/O Server y seleccionamos OPC Client, en continuar y en OK para crear la librería.

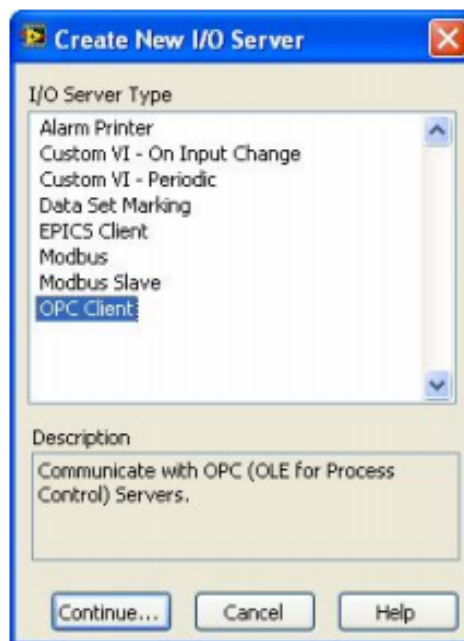


Figura 3.42 Pantalla de enlace No. 10

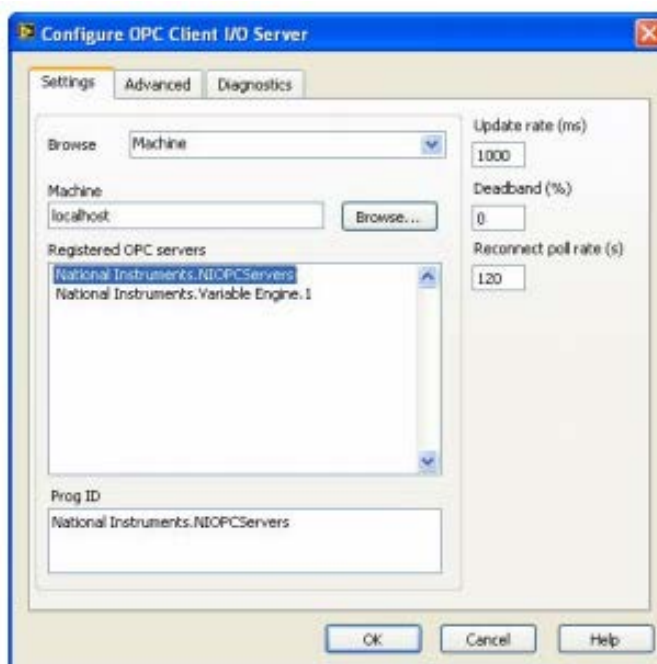


Figura 3.43 Pantalla de enlace No. 11

4.- CONFIGURACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PLC.

4.1.- Una vez creada la librería en el proyecto, damos click derecho en la librería y seleccionamos Nueva Variable.

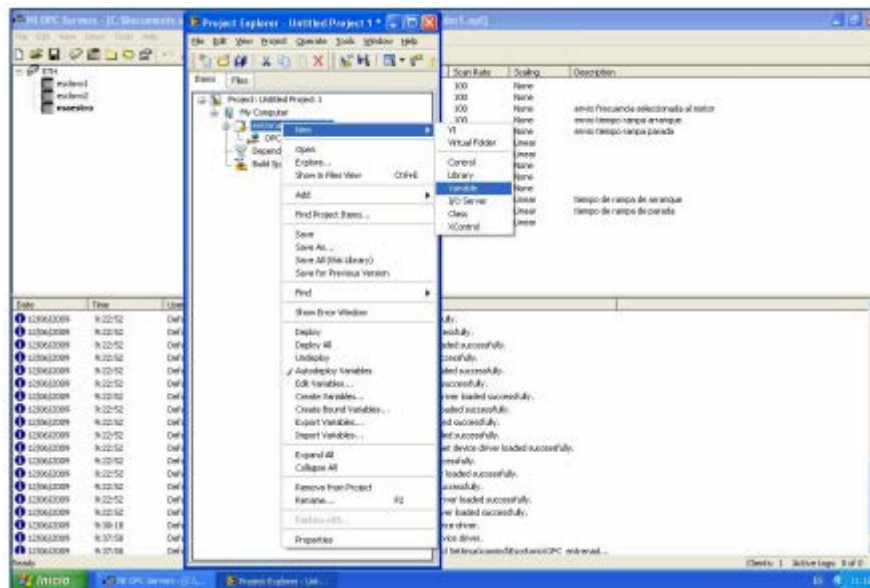


Figura 3.44 Pantalla de enlace No. 12

4.2.- Se abre una ventana de edición donde colocaremos el nombre, tipo de dato, y la dirección creada al inicio en el OPC server.

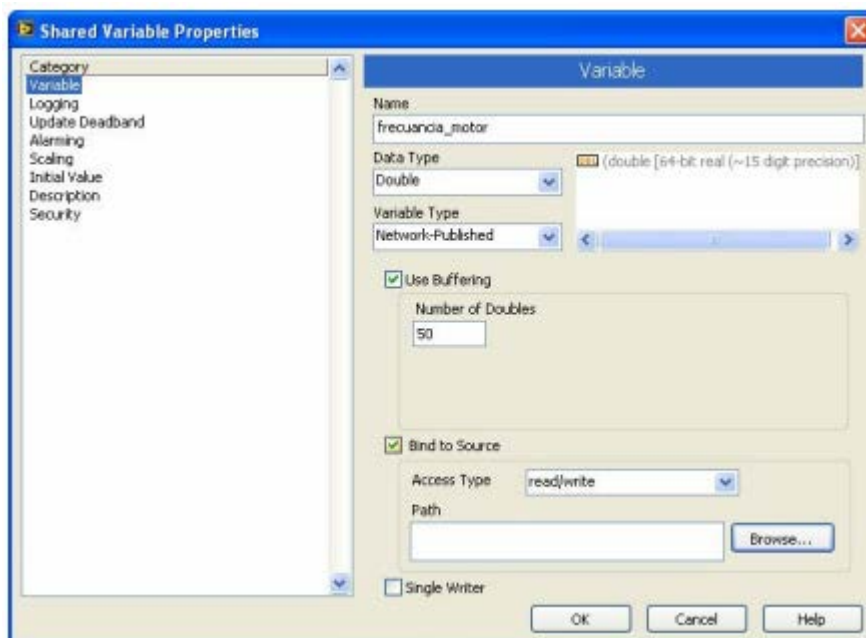


Figura 3.45 Pantalla de enlace No. 13

4.3.- y finalmente ingresamos a BROWSE, en donde se encuentra el “Ítem” a utilizar y damos click en OK.

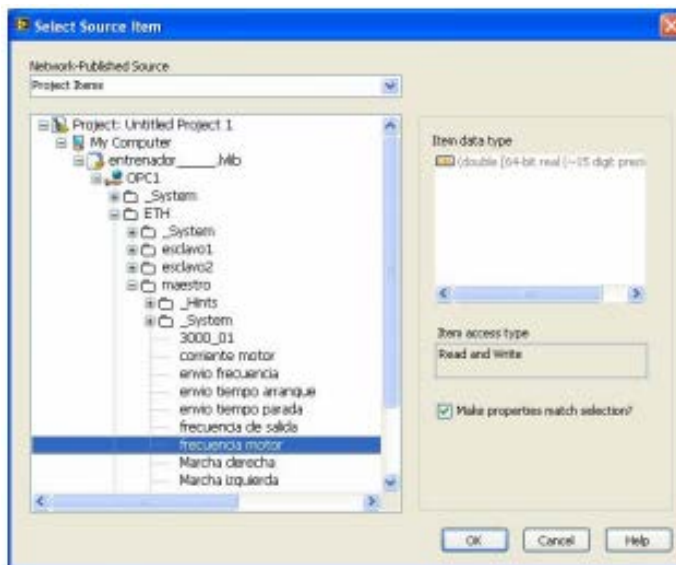


Figura 3.46 Pantalla de enlace No. 14

4.4.- Una vez realizado este proceso se aparecerá el OPC creado en el listado de la librería como se muestra a continuación y se los podrá colocar en los iconos del VI que tú desarrolles en el panel frontal.

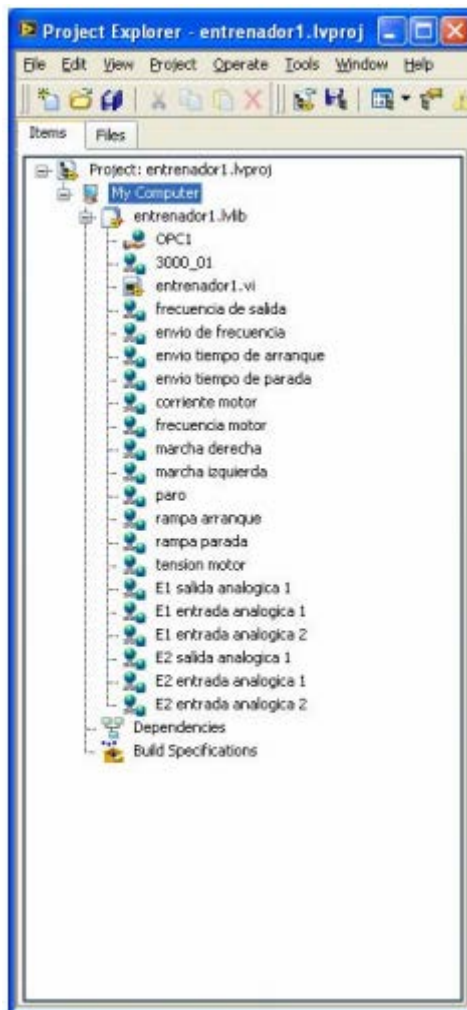


Figura 3.47 Pantalla de enlace No. 15

EJEMPLO DE UN OPC CREADO Y USADO EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DE LABVIEW 2012.

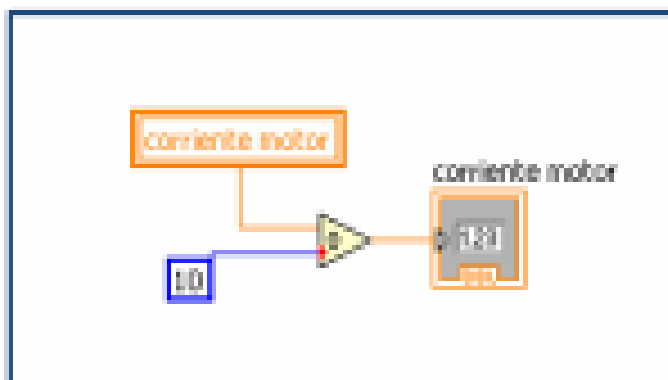


Figura 3.48 Pantalla de enlace No. 16

5.- ADQUISICION DE DATOS, BASE DE DATOS.

5.1.- Crear un Archivo de Access en Microsoft ACCESS y lo guardamos en una carpeta en específico para luego poder encontrarlo.

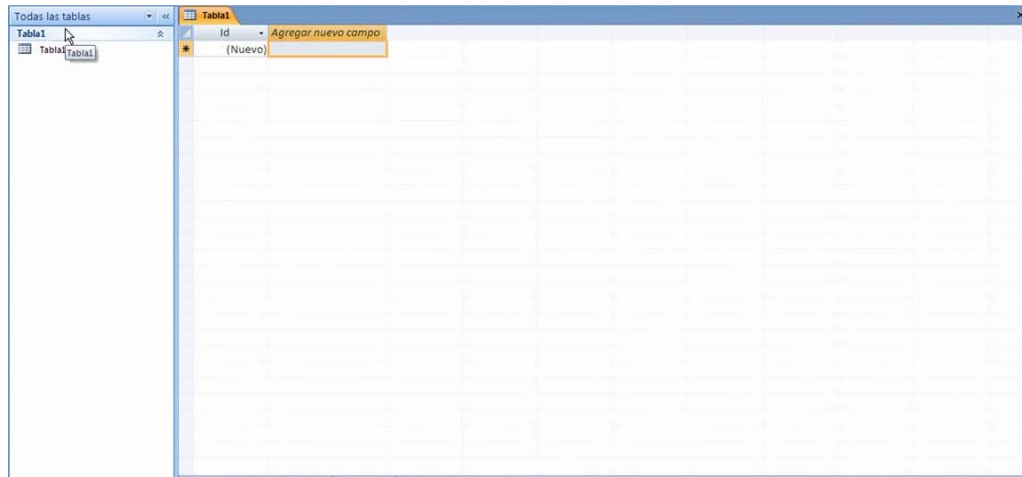


Figura 3.49 Tabla de datos

5.2.- TRANSFERENCIA DE DATOS DESDE LA LECTURA REALIZADA EN LABVIEW A MICROSOFT ACCESS, Para realizar esta transferencia es necesario que se tenga instalado el DSC 2012 Y EL BATA BASE DE LABVIEW, CON LOS CUALES LABVIEW PROPORCIONARA LOS SIGUIENTES ICONOS Y SE DERERAN CONECTARLOS DE LA SIGUIENTE MANERA.

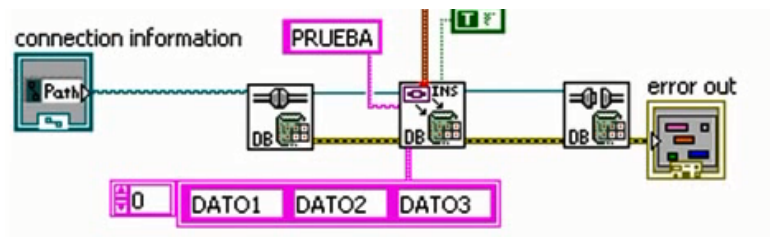


Figura 3.50 Envió de datos

5.2.- UNA VEZ REALIZAADA LA PROGRAMACION, PROCEDEMOS A CREAR EL DATA LINK, quien nos ayudara a conectar con ACCESS, yendo a Tools y seleccionando Data link.



Figura 3.51 Pantalla enlace Labview-Acces No. 01

5.3.- Aparece la siguiente ventana donde seleccionaremos la primera opción.

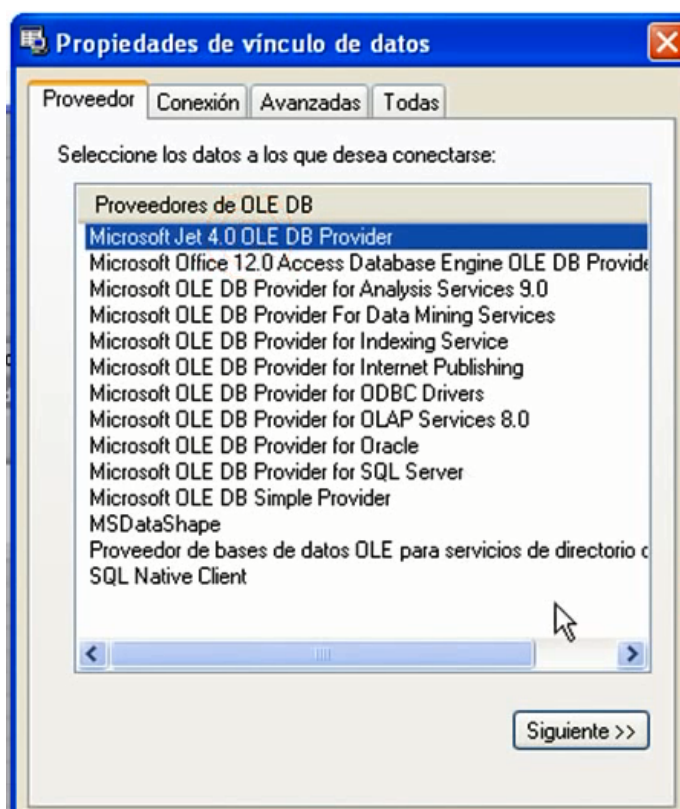


Figura 3.52 Pantalla enlace Labview-Access No. 02

5.4.- Click en siguiente y nos aparece la siguiente figura donde podremos acceder a la base de datos que creaste previamente en Access.

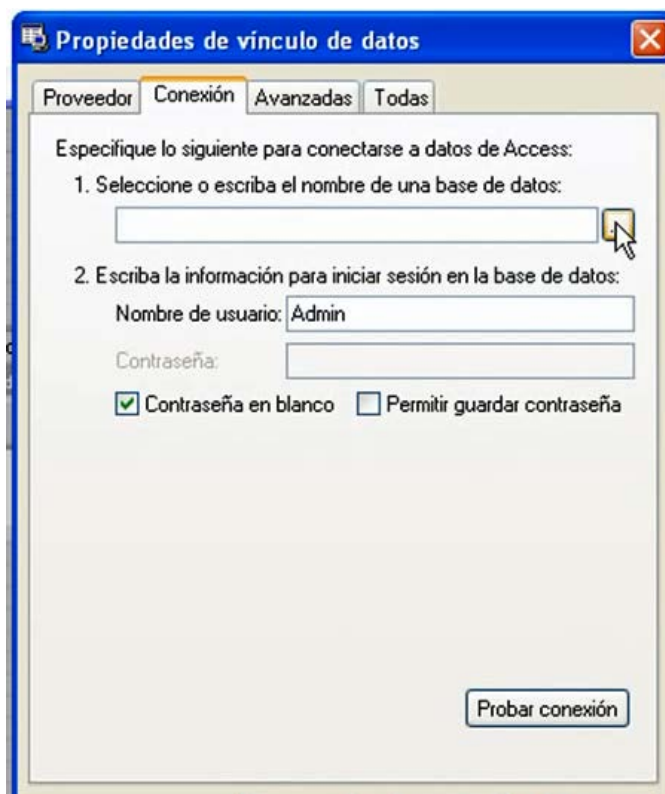


Figura 3.53 Pantalla enlace Labview-Access No. 03

5.5.- Click en Probar selección, y en Aceptar, luego nos despliega otra pantalla donde nos pide que guardemos este Data link, y lo guardamos donde tenemos el archivo de la base de datos creada anteriormente.



Figura 3.54 Pantalla enlace Labview-Access No. 04

5.6.- Una vez concluido estos pasos damos en correr el Panel Frontal y seleccionamos el Data Link creado y guardado en la carpeta de tu elección.



Figura 3.55 Pantalla enlace Labview-Access No. 05

5.7.- Los Datos que se vayan generando se irán guardando en Access como se indica en la figura siguiente.

| DATO1 | DATO2 | DATO3 |
|------------------|------------------|------------------|
| 255,842701177732 | 63,8998671886654 | 6,40050417547706 |
| 224,482044350328 | 166,621326851823 | 46,685402140547 |
| 82,1257513588549 | 43,5397623197793 | 24,063472106758 |
| 36,2126580801891 | 71,8019889300378 | 84,6121700024429 |
| 42,9663079418127 | 138,502295332292 | 88,2618827445031 |

Figura 3.56 Pantalla de visualización de datos en Access

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS- ELECTRÓNICAS

Las pruebas se realizaron en los siguientes sistemas:

- Conexiones del tablero.
- Funcionamiento del PLC.
- Sistema de abastecimiento de agua osmotizada a las cubas.
- Intercambiadores.
- Rectificador.
- Grúa.
- Abastecimiento de aire a las cubas.

CONEXIONES DEL TABLERO

Se verifican las conexiones en base a los planos eléctricos descritos en el Anexo E.

FUNCIONAMIENTO DEL PLC

- Verificar mediante los planos eléctricos-electrónicos (Anexo E) y datasheet (Anexo B) la correcta conexión del PLC y sus módulos.
- Se realizan pruebas por separado en la CPU y en cada uno de los módulos.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA

- Se verifican las conexiones de las dos bombas y las seis electroválvulas hidráulicas en dicho sistema.
- Se energiza el sistema.

Bombas: 110 VDC

Electroválvulas hidráulicas: 110VDC

- Se realizan pruebas hasta verificar que el sistema abastezca de líquido las cubas en el tiempo establecido.

INTERCAMBIADORES

- Se verifican las conexiones de las bombas y radiadores en cada uno de los intercambiadores.
- Se energizan las bombas.

Bombas: 110 VDC

- Se realizan pruebas hasta verificar que el líquido fluya a través del radiador, y de inmediato dicho líquido sube a la cuba.

GRÚA

- Una vez ensamblado el puente grúa, se verifica las conexiones de la electroválvula neumática 5/2 y del motor de 24VDC.
- Se energiza primero el motor y se verifica si hay movimiento de la grúa hacia adelante y atrás.
- Se energiza la electroválvula neumática 5/2 y se verifica si el pistón funciona en sus dos sentidos.
- Se energiza en conjunto el sistema.
- Se realizan las pruebas necesarias hasta verificar que la grúa funcione correctamente, movimientos de la grúa hacia adelante y atrás, y movimientos de pistón hacia arriba y abajo.

ABASTECIMIENTO DE AIRE A LAS CUBAS

- Se verifica las conexión de la electroválvula neumática 3/2.
- Se abre la toma de aire principal.
- Se energiza la electroválvula.
- Se realizan las pruebas necesarias hasta verificar que el aire circule a cada una de las cubas que lo requiera.

DESARROLLO DEL PROCESO DE ANODIZADO NATURAL

1. Cuba Desengrase

Elementos

- Intercambiador
- Resistencia 1200W/110V (7 min)

Control

- Nivel
- Temperatura

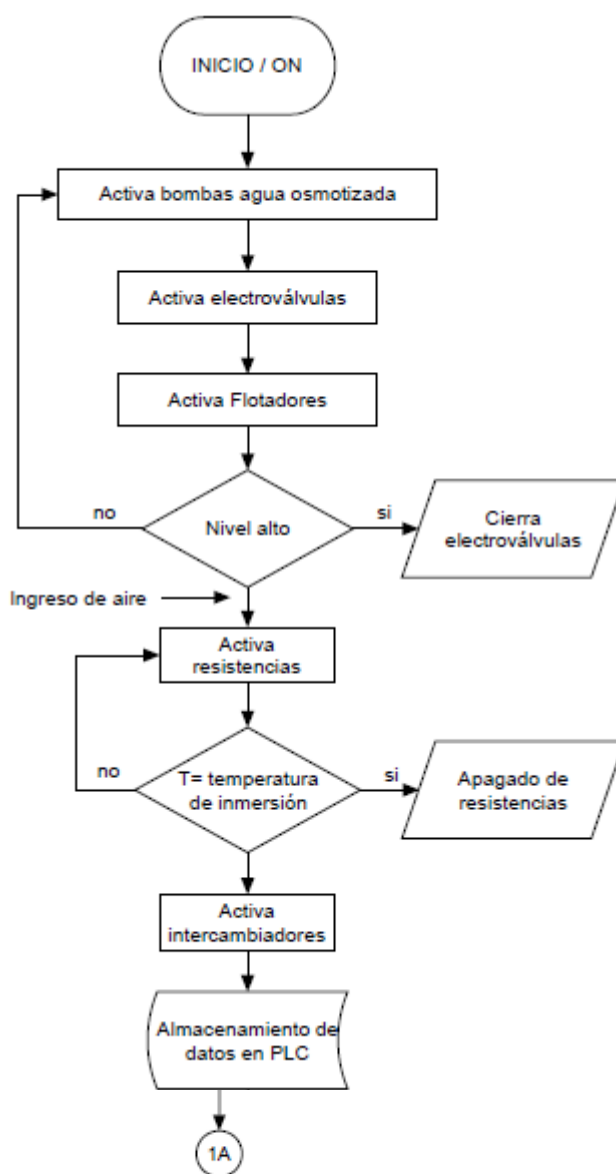


Figura 4.1 Diagrama de flujo-Proceso desengrase

2. Cuba Enjuague de desengrase

Inyección de aire

Control

- Nivel

3. Cuba Decapado

Elementos

- Intercambiador
- Resistencia 1500W/110V (5 min)

Inyección de aire

Control

- Nivel
- Temperatura

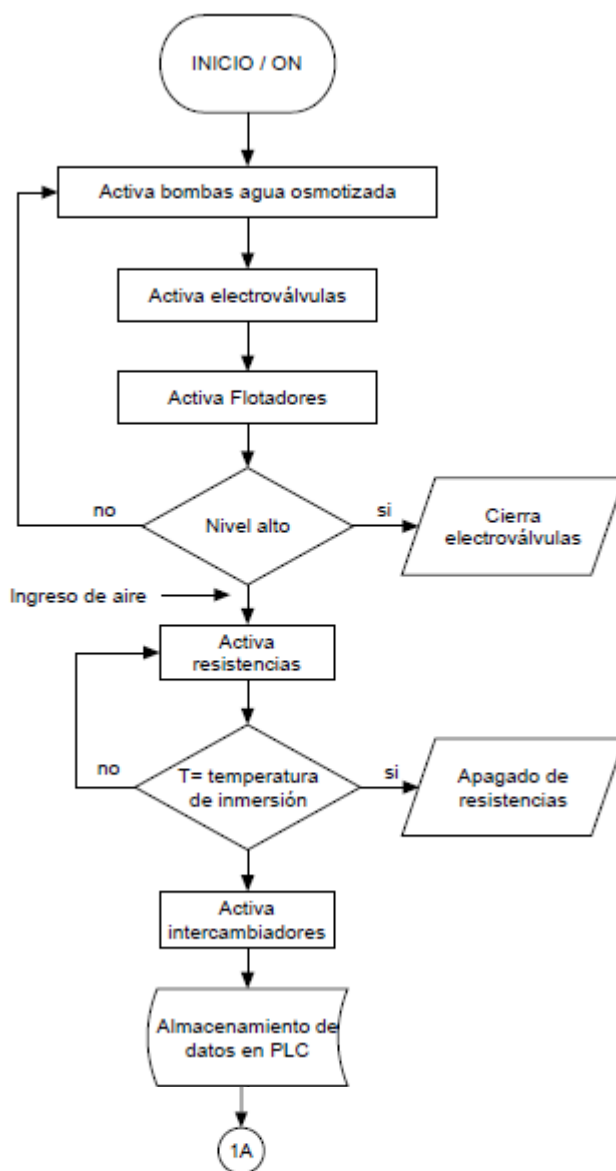


Figura 4.2 Diagrama de flujo-Proceso decapado

4. Cuba Enjuague de decapado

Inyección de aire

Control

- Nivel

5. Cuba Soda cáustica

Elementos

- Resistencia 1500W/110V (5 min)

Control

- Nivel
- Temperatura

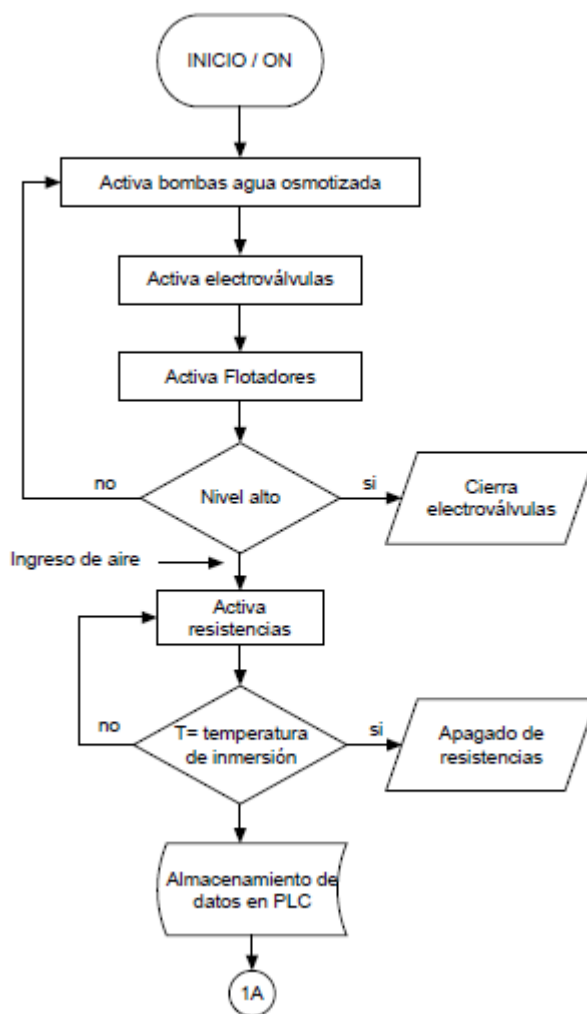


Figura 4.3 Diagrama de flujo-Proceso soda cáustica

6. Cuba Enjuague soda cáustica

Inyección de aire

Control

- Nivel

7. Cuba Neutralizado

Elementos

- Intercambiador 1500W/110V (5 min)

Inyección de aire

Control

- Nivel

Monitoreo

- Temperatura

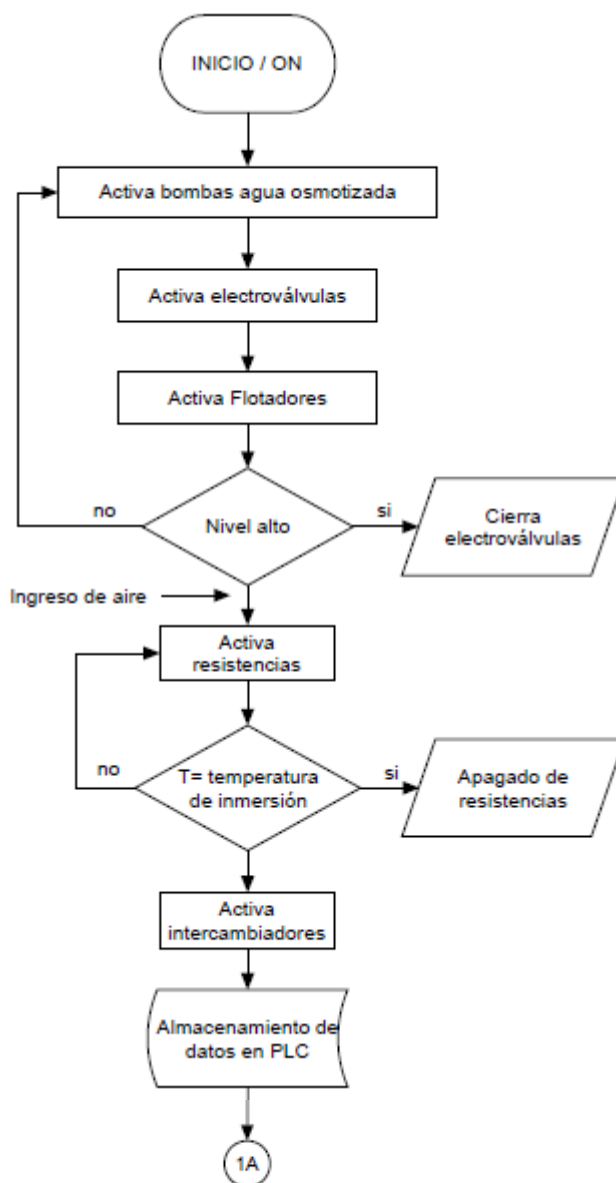


Figura 4.4 Diagrama de flujo-Proceso neutralizado

8. Cuba Enjuague de neutralizado

Inyección de aire

Monitoreo

- Nivel
- Temperatura

9. Cuba Anodizado

Elementos

- Intercambiador 1500W/110V (5 min)

Control

- Nivel
- Temperatura

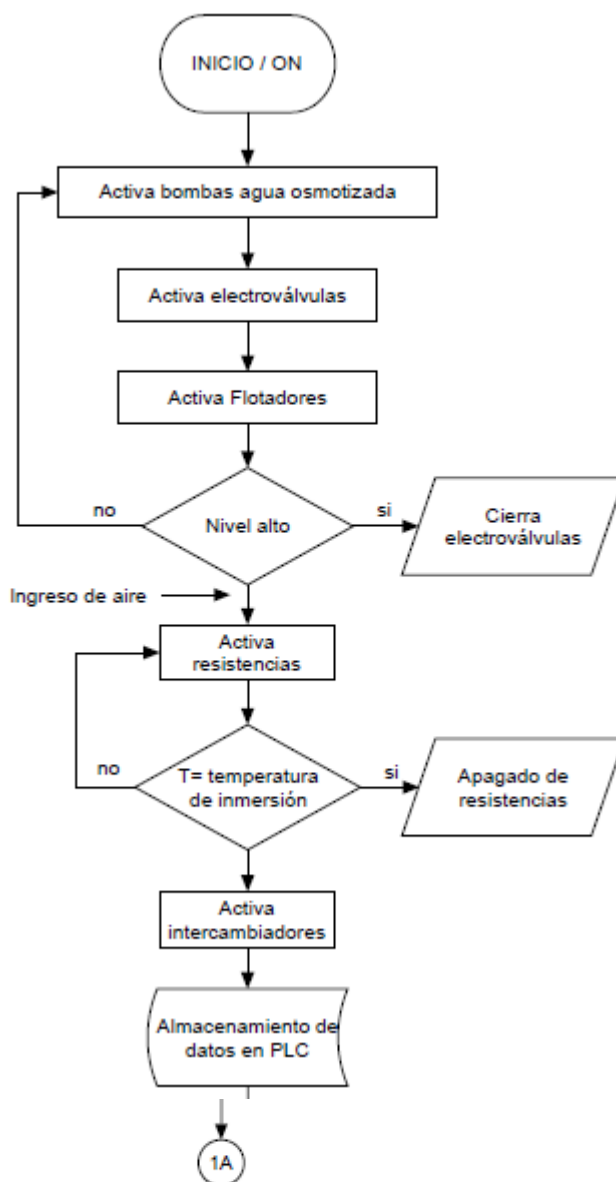


Figura 4.5 Diagrama de flujo-Proceso anodizado

10.Cuba Enjuague de anodizado

Inyección de aire

Control

- Nivel

11.Cuba Sellado

Elementos

- Intercambiador
- Resistencia 1500W/110V (5 min)

Control

- Nivel
- Temperatura

Monitoreo

- PH

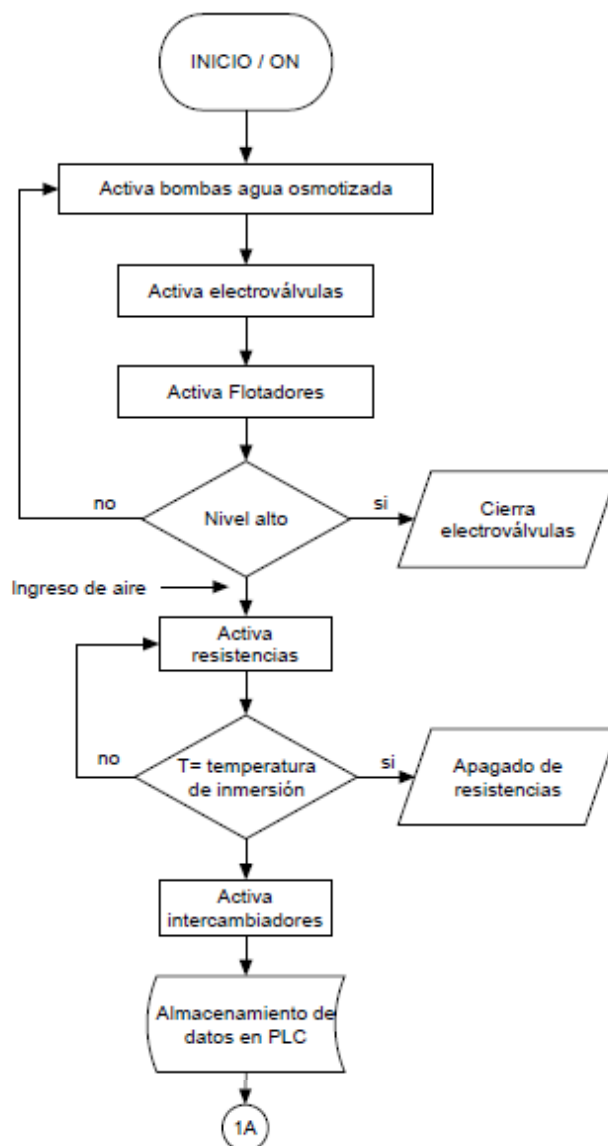


Figura 4.6 Diagrama de flujo-Proceso sellado

12.Cuba Enjuague de sellado

Control

- Nivel

CÁLCULOS

FÓRMULA UTILIZADA PARA LOS TIEMPOS DE ANODIZADO

$$t = \frac{\mu}{0.33 * \frac{I}{A}}$$

t = tiempo de anodizado [min]

μ = valor de micraje ingresado por teclado [μ]

0.33 = constante

I = intensidad de corriente [A]

A = densidad de corriente [A/d²]

$$A = \frac{I_r}{S}$$

I_r = corriente que proporciona el rectificador [A]

S = área o superficie de la carga [dm²]

TABLA DE REFERENCIAS PARA ANODIZAR

Tabla 4.1

Referencias para anodizar

| REF. 1383 | | |
|------------------------------|-------------------|---|
| A: 1.94dm² | | |
| I (corriente) | u (micras) | t_p(tiempo promedio) min |
| 0.5-1.5 | 10 | 78.384 |
| | 15 | 117.576 |
| | 20 | 156.768 |
| 1.5-2.5 | 10 | 31.3535 |
| | 15 | 47.0305 |
| | 20 | 62.707 |
| 2.5-3.5 | 10 | 20.156 |
| | 15 | 30.234 |
| | 20 | 40.31 |
| 3.5-4.5 | 10 | 14.9305 |
| | 15 | 22.396 |
| | 20 | 29.859 |
| 4.5-6 | 10 | 11.431 |
| | 15 | 17.147 |
| | 20 | 22.862 |

Tabla 4.2

Referencia perfil aluminio 3659

| REF. 3659 | | |
|-------------------------------|-------------------|---|
| A: 2.66 dm² | | |
| I (corriente) | u (micras) | t_p(tiempo promedio) min |
| 0.5-1.5 | 10 | 107.475 |
| | 15 | 161.213 |
| | 20 | 214.95 |
| 1.5-2.5 | 10 | 42.99 |
| | 15 | 64.485 |
| | 20 | 85.98 |
| 2.5-3.5 | 10 | 27.635 |
| | 15 | 41.455 |
| | 20 | 55.273 |
| 3.5-4.5 | 10 | 20.47 |
| | 15 | 30.707 |
| | 20 | 40.943 |
| 4.5-6 | 10 | 15.67 |
| | 15 | 23.5105 |
| | 20 | 31.347 |

Tabla 4.3

Referencia perfil aluminio 3353

| REF. 3353 | | |
|--------------------------------|-------------------|---|
| A: 1.378 dm² | | |
| I (corriente) | u (micras) | t_p(tiempo promedio) min |
| 0.5-1.5 | 10 | 55.6765 |
| | 15 | 83.514 |
| | 20 | 111.35 |
| 1.5-2.5 | 10 | 22.27 |
| | 15 | 33.404 |
| | 20 | 44.5415 |
| 2.5-3.5 | 10 | 14.317 |
| | 15 | 21.473 |
| | 20 | 28.633 |
| 3.5-4.5 | 10 | 10.6045 |
| | 15 | 15.91 |
| | 20 | 21.21 |
| 4.5-6 | 10 | 8.1195 |
| | 15 | 12.179 |
| | 20 | 16.24 |

TIEMPOS CONSIDERADOS PARA ANODIZAR

Tabla 4.4

Tiempos para anodizar

| Para I = 1.5 – 2.5 A | |
|----------------------|--------|
| Para 10u | 22 min |
| Para 15u | 48 min |
| Para 20u | 63 min |

Tabla 4.5

Tiempos para anodizar

| Para I = 2.5 – 3.5 A | |
|----------------------|-----------|
| Para 10u | 20.33 min |
| Para 15u | 30.66 min |
| Para 20u | 41 min |

Tabla 4.6

Tiempos para anodizar

| Para I = 3.5 – 4.5 A | |
|----------------------|----------|
| Para 10u | 14.7 min |
| Para 15u | 22.3 min |
| Para 20u | 30 min |

Cuestiones a considerar

- Verificar que el rectificador proporcione la corriente necesaria para el ánodo y cátodo, 20V DC y 5A.
- El valor de micraje (μ) será ingresado por teclado al computador, los valores a considerar van entre 10μ - 15μ - 20μ
- El valor de la intensidad de corriente (I), será medido por el sensor de corriente (efecto Hall) de la cuba de anodizado natural.

PROCEDIMIENTO PARA PONER EN MARCHA LA PLANTA PROTOTIPO

1. Verificar que cada cuba esté libre de desechos o restos de materiales.
2. Alimentar el sistema a 110VAC.
3. Colocar cada una de las recetas de los procesos en las cubas (departamento de anodizado).
4. Prender la máquina desde el tablero (botón rojo).

5. Una vez prendida la máquina, de inmediato las bombas abastecerán las cubas con agua osmotizada, proceso que se llevará a cabo en 2 minutos.
6. Abrir la válvula principal de aire, y regular el paso de aire con el estrangulador.
7. Esperar un tiempo hasta que calienten las resistencias de las cubas, respecto a las temperaturas seteadas.
8. Ingresar al SCADA, y seleccionar la opción NATURAL.
9. Ingresar el valor de los perímetros a anodizar según los Planos del Departamento de Anodizado.
10. El proceso se inicia para cada una de las 12 cubas, considerando que en la cuba de anodizado natural el PLC leerá la corriente y de inmediato calculará el tiempo de anodizado, para lo cual apenas llegue el rack a la cuba de anodizado, desde la PC, seleccionar ANODIZAR.
11. De inmediato el sistema procede a realizar el enjuague de anodizado, sellado y enjuague de sellado.
12. Finalmente la grúa regresa al HOME (inicio).

FUNCIONAMIENTO

1. Proceso Manual (botonera de la grúa)

DESGASTE EN MATERIALES

- Piñón de la grúa.- El piñón utilizado en la riel de la grúa transmiten potencia, los esfuerzos sobre sus dientes se concentran en una región muy pequeña. Las fuerzas que actúan en esa región son muy elevadas, si los dientes de los engranajes entran en contacto directo, los efectos de la fricción y el desgaste destruirán rápidamente el piñón.
- Sensores de temperatura en las cubas.- Las termocuplas utilizadas en los sensores sufren desgaste y corrosión por las sustancias aplicadas en las distintas mezclas de las cubas, principalmente en la cuba de anodizado natural.

RESULTADO FINAL

Se ingresa por teclado:

- Referencia del perfil.
- Perímetro del perfil.

El proceso de cálculos para 10 micras se realiza dentro del PLC, y de inmediato aparece en pantalla principal del SCADA los datos de temperatura y en el proceso de anodizado los datos de corriente, área y tiempo (figura 4.7).

Pantalla principal SCADA



Figura 4.7 Pantalla principal del sistema de monitoreo y de adquisición de datos SCADA

El proceso completo en las doce cubas se muestra en el HMI, donde se puede visualizar el sistema en funcionamiento en tiempo real.

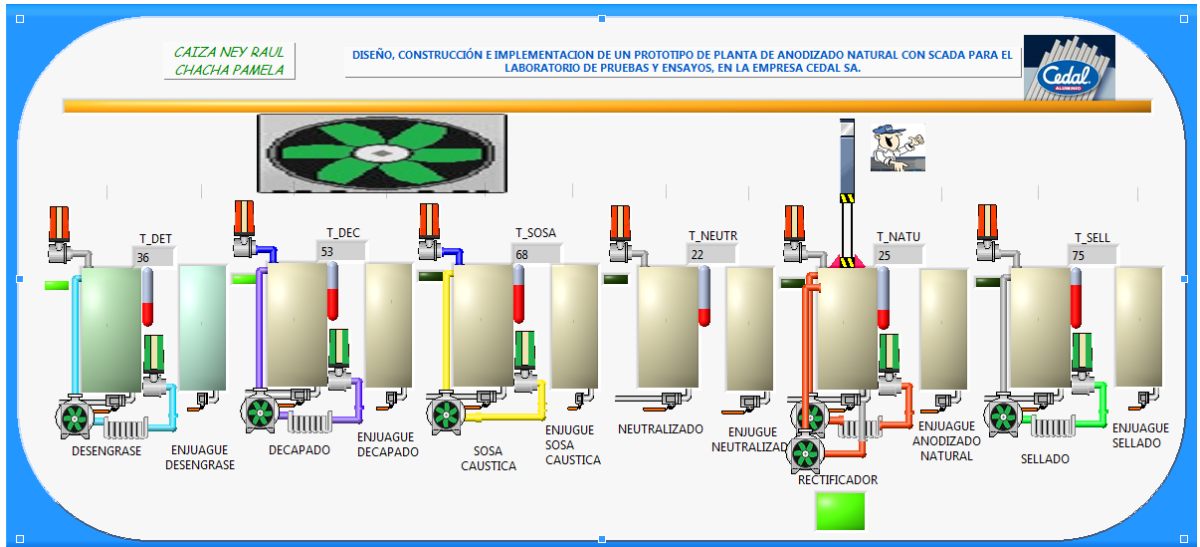


Figura 4.8 HMI

Concluido el proceso de anodizado se crea automáticamente una base datos con las variables de PH, corriente, voltaje, densidad de corriente, temperatura en cada una de las cubas y el área del perfil anodizado (figura 4.9).

Base de datos

Base de datos generada en microsoft Access.

| PH | I | V | DENSIDAD | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | AREA |
|----|---|----|----------|----|----|----|----|----|----|------|
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 65 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 52 | 65 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 52 | 66 | 19 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 51 | 66 | 19 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 51 | 67 | 19 | 25 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 67 | 19 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 67 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 54 | 68 | 20 | 23 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 23 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 19 | 23 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 23 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 23 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |
| 4 | 3 | 10 | 1,8 | 36 | 53 | 68 | 20 | 24 | 75 | 1,94 |

Figura 4.9 Base de datos

Como resultado final obtenemos el perfil anodizado con las 10 micras requeridas. Valor que se mide con un micrómetro.



Figura 4.10 Micras de perfil anodizado

NOTA: CEDAL S.A., únicamente solicitó anodizado de espesor 10 micras para cualquier tipo de perfil, por lo cual no se muestran figuras con 15 y 20 micras, sin embargo los cálculos realizados para dichos micrajes se los muestra por cuestiones de pruebas de corriente.

ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

Tabla 4.7

Detalle de gastos elementos prototipo de planta de anodizado natural

| CANTIDAD | DESCRIPCION | COSTO UNITATARIO (USD) | COSTO TOTAL (USD) |
|----------|--|------------------------------|-------------------------|
| 8 | PERFILES G - CORREAS G | 15 | 120 |
| 10 lb | ELECTRODOS 6011 | 1.5 | 15 |
| 13 | CUBAS DE POLIPROPILENO DE ALTA DENSIDAD | 5 | 65 |
| 4 | TUBOS PVC DE 1/2 | 4 | 16 |
| 12 | TEE PVC DE 1/2 | 0,75 | 9 |
| 24 | CODOS PVC DE 1/2 | 0,6 | 14,4 |
| 24 | UNION DE 1/2 | 0.50 | 12 |
| 48 | NEPLOS CORRIDOS PVC DE 1/2 | 0,5 | 24 |
| 12 | NEPLOS MEDIANOS PVC DE 1/2 | 0,6 | 7,2 |
| 12 | NEPLOS LARGOS PVC DE ½ | 0,75 | 9 |
| 12 | LLAVES DE ACERO GALVANIZADO DE PASO 1/2 | 2,5 | 30 |
| 14 | LLAVES DE PASO DE PVC DE 1/2 | 0,75 | 10,5 |
| 20 | REDUCTORES PVC DE 3/4 A ½ | 0,9 | 18 |
| 24 | ELECTROVALVULAS PASTICAS 110 (V) | 6,5 | 156 |
| 10 | BOMBAS PLASTICAS DE 110 (V) | 12,5 | 125 |
| 15 | UNIVERSALES DE ½ | 0,75 | 11,25 |
| 1 | VÁLVULA CHECK | 2,5 | 2,5 |
| 6 | RADIADORES DE ALUMINIO | 20 | 120 |
| 1 | VENTILADORES PARA ENFRIAMIENTO RÁPIDO | 13,5 | 13,5 |

CONTINÚA →

| | | | |
|------|---|------|------|
| 48 | ABRAZADERAS METÁLICAS | 0,1 | 4,8 |
| 30 m | DE MANGUERA DE JARDÍN | 0,35 | 10,5 |
| 24 | CODOS PARA MANGUERA | 0,15 | 3,6 |
| 5 | TUBOS PVC DE 3" | 4,5 | 22,5 |
| 3 | CODOS PVC DE 3" | 1,75 | 5,25 |
| 1 m | BARRA DE COBRE DE 3MM DE ESPESOR | 7,5 | 7,5 |
| 24 | PERNOS DE 1/4 X 3" | 0,1 | 2,4 |
| 6 | RESORTES DE 1/4 | 0,5 | 3 |
| 1 | CILINDRO NEUMÁTICO DE 2 VÍAS | 50 | 50 |
| 1 | CADENA M 45 | 24 | 24 |
| 3 | RODAMIENTOS DE 1" | 1,5 | 4,5 |
| 1 | MAQUINADO DE PIÑÓN DE 1.5" | 15 | 15 |
| 1 | CAMPANA DE ESTRACCION. | 150 | 150 |
| 1 | DUCTO DE ALUMINIO PARA ESTRACCIÓN | 16 | 16 |
| 1 | MOTOR DE 24V | 30 | 30 |
| 1 | ELECTROVALVULA NEUMATICA DE 5/2 | 28 | 28 |
| 12 | NIQUELINAS DE ACERO INOXIDABLES | 5,25 | 63 |
| 40 m | MANGUERA PLASTICA PARA AIRE DE 6MM | 1 | 40 |
| 24 | RACORES DE 6MM(TEE, UNIONES) | 1,1 | 26,4 |
| 1 | JUEGO DE ACOPLES PARA AIRE CON REDUCCION DE 3/4 A 1/4 Y ADAPTACION A 6MM. | 19 | 19 |
| 50 m | MANGUERA ANILLADA NEGRA | 0,15 | 7,5 |
| 1 | TABLERO DE CONTROL DE 150X85X50CM | 350 | 350 |

CONTINÚA →

| | | | |
|-----|--|------|------|
| 3 | CANAleta RANURADA DE 60X40MM | 3,5 | 10,5 |
| 5 | CANAleta RANURADA DE 25X40MM | 2,5 | 12,5 |
| 2 | CANAleta RANURADA DE 25X18MM | 2 | 4 |
| 2 | CANAleta SIN RANURAR DE 15 X 15MM | 2,25 | 4,5 |
| 5 | RIEL DIN | 1,75 | 8,75 |
| 100 | AUTOPERFORANTES DE 1" | 5 | 500 |
| 100 | AUTOPERFORANTES DE 2" | 5 | 500 |
| 2 | BARRAS DE DISTRIBUCION DE VOLTAJE | 1,75 | 3,5 |
| 1 | BRAKER DE 1 POLO 32 A PARA RIEL DIN | 9 | 9 |
| 1 | BRAKER DE 1 POLO 10 A PARA RIEL DIN | 5 | 5 |
| 6 | PORTAFUSIBLES PARA RIEL DIN | 3 | 18 |
| 3 | FUSIBLES DE 12 A | 1,75 | 5,25 |
| 3 | FUSIBLES DE 15 A | 1,75 | 5,25 |
| 1 | FUENTE DE 24 V | 50 | 50 |
| 1 | FUENTE DE 12 V y 5v | 20 | 20 |
| 1 | TOMA CORRIENTE | 2,5 | 2,5 |
| 1 | PLC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES | 570 | 570 |
| 1 | MÓDULO IN/OUT DIGITALES | 415 | 415 |
| 1 | MÓDULO IN ANALÓGICAS | 555 | 555 |
| 1 | MÓDULO TERMOCÚPLAS | 683 | 683 |
| 15 | RELES CAMSCO DE 24V | 6 | 90 |
| 6 | BASES PARA RELES CAMSCO DE 110V DE 8 PINES | 5 | 30 |
| 6 | RELES CAMSCO DE 110V DE 8 PINES | 6,75 | 40,5 |

CONTINÚA →

| | | | |
|-------|---|------|------|
| 6 | BASES PARA RELES CAMSCO DE 110V DE 11 PINES | 5 | 30 |
| 10 | RELES CAMSCO DE 110V DE 11 PINES | 7 | 70 |
| 100 | BORNERAS PARA RIEL DIN | 1 | 100 |
| 5 | BARRAS PARA PUENTEAR BORNERAS | 1,75 | 8,75 |
| 3 m | CABLE UTP | 1,25 | 3,75 |
| 2 | RJ45 | 0,5 | 1 |
| 75 m | CABLE AWG 16 COLOR AZUL | 0,3 | 22.5 |
| 300 m | CABLE AWG 16 COLOR ROJO | 0,3 | 90 |
| 100 m | CABLE AWG 14 COLOR VERDE | 0,3 | 30 |
| 40 m | CABLE DE TERMOCUPLA TIPO J | 3,75 | 150 |
| 60 m | CABLE ANTIRROBO / PARA SENSOR 3 X20 AWG | 0,75 | 45 |
| 20 m | CABLE AWG 10 | 0,65 | 13 |
| 4 | TERMINALES DE OJO PARA CABLE AWG 10 | 0,25 | 1 |
| 10 m | MANGUERA EN ESPIRAL DE 3/8 | 8 | 80 |
| 350 | TERMINALES DE PUNTA PARA CABLE 16,14, 22 | 0,05 | 17,5 |
| 100 | TERMINALES DE UÑA PARA CABLE 16 | 0,05 | 5 |
| 5 | TERMINALES DE OJO Y PRICIONERO PARA CABLE 10 Y 8. | 0,6 | 3 |
| 60 m | RECUBRIMIENTO PROTECTOR EN ESPIRAL PARA CABLE | 0,8 | 48 |
| 1 | SENSOR DE CORRIENTE | 35 | 35 |
| 1 | SENSOR DE PH | 45 | 45 |
| 2 | SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO | 53 | 106 |

CONTINÚA →

| | | | | |
|----|--|---|-------|---------|
| 2 | SENSORES ACONDICIONADORES DE TEMPERATURA CON LM35 | Y | 15 | 30 |
| 4 | TERMOCUPLAS TIPO J. | | 11 | 44 |
| 12 | SENSORES DE NIVEL | | 3,5 | 42 |
| 1 | LAPTOP HP INTEL CORE I5 | | 900 | 900 |
| 1 | LIBRA DE GRASA | | 4 | 4 |
| | | | TOTAL | 7105,55 |

RESULTADOS DE CARGAS CON FALLAS ANÓDICAS

Este análisis se realiza en base a los datos de rechazo por acabados defectuosos que genera la planta principal de anodizado, tomando en cuenta que si se realiza pruebas de concentraciones en la planta prototipo se puede disminuir las cargas defectuosas hasta el 50%.

Rechazos por falla.

Tabla 4.8

Resultado semanal acabados con fallas anódicas

| | Acabados con falla (línea Principal) Kg | Acabados con falla (prototipo) Kg |
|------------------|--|--------------------------------------|
| Lunes | 570 | 50 |
| Martes | 793 | 63 |
| Miércoles | 1200 | 97 |
| Jueves | 1500 | 120 |
| Viernes | 850 | 118 |
| Sábado | 501 | 44 |

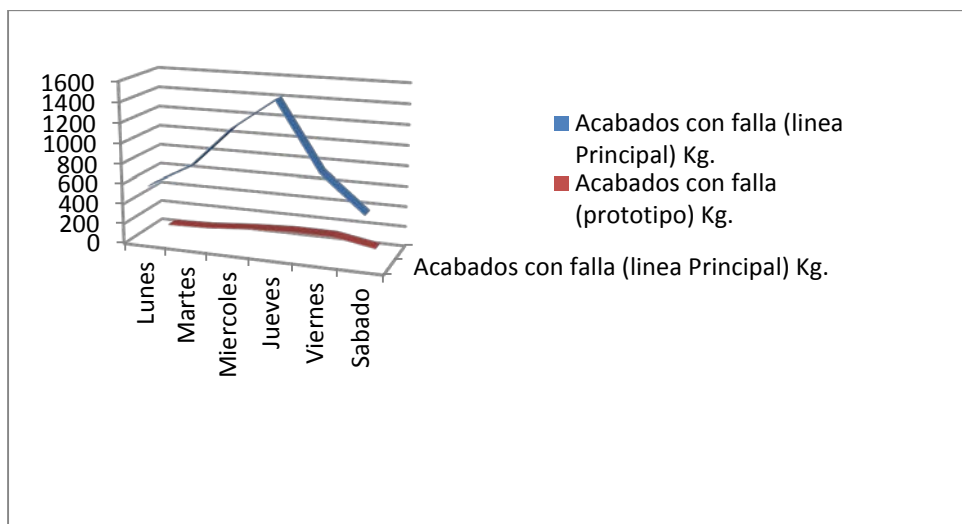


Figura 4.11 Resultado semanal acabados con fallas anódicas

Se procede a revisar los datos y analizar los datos obtenidos de manera económica y si fue o no rentable la inversión del prototipo.

Tabla 4.9

Resultado total acabados con fallas anódicas

| | Acabados con falla (principal) | Acabados con falla (prototipo) |
|---|---|---|
| Pérdidas totales por acabados defectuosos Kg | 5414 | 492 |

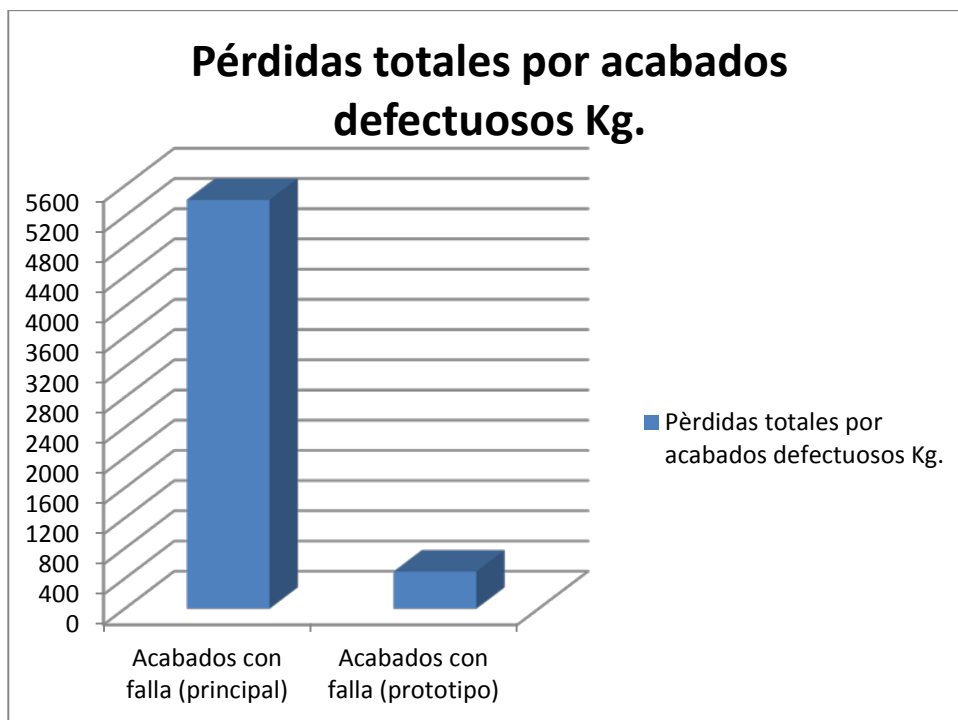


Figura 4.12 Resultado total acabados con fallas anódicas

Al multiplicar por 200 USD que cuesta la tonelada de aluminio tenemos: (figura 4.13).

Tabla 4.10

Pérdidas económicas por acabados defectuosos USD

| | Línea Principal | Prototipo |
|---|------------------------|------------------|
| Pérdidas económicas por acabados defectuosos USD | 1082,8 | 98,4 |

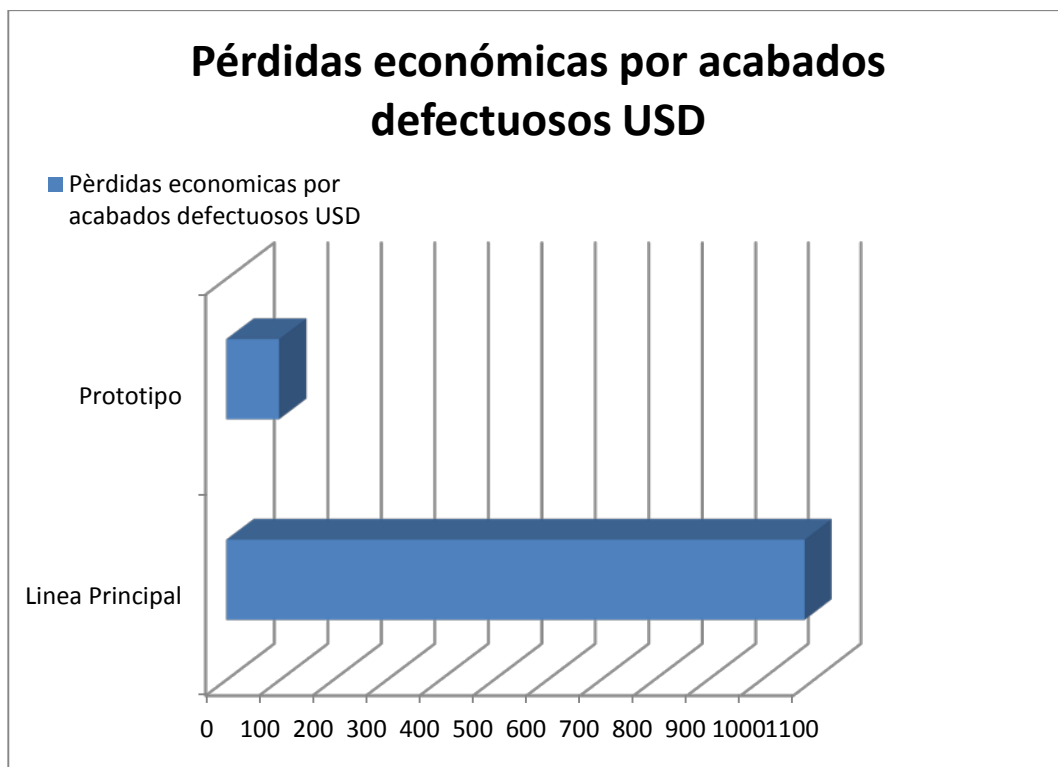


Figura 4.13 Pérdidas económicas por acabados defectuosos USD

El Análisis económico

Inversión del proyecto: 7105.55 USD.

Se puede apreciar en la figura 4.13 que la diferencia de pérdidas al usar el prototipo para las pruebas de concentraciones, es de 984.4 USD.

Mismos que se convierten en recuperación de la inversión, y al final como ganancia para la empresa.

La inversión del prototipo se recuperara en aproximadamente 7.21 semanas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La construcción del prototipo es de gran utilidad para la empresa CEDAL y para cualquier empresa particular, ya que transforma los resultados de dimensiones pequeñas en resultados reales de la planta.
- La corriente depende del perímetro de cada perfil que se va anodizar y el tiempo de inmersión depende de la corriente aplicado en el perfil de aluminio.
- Tomando en cuenta las cargas vivas (personal que hará el respectivo mantenimiento), en el cuarto piso se logra verificar un factor de seguridad de 1.45, demostrando que la selección de perfiles fue la correcta.
- De los parámetros de diseño y por ende de la correcta selección de materiales mecánicos y eléctricos-electrónicos, dependerá el tiempo de vida de la planta prototipo de anodizado natural.
- La estructura del prototipo está diseñado con todos los parámetros, la cual servirá como base para el diseño de cualquier nave industrial.
- El diseño de pernos se basa a la resistencia límite de tracción con base a la falla por cortante, dejando de esta manera en claro que nunca un perno será diseñado a cortante.
- Mediante el sistema SCADA es posible llevar el control general de todo el proceso de anodizado en tiempo real lo cual permite al operario tomar decisiones de una manera rápida y efectiva ante cualquier tipo de problema o a la vez realizar planes de ejecución en el proceso.
- El PLC utilizado tiene puerto ethernet incorporado y funcionando mediante profinet, garantizando la llegada de datos en tiempo real.
- TIA PORTAL cuenta con una amplia gama de librerías y ofrece support packages for the hardware (HSP), paquetes que permite la configuración de módulos no contenidos en el programa inicial, en nuestro caso la referencia

de la CPU 1214C (6ES7214-1BG31-OXBO), pudo ser visualizado gracias al HSP 0026.

- La diferencia de pérdidas al usar el prototipo para las pruebas de concentraciones, es de 984.4 USD, por lo que se estima la inversión del prototipo se recuperara en aproximadamente 7.21 semanas.

RECOMENDACIONES

- Mantenimiento de los sensores de nivel, una vez cada 8 meses.
- Mantenimiento de los intercambiadores, con vaciados de agua caliente y agua fría intercaladamente, cada mes, puesto que la superficie del tubo de los intercambiadores son pequeños, por lo que al haber un acumulamiento de restos de sustancias se taponarían los tubos.
- Cubrir la planta prototipo de anodizado, debido a agentes externos que podrían alterar el sistema.
- No meter las manos dentro de las cubas, por las sustancias químicas que se alojarán allí, y en especial tener cuidado en la cuba de anodizado, puesto que allí aparte de las sustancias químicas, habrá corriente.
- No acercarse demasiado a las cubas en el proceso de anodizado, puesto que podría salpicar líquido que perjudicaría la visión.
- El sistema debe ser manipulado por un operador en conjunto con un laboratorista, ya que la operación de la máquina se la realizará con el manual de usuario pero las recetas de las mezclas y el tipo de probeta, las proporcionará el departamento de anodizado.
- Dejar conectada la toma de aire que va hacia las cubas, puesto que la densidad de las sustancias son altas, razón por la cual suelen quedar restos en el fondo de las cubas, en especial en la cuba de soda cáustica.
- Calibrar al menos una vez al mes el sensor de PH.
- Cambiar las termocuplas cada 4 meses, por la oxidación y desgaste que sufren en el proceso electroquímico.
- Debido a que el proceso es electrolítico y se encuentra dentro de una planta industrial, se debe manipular el proceso con el respectivo equipo de seguridad, tales como ropa de trabajo adecuada, guantes de látex, mascarilla, zapatos punta de acero y tapones.

BIBLIOGRAFÍA

- DIPAC. (1978). Perfiles estructurales. *Catálogo DIPAC*,
<https://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>. Quito, Pichincha, Ecuador.
- ALUMINA. (n.d.). Aluminio Nacional del Ecuador S.A. Colombia .
- "CEDAL", E. (1974). Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- "FISA", E. (1969). Fundiciones Industriales S.A. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Anónimo. (2011, Noviembre). *Proyecto de Calibración* . Retrieved from PH-metro .
- Anónimo. (2014). El Anodizado del Aluminio . *TOLDO* .
- Carlos A. Giudice, A. M. (n.d.). Protección de Materiales. *Anodizado de Aluminio*. (F. R. Plata, Compiler) Buenos Aires, Argentina.
- ECOSISTEMA. (n.d.). *Equipo Eólico*. Retrieved Enero 2014, from Energía del Ambiente.
- Hufnagel, W. (1992). *Manual del Aluminio* (Vol. 1). REVERTÉ.
- Méndez, F. E. (2007, Julio). Diseño e Implementación de un Sistema HMI-SCADA para el Proceso de Anodización de Naturales de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. *Proyecto de Grado para la obtención del Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Pérez, A. G. (2006). Instalación de una Planta Moderna de Anodizada para Perfiles de Aluminio. *TESIS Ingeniero Químico*. Lima, Perú.
- Joseph Edward Shigley, C. R. (1998). *Diseño en ingeniería mecánica* . México : McGraw-Hill Interamericana .
- Julián Rodríguez Montes, L. C. (n.d.). *PROCESOS INDUSTRIALES para materiales no metálicos* (segunda edición ed.). VISION NET.
- Santiago Cicerón Morales Gordón, C. S. (2011). Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica. QUITO: QUITO/EPN/2011.
- Véliz, B. P. (2011). Controladores programables. *Monografías PLC*.

LINKGRAFÍA

- ALTEC. (n.d.). *Que son las electroválvulas*. (A. d. Monterrey, Ed.) Retrieved Diciembre 2013, from <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>
- Anónimo. (2012, Julio 30). *Bombas de agua y tipos*. Retrieved Diciembre 2013, from http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=10224:i-que-son-bombas-de-agua-y-su-tipos&catid=64:industria&Itemid=87
- Anónimo. (2012). *El Relé*. Retrieved Noviembre 2103, from <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>
- Anónimo. (n.d.). *Electrónica Fácil*. Retrieved Octubre 2013, from Fuentes de alimentación: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>
- ARIAN. (n.d.). *ARIAN Control e Instrumentación*. Retrieved from <http://www.arian.cl>
- Becani SL, C. (n.d.). *Cadenas Rexnord*. Retrieved Junio 2014, from Cadenas de Rodillos ISO 9001: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/cadena/tam.2.pdf>
- César Torrales, J. S. (n.d.). *UNEXPO*. Retrieved Agosto 2013, from Proceso de Anodizado: <http://es.scribd.com/doc/45048157/PROCESO-DE-ANODIZADO#scribd>
- Conesa, X. (2007, Octubre 06). *control.com*. Retrieved Mayo 2013, from El blog de los útiles de control y la metrología: <http://www.measurecontrol.com/anodizado-del-aluminio/>
- ELDAN. (n.d.). *Resistencias Cerámicas*. Retrieved Febrero 2014, from Instrumental Electrónico Automatización para la Industria: http://www.eldan.com.ar/resistencias_ceramicas.html
- Gallegos, E. (2014). *Sensor de temperatura LM35 y Arduino*. Retrieved Febrero 2014, from Taller Arduino: <http://bundlr.com/clips/525ff42f7e365b78f1000067>
- Industry, D. (2014). *PNEUMAX*. Retrieved from <http://www.directindustry.es/prod/pneumax/cilindros-neumaticos-doble-efecto-perfiles-5306-51953.html>
- INSTRUMENTS, N. (2014). *NI LabVIEW 2012*. Retrieved Junio 2014, from LabVIEW 2012: <http://www.ni.com/labview/release-archive/2012/esa/>
- K.G.V. (2013). *Resistencias Eléctricas*. (P. S.A., Editor) Retrieved Noviembre 2013, from <http://www.resistencias-kgv.com/productos.htm>
- KOBOLD. (n.d.). *Sensores de Nivel*. (M-Zert, Ed.) Retrieved Enero 2014, from http://koboldmessring.biz.a000710.customers.sqcloud.net/fileadmin/koboldfiles/pdf/es/n2es_nm.pdf

- Ltd, N. H. (2013). *Ali Express*. Retrieved Julio 2014, from Motor DC:
<http://es.aliexpress.com/item/free-shipment-24-V-120W-40rpm-high-power-DC-worm-gear-motors-for-wheel-or-Electric/814915497.html>
- Moor, C. (2011). *CAPALEX*. (Cumbria, Ed.) Retrieved Mayo 2013, from Capital Aluminium Extrusions Limited: http://www.capalex.co.uk/spanish/6060_alloy_sp.html
- Murdocca, R. M. (n.d.). *Laboratorio de Interfaces*. Retrieved Junio 2014, from Sensores de Efecto Hall: <http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf>
- Murdocca, R. M. (n.d.). *Laboratorio de Interfaces*. Retrieved Octubre 2013, from Sensores de efecto Hall: <http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf>
- NFPA, S. (20120, Agosto 2). *Seguridad Industrial*. Retrieved Mayo 2014, from Rombo de NFPA 704: <https://seguridadindustrialgt.wordpress.com/2012/08/02/entiendes-el-rombo-de-nfpa/>
- Pacco, P. J. (2011, Agosto 08). *Sensores Inductivos*. Retrieved Septiembre 2013, from <http://lonely113.blogspot.com>
- Pérez, D. (2012 , Mayo Miércoles). *Sistema Electrónico*. Retrieved Julio 2013, from Sensor de Efecto Hall: <http://se2amm.blogspot.com/2012/05/sensor-de-efecto-hall.html>
- QuimiNet. (2011, Noviembre 21). *QuimiNet.com*. Retrieved Junio 2013, from Las ventajas del proceso de anodizado: <http://www.quiminet.com/articulos/las-ventajas-del-proceso-de-anodizado-2640457.htm>
- S.A., A. (2010, Noviembre). *Industria, Electro*. Retrieved Enero 2014, from Termocuplas: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1502>
- Sánchez, T. D. (2011, Diciembre 13). *Proyecto de calibración*. Retrieved Septiembre 2013, from Ph-metro: <http://proyectedecalibracion.blogspot.com/2011/12/ph-metro.html>
- Sergio. (2013, Febrero 22). *Rectificador AC a DC*. Retrieved Marzo 2013, from Blog educativo: <http://electronicabasica00.blogspot.com/2013/02/rectificador-ac-dc.html>
- Sergiouasd. (2013, Febrero 22). *Rectificador AC DC*. Retrieved Marzo 2013, from Blog educativo: <http://electronicabasica00.blogspot.com/2013/02/rectificador-ac-dc.html>
- Shenzhen. (1995). *Shenzhen Fast Sensor Co. Ltd*. Retrieved Junio 2014, from Alibaba: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/plastic-single-magnetic-float-liquid-level-switch-sensor-for-high-low-level-with-switch-signal-output-2-wires-502338074.html>
- SIEMENS. (2010). *SIMATIC S7-1200*. Retrieved Enero 2014, from <http://www.paratrasnet.ro/pdf/automatizari-industriale/S7-1200.pdf>

SIEMENS. (2015). *Totally Integrated Automation Portal*. Retrieved Junio 2014, from https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/tia_portal/pages/tiaportal.aspx

Structures, C. a. (2014). *SAP 2000*. Retrieved Marzo 2014, from <http://www.csiamerica.com/products/sap2000>

ANEXOS

ANEXO A

PROPIEDADES Y TABLAS DE LOS MATERIALES

| | | |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| Anexo A-1 | ACERO ASTM A36 | Hoja 1 de 9 |
|------------------|-----------------------|--------------------|

Acero ASTM A36

Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

Composición química de la colada

| | |
|----------------|------------------|
| Carbono (C) | 0.26% máx. |
| Manganeso (Mn) | No hay requisito |
| Fósforo (P) | 0.04% máx. |
| Azufre (S) | 0.05% máx. |
| Silicio (Si) | 0.40% máx. |
| Cobre (Cu) | 0.20% máx. |

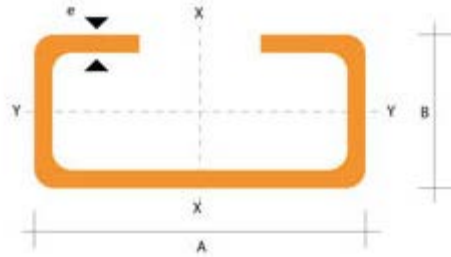
Propiedades

Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 kg/m³ (0.28 lb/in³). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 kpsi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 kpsi). Las planchas con espesores mayores de 8 pulg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura.

| Límite de fluencia mínima | | Resistencia a la tracción | | | |
|---------------------------|-------|---------------------------|-------|-----|-----|
| Mpa | Psi | Psi | | Mpa | |
| | | Min | Máx | Min | Máx |
| 250 | 36000 | 58000 | 80000 | 400 | 550 |

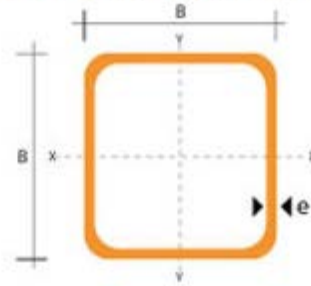
Formas

El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen: Planchas, Perfiles estructurales, Tubos, Láminas.

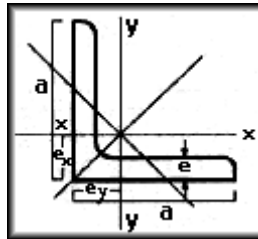


| DIMENSIONES | | | | PESOS | | | SECCION | EJE X-X | | | PROPIEDADES | | |
|-------------|-----|----|-----|---------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-----------------|-----------------|------|--|
| A | B | C | e | 6metros | 1metro | I | | W | I | I | W | I | |
| mm | mm | mm | mm | Kg | Kg | cm ² | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm | |
| 60 | 30 | 10 | 1.5 | 9.19 | 1.53 | 1.95 | 11.02 | 3.67 | 2.38 | 2.43 | 1.25 | 1.12 | |
| 60 | 30 | 10 | 2.0 | 11.94 | 1.99 | 2.54 | 13.98 | 4.66 | 2.35 | 3.01 | 2.85 | 1.09 | |
| 60 | 30 | 10 | 3.0 | 16.98 | 2.83 | 3.61 | 18.90 | 6.30 | 2.29 | 3.87 | 3.69 | 1.04 | |
| 80 | 40 | 15 | 1.5 | 13.18 | 2.20 | 2.80 | 27.43 | 6.86 | 3.13 | 6.39 | 2.53 | 1.51 | |
| 80 | 40 | 15 | 2.0 | 16.68 | 2.78 | 3.54 | 35.30 | 8.81 | 3.16 | 8.07 | 3.18 | 1.51 | |
| 80 | 40 | 15 | 3.0 | 24.06 | 4.01 | 5.11 | 49.00 | 12.30 | 3.10 | 10.80 | 4.27 | 1.46 | |
| 100 | 50 | 15 | 2.0 | 20.40 | 3.40 | 4.34 | 69.20 | 13.80 | 4.00 | 15.00 | 4.57 | 1.86 | |
| 100 | 50 | 15 | 3.0 | 29.70 | 4.95 | 6.31 | 97.80 | 19.60 | 3.94 | 20.50 | 6.25 | 1.80 | |
| 100 | 50 | 20 | 4.0 | 40.26 | 6.71 | 8.55 | 126.70 | 25.34 | 3.85 | 28.50 | 9.05 | 1.83 | |
| 100 | 50 | 25 | 5.0 | 51.12 | 8.52 | 10.86 | 152.51 | 30.50 | 3.75 | 36.52 | 12.09 | 1.83 | |
| 125 | 50 | 15 | 2.0 | 22.80 | 3.80 | 4.84 | 116.00 | 18.60 | 4.91 | 16.20 | 4.69 | 1.83 | |
| 125 | 50 | 15 | 3.0 | 33.24 | 5.54 | 7.06 | 165.00 | 26.50 | 4.84 | 22.20 | 6.43 | 1.77 | |
| 125 | 50 | 20 | 4.0 | 44.99 | 7.49 | 9.55 | 217.00 | 34.70 | 4.77 | 30.90 | 9.32 | 1.80 | |
| 125 | 50 | 25 | 5.0 | 57.00 | 9.50 | 12.11 | 264.32 | 42.29 | 4.67 | 39.88 | 12.46 | 1.82 | |
| 125 | 50 | 30 | 6.0 | 70.78 | 11.78 | 14.73 | 307.13 | 49.14 | 4.56 | 48.69 | 15.81 | 1.81 | |
| 150 | 50 | 15 | 2.0 | 25.14 | 4.14 | 5.34 | 179.00 | 23.80 | 5.79 | 17.10 | 4.78 | 1.79 | |
| 150 | 50 | 15 | 3.0 | 36.78 | 6.13 | 7.81 | 255.00 | 34.00 | 5.72 | 23.50 | 6.56 | 1.73 | |
| 150 | 50 | 20 | 4.0 | 49.68 | 8.28 | 10.50 | 337.00 | 44.90 | 5.65 | 32.90 | 9.52 | 1.77 | |
| 150 | 75 | 25 | 5.0 | 74.70 | 12.45 | 15.86 | 545.36 | 72.71 | 5.86 | 117.22 | 24.17 | 2.72 | |
| 150 | 75 | 30 | 6.0 | 93.42 | 15.57 | 19.23 | 641.40 | 85.52 | 5.77 | 114.47 | 30.57 | 2.74 | |
| 175 | 50 | 15 | 2.0 | 27.48 | 4.58 | 5.84 | 258.00 | 29.40 | 6.64 | 17.90 | 4.85 | 1.75 | |
| 175 | 50 | 15 | 3.0 | 40.32 | 6.72 | 8.56 | 369.00 | 42.20 | 6.57 | 24.60 | 6.66 | 1.70 | |
| 175 | 75 | 25 | 4.0 | 65.40 | 10.9 | 13.90 | 653.00 | 74.60 | 6.84 | 105.00 | 20.90 | 2.75 | |
| 175 | 75 | 25 | 5.0 | 80.58 | 13.43 | 17.11 | 785.95 | 89.82 | 6.78 | 123.88 | 24.63 | 2.69 | |
| 175 | 75 | 30 | 6.0 | 100.74 | 16.79 | 20.73 | 929.39 | 106.22 | 6.70 | 152.84 | 31.19 | 2.72 | |
| 200 | 50 | 15 | 2.0 | 29.94 | 4.99 | 6.36 | 356.00 | 35.60 | 7.56 | 18.60 | 4.85 | 1.72 | |
| 200 | 50 | 15 | 3.0 | 43.86 | 7.31 | 9.31 | 507.00 | 50.70 | 7.45 | 25.10 | 6.57 | 1.65 | |
| 200 | 75 | 25 | 4.0 | 70.20 | 11.70 | 14.90 | 895.00 | 89.50 | 7.64 | 110.00 | 21.30 | 2.71 | |
| 200 | 75 | 25 | 5.0 | 86.52 | 14.42 | 18.37 | 1080.00 | 108.00 | 7.67 | 129.62 | 25.02 | 2.66 | |
| 200 | 75 | 30 | 6.0 | 108.00 | 18.00 | 22.23 | 1282.17 | 128.21 | 7.59 | 160.15 | 31.73 | 2.68 | |
| 250 | 75 | 25 | 4.0 | 79.80 | 13.30 | 16.90 | 1520.00 | 122.00 | 9.48 | 118.00 | 21.70 | 2.64 | |
| 250 | 100 | 25 | 5.0 | 109.98 | 18.33 | 23.36 | 2219.24 | 177.54 | 9.75 | 285.26 | 39.24 | 3.49 | |
| 250 | 100 | 30 | 6.0 | 135.48 | 22.58 | 28.23 | 2647.38 | 219.79 | 9.68 | 383.54 | 55.58 | 3.69 | |

LARGO NORMAL 6.00m
OTROS LARGOS PREVIA CONSULTA
DIMENSIONES DESDE 20.00mm a 100.00mm
ESPESOR DESDE 2.00mm a 3.00mm

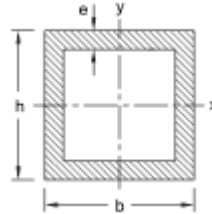


| DIMENSIONES | | | AREA | | EJES X-Xe Y-Y | |
|-------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------|
| A mm | ESPESOR mm | PESO Kg/m | AREA cm ² | I cm ⁴ | W cm ³ | i cm |
| 20 | 1,2 | 0,72 | 0,90 | 0,53 | 0,53 | 0,77 |
| 20 | 1,5 | 0,88 | 1,05 | 0,58 | 0,58 | 0,74 |
| 20 | 2,0 | 1,15 | 1,34 | 0,69 | 0,69 | 0,72 |
| 25 | 1,2 | 0,90 | 1,14 | 1,08 | 0,87 | 0,97 |
| 25 | 1,5 | 1,12 | 1,35 | 1,21 | 0,97 | 0,95 |
| 25 | 2,0 | 1,47 | 1,74 | 1,48 | 1,18 | 0,92 |
| 30 | 1,2 | 1,09 | 1,38 | 1,91 | 1,28 | 1,18 |
| 30 | 1,5 | 1,35 | 1,65 | 2,19 | 1,46 | 1,15 |
| 30 | 2,0 | 1,78 | 2,14 | 2,71 | 1,81 | 1,13 |
| 40 | 1,2 | 1,47 | 1,80 | 4,38 | 2,19 | 1,25 |
| 40 | 1,5 | 1,82 | 2,25 | 5,48 | 2,74 | 1,56 |
| 40 | 2,0 | 2,41 | 2,94 | 6,93 | 3,46 | 1,54 |
| 40 | 3,0 | 3,54 | 4,44 | 10,20 | 5,10 | 1,52 |
| 50 | 1,5 | 2,29 | 2,85 | 11,06 | 4,42 | 1,97 |
| 50 | 2,0 | 3,03 | 3,74 | 14,13 | 5,65 | 1,94 |



ÁNGULOS DE LADOS IGUALES

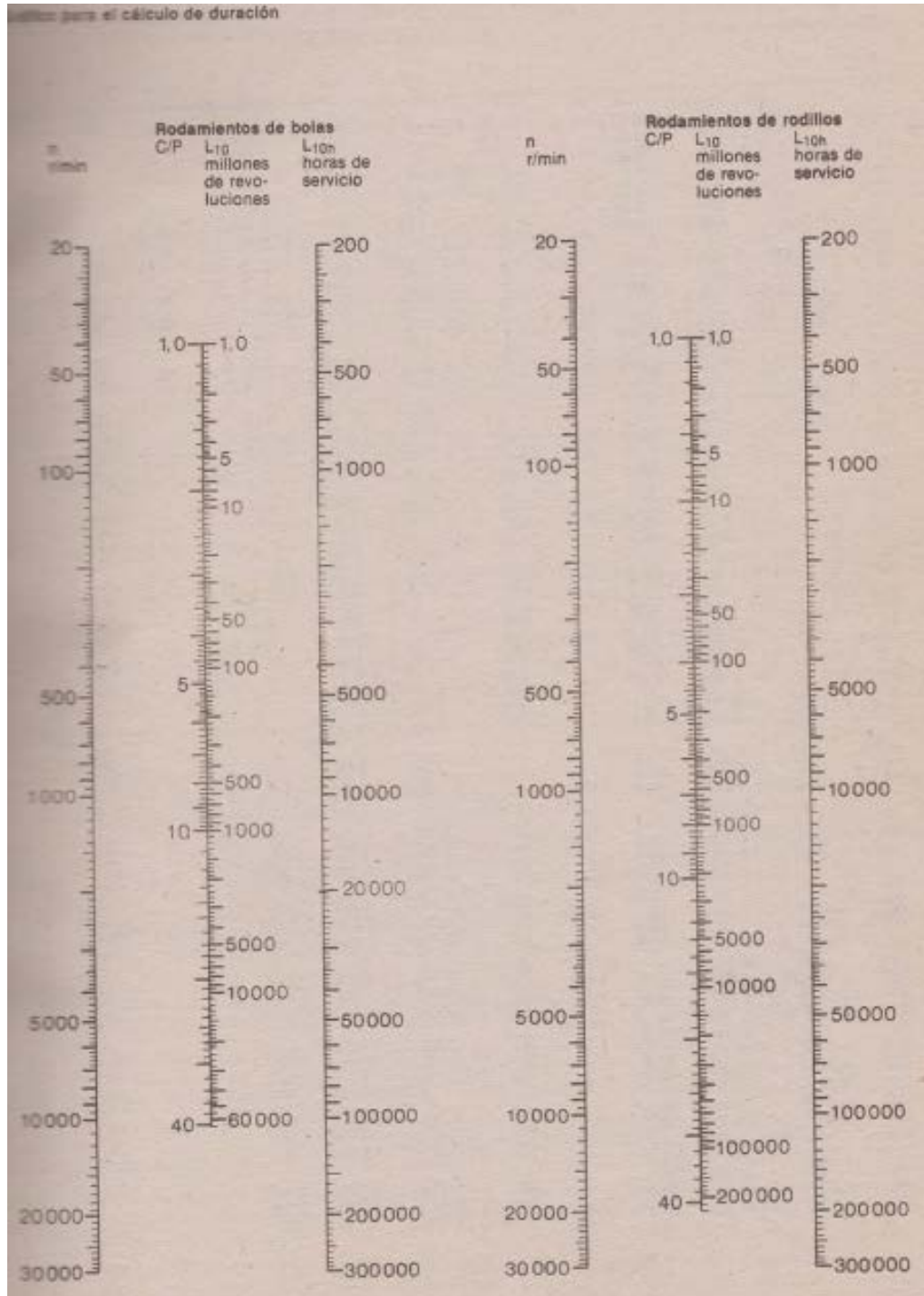
| MEDIDA ESTÁNDAR | | | | PESO | | ÁREA |
|-----------------|--------|------|-------|------|-----------|-----------------|
| pulg | | mm | | kg/m | pza 6.1 m | cm ² |
| 1/8" | 3/4" | 3.18 | 19.05 | 0.88 | 5.368 | 1.11 |
| | 1" | | 25.4 | 1.19 | 7.259 | 1.52 |
| | 1 1/4" | | 31.75 | 1.5 | 9.15 | 1.93 |
| | 1 1/2" | | 38.1 | 1.83 | 11.163 | 2.34 |
| | 1 3/4" | | 44.45 | 2.14 | 13.054 | 2.74 |
| | 2" | | 50.8 | 2.46 | 15.006 | 3.1 |
| 3/16" | 1" | 4.76 | 25.4 | 1.73 | 10.553 | 2.21 |
| | 1 1/4" | | 31.75 | 2.2 | 13.42 | 2.79 |
| | 1 1/2" | | 38.1 | 2.68 | 16.348 | 3.43 |
| | 1 3/4" | | 44.45 | 3.15 | 19.215 | 4.03 |
| | 2" | | 50.8 | 3.63 | 22.143 | 4.61 |
| | 2 1/2" | | 63.5 | 4.61 | 28.121 | 5.81 |
| | 3" | | 76.2 | 5.52 | 33.672 | 7.03 |
| | 3 1/2" | | 88.9 | 6.55 | 39.955 | 8.36 |
| 1/4" | 1" | 6.35 | 25.4 | 2.22 | 13.542 | 2.8 |
| | 1 1/4" | | 31.75 | 2.86 | 17.446 | 3.72 |
| | 1 1/2" | | 38.1 | 3.48 | 21.228 | 4.4 |
| | 1 3/4" | | 44.45 | 4.12 | 25.132 | 5.2 |
| | 2" | | 50.8 | 4.75 | 28.975 | 6.06 |
| | 2 1/2" | | 63.5 | 6.1 | 37.21 | 7.68 |
| | 3" | | 76.2 | 7.29 | 44.469 | 9.29 |
| | 3 1/2" | | 88.9 | 8.63 | 52.643 | 10.9 |
| | 4" | | 101.6 | 9.82 | 59.902 | 12.52 |

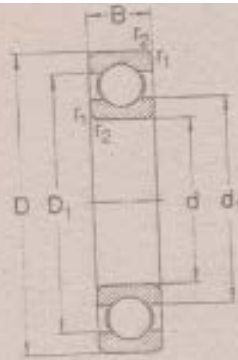


| $l \times l \times e$ (mm) | Peso kg/m | Ml_x cm^4 | W_x cm^3 | Simagaltok 63 EN AW 6063 | Simagaltok 82 EN AW 6082 |
|-------------------------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 15 x 15 x 1,5 | 0,230 | 0,249 | 0,332 | ■ | □ |
| 15 x 15 x 2,0 | 0,295 | 0,300 | 0,400 | ■ | □ |
| 16 x 16 x 1,5 | 0,247 | 0,308 | 0,385 | ■ | □ |
| 20 x 20 x 1,5 | 0,315 | 0,637 | 0,637 | ■ | □ |
| 20 x 20 x 2,0 | 0,408 | 0,787 | 0,787 | ■ | □ |
| 20 x 20 x 2,5 | 0,498 | 0,911 | 0,911 | □ | □ |
| 20 x 20 x 3,0 | 0,578 | 1,013 | 1,013 | ■ | □ |
| 25 x 25 x 1,5 | 0,400 | 1,303 | 1,042 | ■ | □ |
| 25 x 25 x 2,0 | 0,522 | 1,635 | 1,308 | ■ | □ |
| 25 x 25 x 3,0 | 0,748 | 2,169 | 1,735 | ■ | □ |
| 30 x 30 x 1,5 | 0,485 | 2,321 | 1,548 | ■ | □ |
| 30 x 30 x 2,0 | 0,635 | 2,942 | 1,981 | ■ | □ |
| 30 x 30 x 3,0 | 0,919 | 3,985 | 2,657 | ■ | □ |
| 35 x 35 x 1,5 | 0,570 | 3,787 | 2,153 | ■ | □ |
| 35 x 35 x 2,0 | 0,748 | 4,809 | 2,748 | ■ | □ |
| 40 x 40 x 1,5 | 0,655 | 5,715 | 2,858 | ■ | □ |
| 40 x 40 x 2,0 | 0,862 | 7,337 | 3,688 | ■ | □ |

| Anexo A-6 | PROPIEDADES POLIPROPILENO DE ALTA DENSIDAD | Hoja 6 de 9 |
|----------------------------------|---|-------------|
| Estructura Química | El análisis del polietileno (C, 85.7%; H, 14.3%) corresponde a la fórmula empírica (CH ₂) _n resultante de la polimerización por adición del etileno. | |
| Cristalinidad | Es cristalino en más de un 90% | |
| Temperatura de transición vítrea | Tiene 2 valores, a -30 °C y a -80 °C | |
| Punto de fusión | 135 °C Esto le hace resistente al agua en ebullición | |
| Rango de temperaturas de trabajo | Desde -100 °C hasta +120 °C | |
| Propiedades ópticas | Debido a su alta densidad es opaco | |
| Densidad | Inferior a la del agua; valores entre 945 y 960 kg/m ³ | |
| Viscosidad | Elevada. Índice de fluidez menor de 1g/10min, a 190 °C y 16kg de tensión | |
| Flexibilidad | Comparativamente, es más flexible que el polipropileno | |
| Resistencia Química | Excelente frente a ácidos, bases y alcoholes. | |
| Estabilidad Térmica | En ausencia completa de oxígeno, el polietileno es estable hasta 290 °C. Entre 290°C y 350 °C, se descompone y da polímeros de peso molecular más bajo, que son normalmente termoplásticos o ceras, pero se produce poco etileno. A temperaturas superiores a 350 °C, se producen productos gaseosos en cantidad creciente, siendo el producto principal el butileno. | |
| Oxidación del polietileno | En presencia de oxígeno, el polietileno es mucho menos estable. Se produce oxidación y degradación de las moléculas del polímero a 50 °C, y en presencia de la luz se produce una degradación incluso a las temperaturas ordinarias | |

| DIN ISO | Paso | | Ancho interior | Ancho eslabón interior | Rodillo | Bulón | Ancho de malla | Sobre-medida | Ancho sobre remache | Superficie de trabajo | Carga rotura mínima | Peso |
|------------|--------|-----|----------------|------------------------|---------|-------|----------------|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|------|
| | p | | b ₁ | b ₂ | ∅ | ∅ | g | k | a ₁ | f | F _B | q |
| | | | min. | max. | max. | h9 | max. | max. | max. | | min. | ≈ |
| | Nr. | mm | in. | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | cm ² | N |
| 03 | 5 | — | 2,5 | 4,15 | 3,2 | 1,49 | 4,1 | 2,5 | 7,4 | 0,06 | 2 000 | 0,08 |
| 04 | 6 | — | 2,8 | 4,1 | 4,0 | 1,85 | 5,0 | 2,9 | 7,4 | 0,07 | 3 000 | 0,12 |
| 05 B | 8 | — | 3,0 | 4,77 | 5,0 | 2,31 | 7,1 | 3,1 | 8,6 | 0,11 | 4 600 | 0,18 |
| — | 9,525 | 3/8 | 3,3 | 5,45 | 6,0 | 2,78 | 9,0 | 3,1 | 9,6 | 0,15 | 8 000 | 0,26 |
| — | 9,525 | 3/8 | 3,94 | 6,7 | 6,35 | 3,28 | 9,0 | 3,3 | 11,6 | 0,22 | 9 100 | 0,36 |
| 06 B | 9,525 | 3/8 | 5,72 | 8,53 | 6,35 | 3,28 | 8,3 | 3,3 | 13,5 | 0,28 | 9 100 | 0,41 |
| 081 | 12,7 | 1/2 | 3,3 | 5,8 | 7,75 | 3,66 | 9,9 | 1,5 | 10,2 | 0,21 | 8 200 | 0,28 |
| — | 12,7 | 1/2 | 4,88 | 7,2 | 7,75 | 3,66 | 9,9 | 1,5 | 11,2 | 0,28 | 8 200 | 0,33 |
| 082 | 12,7 | 1/2 | 2,38 | 4,6 | 7,75 | 3,66 | 9,9 | — | 8,2 | 0,16 | 10 000 | 0,26 |
| 083 | 12,7 | 1/2 | 4,88 | 7,9 | 7,75 | 4,09 | 10,3 | 1,5 | 12,9 | 0,32 | 12 000 | 0,42 |
| 085 | 12,7 | 1/2 | 6,38 | 9,07 | 7,77 | 3,58 | 9,9 | 2,0 | 14,0 | 0,32 | 6 800 | 0,38 |
| — | 12,7 | 1/2 | 6,4 | 9,78 | 7,75 | 3,97 | 11,5 | 3,9 | 15,4 | 0,38 | 16 000 | 0,50 |
| — | 12,7 | 1/2 | 6,4 | 9,93 | 8,51 | 4,45 | 11,8 | 3,9 | 15,8 | 0,44 | 18 200 | 0,66 |
| 08 B | 12,7 | 1/2 | 7,75 | 11,3 | 8,51 | 4,45 | 11,8 | 3,9 | 17,0 | 0,50 | 18 200 | 0,70 |
| — | 15,875 | 5/8 | 6,48 | 10,08 | 10,16 | 5,08 | 14,7 | 4,1 | 16,4 | 0,51 | 22 700 | 0,78 |





Reborde sin ranuras



Reborde con ranuras

| Dimensiones principales | | | Capacidad de carga | | Límite de velocidad | | Masa | Designación |
|-------------------------|-----|----|--------------------|----------------|---------------------|--------|--------|-------------|
| d | D | B | C | C ₀ | Lubricación con | | kg | - |
| mm | | | N | | r/min | | | |
| 17 | 26 | 5 | 1 680 | 930 | 24 000 | 30 000 | 0,0082 | 61803 |
| | 35 | 8 | 6 050 | 2 800 | 19 000 | 24 000 | 0,032 | 16003 |
| | 35 | 10 | 6 050 | 2 800 | 19 000 | 24 000 | 0,039 | 6003 |
| | 40 | 12 | 9 560 | 4 500 | 17 000 | 20 000 | 0,065 | 6203 |
| | 47 | 14 | 13 500 | 6 550 | 16 000 | 19 000 | 0,12 | 6303 |
| | 62 | 17 | 22 900 | 11 800 | 12 000 | 15 000 | 0,27 | 6403 |
| 20 | 32 | 7 | 2 650 | 1 400 | 19 000 | 24 000 | 0,016 | 61804 |
| | 42 | 8 | 7 020 | 3 400 | 17 000 | 20 000 | 0,050 | 16004 |
| | 42 | 12 | 9 360 | 4 500 | 17 000 | 20 000 | 0,069 | 6004 |
| | 47 | 14 | 12 700 | 6 200 | 15 000 | 18 000 | 0,11 | 6204 |
| | 52 | 15 | 15 900 | 7 800 | 13 000 | 16 000 | 0,14 | 6304 |
| | 72 | 19 | 30 700 | 16 600 | 10 000 | 13 000 | 0,40 | 6404 |
| 25 | 37 | 7 | 3 120 | 1 960 | 17 000 | 20 000 | 0,022 | 61805 |
| | 47 | 8 | 7 610 | 4 000 | 14 000 | 17 000 | 0,060 | 16005 |
| | 47 | 12 | 11 200 | 5 600 | 15 000 | 18 000 | 0,080 | 6005 |
| | 52 | 15 | 14 000 | 6 950 | 12 000 | 15 000 | 0,13 | 6205 |
| | 62 | 17 | 22 500 | 11 400 | 11 000 | 14 000 | 0,23 | 6305 |
| | 80 | 21 | 35 800 | 19 600 | 9 000 | 11 000 | 0,53 | 6405 |
| 30 | 42 | 7 | 3 120 | 2 080 | 15 000 | 18 000 | 0,025 | 61806 |
| | 55 | 9 | 11 200 | 5 850 | 12 000 | 15 000 | 0,085 | 16006 |
| | 55 | 13 | 13 300 | 6 800 | 12 000 | 15 000 | 0,12 | 6006 |
| | 62 | 15 | 19 500 | 10 000 | 10 000 | 13 000 | 0,20 | 6206 |
| | 72 | 19 | 26 100 | 14 600 | 9 000 | 11 000 | 0,35 | 6306 |
| | 90 | 23 | 43 600 | 24 000 | 8 500 | 10 000 | 0,74 | 6406 |
| 35 | 47 | 7 | 4 030 | 3 000 | 13 000 | 16 000 | 0,030 | 61807 |
| | 62 | 9 | 12 400 | 6 950 | 10 000 | 13 000 | 0,11 | 16007 |
| | 62 | 14 | 15 900 | 8 500 | 10 000 | 13 000 | 0,16 | 6007 |
| | 72 | 17 | 25 500 | 13 700 | 9 000 | 11 000 | 0,29 | 6207 |
| | 80 | 21 | 33 200 | 18 000 | 8 500 | 10 000 | 0,46 | 6307 |
| | 100 | 25 | 55 300 | 31 000 | 7 000 | 8 500 | 0,95 | 6407 |

ANEXO B

DATASHEETS

ANEXO C

NORMAS QUALANOD

| ANEXO C-1 | NORMAS QUALANOD | Hoja 1 de 7 |
|---|---|-------------|
| <p>EN 12373-1:2001</p> <p>ISO 7599:2010</p> | <p>Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 1: Método de especificación de las características de los recubrimientos decorativos y protectores obtenidos por oxidación anódica del aluminio.</p> <p>Anodización de aluminio y sus aleaciones. Especificaciones generales para recubrimientos de oxidación anódica sobre aluminio.</p> | |
| <p>EN 12373-2:1998</p> <p>ISO 2106</p> | <p>Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 2: Determinación de la masa por unidad de superficie (densidad superficial) de los recubrimientos anódicos de óxido. Método gravimétrico.</p> <p>Anodizado de aluminio y sus aleaciones. Determinación de la masa por unidad de superficie (densidad superficial) de los recubrimientos anódicos. Método gravimétrico.</p> | |
| <p>EN 12373-3:1998</p> <p>ISO 2128:2010</p> | <p>Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 3: Determinación del espesor de los recubrimientos anódicos de óxido. Método no destructivo del microscopio de corte óptico.</p> <p>Anodizado de aluminio y sus aleaciones. Determinación del espesor de las capas anódicas. Método no destructivo del microscopio de corte óptico.</p> | |

| ANEXO C-1 | | NORMAS QUALANOD | Hoja 3 de 7 |
|-----------------|---------------|--|-------------|
| EN 2360:2003 | ISO | Recubrimientos no conductores sobre materiales base conductores no magnéticos. Medición del espesor. Método por corrientes inducidas sensibles a la variación de amplitud. | |
| | ISO 2135:2010 | Anodización del aluminio y sus aleaciones. Ensayo acelerado de solidez a la luz artificial de las capas anódicas coloreadas. | |
| | ISO 7599:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Directrices para los recubrimientos anódicos de óxido de los productos para construcción. | |
| | ISO 7583:1986 | Anodización del aluminio y sus aleaciones. | |
| EN 9227:2006 | ISO | Ensayo a la corrosión en atmósfera artificial. Ensayo de la cámara salina acética. | |
| EN 9:1998 | 12373- | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 9: Determinación de la resistencia al desgaste y del índice de desgaste de los recubrimientos anódicos de óxido mediante el ensayo de la rueda abrasiva. | |
| | ISO 8251 | Anodizado de aluminio y sus aleaciones. Determinación de la resistencia a la abrasión de los recubrimientos de oxidación anódica. | |
| EN 1463:2003 | ISO | Recubrimientos metálicos y capas de óxido-Medida de espesor-Método de corte micrográfico. | |

OTRAS NORMAS PARA LA ANODIZACIÓN

| | |
|------------------|---|
| NF A91-451:1988 | Aluminio anodizado. Requisitos de los productos de mantenimiento. |
| EN 12373-6:1998 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 6: Evaluación de la calidad del sellado de los recubrimientos anódicos de óxido por medida de la pérdida de nada después de la inmersión en solución fosfocrómica sin tratamiento ácido previo. |
| ISO 3210:2010 | Anodizado del aluminio y sus aleaciones. Evaluación de la calidad del sellado de los recubrimientos anódicos por medición de la pérdida de nada tras inmersión en una solución fosfocrómica. |
| EN 12373-8:1998 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 8: Determinación comparativa de la solidez a la radiación ultravioleta y al calor de los recubrimientos anódicos de óxido coloreados. |
| ISO 6581:2010 | Anodizado del aluminio y sus aleaciones. Determinación comparativa de la solidez ante la radiación ultravioleta y el calor de los recubrimientos anódicos coloreados. |
| EN 12373-10:2002 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 10: Determinación de la resistencia específica media a la abrasión de los recubrimientos anódicos de óxido mediante el ensayo del chorro abrasivo. |
| ISO 8251 | Anodización del aluminio y sus aleaciones. Determinación de la resistencia a la abrasión de los recubrimientos de oxidación anódica. |

| | |
|------------------|--|
| EN 12373-11:2000 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 11: Medida de la reflectancia especular y del brillo especular de los recubrimientos anódicos de óxido con ángulos de 20°, 45°, 60° u 85°. |
| ISO 7668:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Medida de la reflectancia especular y el brillo especular de los recubrimientos anódicos de óxido con ángulos de 20°, 45°, 60° u 85°. |
| EN 12373-12:2000 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 12: Medida de las características de reflectancia de las superficies de aluminio utilizando instrumentos de esfera integradora. |
| ISO 6719:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Medida de las características de reflectancia de las superficies de aluminio utilizando instrumentos de esfera integradora. |
| BS 6161-18:1991 | Métodos de ensayo para recubrimientos anódicos de óxido de aluminio y sus aleaciones. Parte 18: Determinación de la resistencia al desgaste de los recubrimientos. |
| EN 12373-13:2000 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 14: Determinación visual de la calidad de la imagen de recubrimientos anódicos de óxido. Método de las escalas graduadas. |
| ISO 7759:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Determinación visual de la calidad de la imagen de recubrimientos anódicos de óxido. Método de las escalas graduadas. |

| | |
|------------------|--|
| EN 12373-15:2000 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 15: Evaluación de la resistencia de recubrimientos anódicos de óxido al agrietamiento por deformación. |
| ISO 3211:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Evaluación de la resistencia de recubrimientos anódicos de óxido al agrietamiento por deformación. |
| EN 12373-16:2001 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 16: Control de la continuidad de los recubrimientos anódicos de óxido delgados. Ensayo del sulfato de cobre. |
| ISO 2376:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Control de la continuidad de los recubrimientos anódicos de óxido delgados. Ensayo del sulfato de cobre. |
| EN 12373-17:2001 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 17: Control del poder de aislamiento por medida de la tensión de ruptura. |
| ISO 2376:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Control del poder de aislamiento por medida de la tensión de ruptura. |
| EN 12373-18:2001 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 18: Sistema de clasificación de la corrosión por picaduras. Método de las imágenes patrón. |
| ISO 8993:2010 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Sistema de clasificación de la corrosión por picaduras. Método de las imágenes patrón. |

| ANEXO C-1 | NORMAS QUALANOD | Hoja 7 de 7 |
|------------------|---|--------------------|
| EN 12373-19:2001 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Anodización. Parte 19: Sistema de clasificación de la corrosión por picaduras. Método de la rejilla. | |
| ISO 8994 | Aluminio y aleaciones de aluminio. Sistema de clasificación de la corrosión por picaduras. Método de la rejilla. | |

ANEXOD

PLANOS MECÁNICOS

ANEXO E

PLANOS ELÉCTRICOS- ELECTRÓNICOS

ANEXO F

PAPER

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por la Srta. Pamela Marcela Chacha Murillo y el Sr. Ney Raúl Caiza Montatixe, bajo nuestra supervisión.

.....

ING. FREDDY SALAZAR

DIRECTOR DEL PROYECTO

.....

ING. FÉLIX MANJARRÉS

CODIRECTOR DEL PROYECTO

.....

ING. VICENTE HALLO

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

.....

DR. FREDDY JARAMILLO

SECRETARIO ACADÉMICO