

INDICE

MATERIALES

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCION | 9 |
| Materia | 9 |
| <i>Cuerpos simples</i> | 9 |
| <i>Cuerpos compuestos o combinaciones</i> | 9 |
| Estructura del átomo | 9 |
| Enlace de los elementos | 11 |
| <i>Heteropolar (iónico)</i> | 11 |
| <i>Covalente (homopolar)</i> | 11 |
| <i>Enlaces intermoleculares</i> | 11 |
| <i>Enlace metálico</i> | 12 |
| Fases | 12 |
| <i>Sólido</i> | 12 |
| <i>Líquido</i> | 13 |
| <i>Gaseoso</i> | 13 |
| Cambios de estado | 13 |
| <i>Ebullición</i> | 14 |
| <i>Evaporación</i> | 14 |
| Clasificación de los elementos | 14 |
| <i>Metales</i> | 14 |
| <i>Metaloides o no metales</i> | 14 |
| <i>Gases nobles</i> | 15 |
| LOS METALES | 15 |
| Estructura de los metales | 15 |
| <i>Estructura cristalina</i> | 15 |
| <i>Estructura granular</i> | 16 |
| <i>Influencia de la estructura</i> | 16 |
| Curvas de enfriamiento | 16 |
| Metales con cambios alotrópicos | 17 |
| Propiedades de los metales | 17 |

| | |
|----------------------------------|----|
| <i>Físicas</i> | 17 |
| — Extensión | 17 |
| — Impenetrabilidad | 17 |
| — Gravedez | 17 |
| — Calor específico | 17 |
| — Calor latente de fusión | 17 |
| — Conductividad calorífica | 17 |
| — Dilatación | 17 |
| — Conductividad eléctrica | 17 |
| <i>Químicas</i> | 18 |
| — Oxidación | 18 |
| — Corrosión | 18 |
| <i>Tecnológicas</i> | 18 |
| <i>Mecánicas</i> | 18 |
| — Resistencia | 19 |
| — Dureza | 19 |
| — Método Brinell | 19 |
| — Método Rockwell | 20 |
| — Método Vickers | 21 |
| — Elasticidad | 21 |
| — Plasticidad | 21 |
| — Tenacidad | 21 |
| — Fragilidad | 21 |
| — Resiliencia | 21 |
| — Fluencia | 21 |
| — Fatiga | 21 |

ALEACIONES 22

| | |
|---|----|
| Constituyentes | 23 |
| — Granos de metales puros | 23 |
| — Soluciones sólidas por sustitución | 23 |
| — Soluciones sólidas por inserción | 23 |
| — Compuestos químicos | 23 |
| Variaciones de las propiedades de los metales con la aleación de elementos | 24 |
| Curvas de enfriamiento | 24 |
| Diagramas de equilibrio | 24 |
| <i>Ejemplo práctico de un diagrama-tipo</i> | 25 |
| <i>Mezclas eutécticas</i> | 26 |
| <i>Otros diagramas-tipo</i> | 26 |

PRODUCTOS SIDERURGICOS 27

| | |
|--|----|
| Hierro. Propiedades | 28 |
| Obtención | 28 |
| <i>Alto horno</i> | 28 |
| <i>Horno de cubilote</i> | 29 |
| Estructura del hierro | 30 |
| Aleaciones hierro-carbono | 31 |
| <i>Constituyentes</i> | 31 |

- Ferrita..... 31
- Cementita..... 31
- Perlita..... 31
- Austenita 31
- Martensita 32
- Troostita..... 32
- Sorbita..... 33
- Bainita..... 33
- Ledeburita 33
- Steadita 33
- Grafito..... 34

Diagrama de hierro-carbono 34

ACEROS 36

Obtención..... 36

- Afino al crisol..... 36*
- Refusión bajo escoria electroconductora (ESR)..... 36*
- Afino al aire 37*
- Afino sobre solera 38*
- Afino al horno eléctrico 39*

Clasificación según el proceso de fabricación..... 40

Clasificación según su porcentaje de carbono 40

Clasificación según el grado de desoxidación 40

- Aceros efervescentes..... 40*
- Aceros calmados..... 40*

Clasificación según su composición..... 41

- Aceros al carbono 41*
- Aceros aleados..... 41*
- 1. Influencia de elementos que benefician al acero..... 42
- 2. Influencia de elementos que perjudican al acero 42

Clasificación según su aplicación..... 43

Aceros comunes..... 44

Acero Hadfield 44

Estado y forma de suministro 44

- Semielaborados..... 44*
- Acabados..... 45*

Nueva designación de los aceros con cuatro cifras..... 45

- Designación convencional numérica 45*
- Designación convencional simbólica..... 46*
- 1. Aceros por su composición química 46
 - Aceros especiales 46
 - Aceros especiales no aleados 46
 - Aceros especiales aleados con menos del 5% de elementos de aleación..... 46
 - Aceros especiales aleados con más de 5% de elementos de aleación..... 47
 - Aceros no aleados para usos generales..... 47
 - Aceros aleados para usos generales..... 47
- 2. Aceros por su característica de utilización 47
 - Aceros designados por su resistencia a la tracción..... 47
 - Aceros designados por su límite elástico..... 47

- Aceros designados por sus características particulares 47
- 3. Símbolos generales que designan características específicas (todos los tipos de aceros) ... 47

| | |
|--|-----------|
| TRATAMIENTOS | 48 |
| Factores que intervienen en los tratamientos térmicos | 48 |
| <i>Recocido</i> | 49 |
| 1. Tipos de recocido | 49 |
| — Recocido total o de regeneración | 49 |
| — Recocido isotérmico | 49 |
| — Recocido de homogeneización | 49 |
| — Recocido de engrosamiento de grano | 49 |
| — Recocido globular | 49 |
| — Recocido de ablandamiento | 50 |
| — Recocido de estabilización | 50 |
| — Recocido de restauración | 50 |
| — Recocido de recristalización o contra acritud | 50 |
| <i>Temple</i> | 50 |
| 1. Fluidos de temple | 51 |
| — Agua | 51 |
| — Aceite | 51 |
| — Sales o metales fundidos | 51 |
| — Gases | 51 |
| 2. Tipos de temple | 51 |
| — Temple estructural o martensítico | 51 |
| — «Martempering» | 51 |
| — «Austempering» | 52 |
| 3. Denominaciones complementarias | 52 |
| — Según el modo de enfriamiento (severidad de temple) | 52 |
| — Según el modo de calentamiento | 52 |
| — Según la localización | 52 |
| — Según la penetración | 52 |
| <i>Revenido</i> | 52 |
| 1. Fragilidad del revenido | 53 |
| Otros tratamientos térmicos | 53 |
| <i>Normalizado</i> | 53 |
| <i>Envejecimiento</i> | 53 |
| <i>Recocido azul o pavonado</i> | 53 |
| <i>Temple austenítico o hipertemple</i> | 53 |
| <i>Tratamiento subcero</i> | 54 |
| Tratamientos termoquímicos | 54 |
| <i>Cementación</i> | 54 |
| — Cementación sólida o en caja | 54 |
| — Cementación líquida | 55 |
| — Cementación gaseosa | 55 |
| <i>Nitruración</i> | 55 |
| <i>Cianuración</i> | 56 |
| <i>Carbonitruración</i> | 56 |
| <i>Sulfinización</i> | 56 |
| <i>Recarburación</i> | 56 |
| <i>Cromización</i> | 56 |

| | |
|--|----|
| Tratamientos mecánicos | 57 |
| <i>Tratamientos mecánicos en caliente. Forja</i> | 57 |
| <i>Tratamientos mecánicos en frío</i> | 58 |
| — Restauración y recristalización | 58 |
| — Envejecimiento de los aceros | 58 |
| — Tratamientos mecánicos en frío por deformación superficial | 58 |
| Tratamientos termomecánicos. «Ausforming» | 58 |
| Tratamientos superficiales | 59 |
| <i>Cromado duro</i> | 59 |
| <i>Metalización</i> | 59 |
| <i>Implantación iónica</i> | 60 |

CORROSION, OXIDACION. CAUSAS Y PROTECCIONES 60

| | |
|--|----|
| Oxidación | 60 |
| Corrosión | 60 |
| <i>Causas</i> | 61 |
| <i>Tipos de corrosión</i> | 61 |
| — Corrosión uniforme | 61 |
| — Corrosión localizada | 61 |
| — Corrosión intergranular | 62 |
| — Corrosión selectiva | 62 |
| — Corrosión bajo tensiones | 62 |
| — Corrosión-erosión | 62 |
| — Corrosión con fatiga | 62 |
| — Corrosión galvánica | 62 |
| — Corrosión química | 63 |
| Protecciones contra la oxidación y la corrosión | 64 |
| <i>Recubrimientos metálicos</i> | 64 |
| 1. Recubrimientos por electrólisis | 64 |
| — Cobreado | 65 |
| — Niquelado | 65 |
| — Cromado | 65 |
| — Cincado | 65 |
| — Cadmiado | 65 |
| 2. Recubrimientos por inmersión en baño de metal fundido | 65 |
| — Galvanizado | 66 |
| — Estañado | 66 |
| — Aluminizado | 66 |
| — Inmersión en plomo | 66 |
| 3. Recubrimientos por metalización | 66 |
| 4. Recubrimientos por cementación | 66 |
| — Sherardización | 66 |
| — Calorización | 66 |
| — Cromización | 66 |
| — Silicación | 67 |
| 5. Recubrimientos por chapado | 67 |
| <i>Recubrimientos no metálicos</i> | 67 |
| 1. Recubrimientos por fosfatación | 67 |

| | |
|---|-----------|
| 2. Recubrimiento por oxidación superficial | 67 |
| 3. Recubrimiento por esmaltado | 67 |
| 4. Recubrimiento por pinturas | 67 |
| <i>Protección por inhibidores</i> | 67 |
| <i>Protección por pasivadores</i> | 68 |
| <i>Protección catódica</i> | 68 |
| <hr/> | |
| CLASES DE ACEROS | 68 |
| <hr/> | |
| Aceros finos de construcción | 68 |
| <i>Aceros al carbono</i> | 68 |
| <i>Aceros aleados de gran resistencia</i> | 69 |
| <i>Aceros de gran elasticidad</i> | 70 |
| <i>Aceros de cementación</i> | 70 |
| <i>Aceros de nitruración</i> | 71 |
| Aceros finos para usos especiales | 71 |
| <i>Aceros de fácil mecanización</i> | 71 |
| <i>Aceros de fácil soldadura</i> | 72 |
| <i>Aceros de propiedades magnéticas</i> | 72 |
| <i>Aceros de dilatación térmica específica</i> | 72 |
| <i>Aceros resistentes a la fluencia</i> | 73 |
| Aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión | 73 |
| <i>Aceros inoxidables</i> | 73 |
| 1. Aceros ferríticos | 73 |
| 2. Aceros martensíticos | 74 |
| 3. Aceros austeníticos | 74 |
| 4. Aceros refractarios | 75 |
| — Efecto de nitrógeno | 76 |
| — Efecto del hidrógeno | 76 |
| — Efecto del anhídrido carbónico | 76 |
| — Efecto del sulfuro de hidrógeno | 76 |
| — Efecto de los gases de combustión | 76 |
| Aceros para herramientas | 77 |
| <i>Aceros al carbono</i> | 77 |
| <i>Aceros resistentes al desgaste</i> | 78 |
| <i>Aceros para trabajos en caliente</i> | 78 |
| <i>Aceros de corte aleados</i> | 78 |
| <i>Aceros rápidos</i> | 79 |
| 1. Aceros rápidos al tungsteno | 79 |
| 2. Aceros rápidos con cobalto o extrarrápidos | 79 |
| <hr/> | |
| FUNDICIONES | 80 |
| <hr/> | |
| Clasificación según su composición | 80 |
| <i>Fundiciones ordinarias</i> | 81 |
| 1. Fundiciones grises | 81 |
| 2. Fundición blanca | 81 |
| <i>Fundiciones aleadas</i> | 81 |
| <i>Fundiciones especiales</i> | 82 |

| | |
|--|----|
| 1. Fundición maleable | 82 |
| 2. Fundición nodular o de grafito esferoidal | 83 |
| <i>Fundición endurecida o templada</i> | 83 |
| Clasificación según su proceso de elaboración | 84 |
| <i>Fundición de primera fusión</i> | 84 |
| <i>Fundición de segunda fusión</i> | 84 |
| <hr/> | |
| METALES NO FERREOS | 84 |
| <hr/> | |
| Aleaciones ligeras | 84 |
| <i>Metales industriales no férricos</i> | 84 |
| <i>Aleaciones ligeras</i> | 84 |
| 1. Aleaciones para moldeo | 84 |
| 2. Aleaciones para forja | 85 |
| <i>Aluminio</i> | 85 |
| Aleaciones ultraligeras | 86 |
| <i>Magnesio</i> | 86 |
| El cobre y los latones | 86 |
| <i>Cobre</i> | 86 |
| — Por vía seca | 86 |
| — Por vía húmeda | 87 |
| — Arsénico | 87 |
| — Antimonio | 88 |
| — Bismuto | 88 |
| — Plomo | 88 |
| — Silicio | 88 |
| — Fósforo | 88 |
| — Cadmio | 88 |
| — Cromo | 88 |
| — Teluro | 89 |
| <i>Latones</i> | 89 |
| 1. Latones ordinarios | 90 |
| — Latones rojos | 90 |
| — Latones amarillos | 90 |
| — Latones ($\alpha+\beta$) | 90 |
| 2. Latones especiales | 90 |
| — Latones al aluminio | 90 |
| — Latones al hierro (hasta 1% de Fe) | 90 |
| — Latones al plomo (hasta 2% de Pb) | 90 |
| — Latones al manganeso (hasta 5% de Mn) | 90 |
| — Latones al estaño (hasta 10% de Sn) | 90 |
| — Latones al silicio (hasta 1,5% de Si) | 90 |
| — Latones complejos | 90 |
| Bronces | 91 |
| <i>Bronces ordinarios</i> | 91 |
| — Bronce de medallas | 91 |
| — Bronce de cañones | 91 |
| — Bronces fosforosos | 91 |
| — Bronces rojos | 91 |

| | |
|--|----|
| <i>Bronces especiales</i> | 91 |
| — Bronces de aluminio..... | 91 |
| — Bronces de níquel..... | 92 |
| — Bronces de manganeso..... | 92 |
| — Bronces de plomo..... | 92 |
| — Bronces de silicio..... | 92 |
| — Bronces de berilio..... | 92 |
| Plomo, estaño, cinc, níquel y aleaciones antifricción | 92 |
| <i>Plomo</i> | 92 |
| <i>Estaño</i> | 92 |
| <i>Cinc</i> | 92 |
| <i>Níquel</i> | 93 |
| <i>Aleaciones antifricción</i> | 93 |
| — Antifricciones al plomo..... | 93 |
| — Antifricciones al estaño..... | 93 |
| — Antifricciones al cadmio..... | 93 |
| — Antifricciones al cobre..... | 94 |
| — Antifricciones al cinc..... | 94 |
| — Antifricciones al aluminio..... | 94 |
| — Antifricciones a la plata..... | 94 |
| Pulvimetalurgia | 94 |
| <i>Fabricación de polvos</i> | 94 |
| 1. Procedimientos mecánicos..... | 94 |
| 2. Procedimientos físico-químicos..... | 94 |
| <i>Compresión en frío</i> | 95 |
| <i>Sinterizado</i> | 95 |
| <i>Aplicaciones de la pulvimetalurgia</i> | 95 |
| <i>Metales duros</i> | 95 |
| <i>Características de empleo</i> | 96 |

MATERIALES NO METALICOS 97

| | |
|---|----|
| Lubricantes | 97 |
| <i>Características de los lubricantes</i> | 97 |
| 1. Características fundamentales..... | 97 |
| — Viscosidad..... | 97 |
| — Untuosidad..... | 98 |
| — Punto de inflamación..... | 98 |
| — Punto de combustión..... | 98 |
| — Porcentaje de coquización..... | 98 |
| — Punto de congelación..... | 98 |
| — Punto de descongelación..... | 98 |
| 2. Características secundarias..... | 98 |
| — Poder anticorrosivo..... | 98 |
| — Poder antioxidante..... | 98 |
| — Poder antiespumante..... | 99 |
| — Poder detergente..... | 99 |
| — Poder lubricante a elevadas presiones..... | 99 |
| <i>Clasificación</i> | 99 |
| <i>Lubricantes sólidos</i> | 99 |
| <i>Lubricantes pastosos</i> | 99 |

| | |
|--|------------|
| — Grasas cálcicas..... | 99 |
| — Grasas sódicas..... | 99 |
| — Grasas al aluminio..... | 99 |
| — Grasas al litio..... | 99 |
| — Grasas al bario..... | 99 |
| Lubricantes líquidos..... | 99 |
| — Aceites minerales..... | 99 |
| — Aceites de origen vegetal y animal..... | 99 |
| — Aceites compuestos..... | 101 |
| — Aceites sintéticos..... | 101 |
| Selección de lubricantes..... | 101 |
| <i>Lubricantes para cojinetes a fricción.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Lubricantes para rodamientos.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Lubricantes para engranajes.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Fluidos para mandos hidráulicos.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Lubricantes para automóviles.....</i> | <i>102</i> |
| Aceites para motores..... | 102 |
| — Aceite Regular (normal o ML)..... | 102 |
| — Aceite Premium (de primera o MM)..... | 102 |
| — Aceite Heavy Duty (detergente, HD o servicio pesado MS)..... | 102 |
| Aceites para las cajas de cambio y el diferencial..... | 102 |
| Grasas para lubricación de elementos del chasis..... | 102 |
| <i>Fluidos de corte.....</i> | <i>103</i> |
| — Aceites puros..... | 103 |
| — Aceites solubles o taladrinas..... | 103 |
| — Fluidos de corte sintético..... | 103 |

METROLOGIA

| | |
|--|------------|
| CONCEPTOS Y DEFINICIONES BASICAS..... | 104 |
| Cálculos geométricos..... | 105 |
| Planos..... | 106 |
| Tablas de fórmulas de cálculo de superficies y volúmenes geométricos..... | 107 |
| INSTRUMENTACION..... | 115 |
| El metro..... | 115 |
| La escuadra..... | 115 |
| Calibre o pie de rey..... | 117 |
| <i>Aplicaciones de los calibres.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Calibres especiales.....</i> | <i>121</i> |
| Micrómetros..... | 122 |
| Variantes del micrómetro..... | 123 |
| <i>Sonda micrométrica o micrómetro de profundidad.....</i> | <i>123</i> |
| <i>Micrómetro con contacto expansible.....</i> | <i>124</i> |
| <i>Micrómetro de patas.....</i> | <i>125</i> |
| <i>Micrómetro para interiores.....</i> | <i>125</i> |
| Transportador de ángulos o goniómetro..... | 126 |

| | |
|--|-----|
| Mesa de senos..... | 129 |
| Galgas o calas patrón..... | 130 |
| Calibres fijos | 131 |
| <i>Calibres fijos para ejes</i> | 131 |
| 1. Calibre diferencial de herradura..... | 132 |
| 2. Calibre regulable para ejes..... | 132 |
| <i>Calibres fijos para agujeros</i> | 132 |
| 1. Calibres de tampón..... | 133 |
| <i>Calibres para roscas</i> | 133 |
| El comparador | 133 |
| <i>Las partes principales de un comparador</i> | 134 |
| <i>Alexómetro o comparador para interiores</i> | 137 |
| Mármoles | 138 |
| Comparador neumático | 138 |
| Comparador electrónico | 141 |

MAQUINAS DE VERIFICACION TRIDIMENSIONAL 142

| | |
|---|-----|
| Proyectores | 144 |
| — Proyección diascópica..... | 144 |
| — Proyección episcópica..... | 144 |
| La rugosidad y el rugosímetro | 145 |
| — Superficie ideal..... | 145 |
| — Superficie real..... | 145 |
| — Superficie medida..... | 145 |
| — Superficie técnica..... | 145 |
| — Irregularidad microgeométrica..... | 146 |
| — Irregularidad macrogeométrica u ondulación..... | 146 |
| El rugosímetro | 147 |
| Durezas y durómetro | 148 |
| <i>Determinación de la dureza Shore</i> | 149 |
| <i>Dureza Vickers</i> | 150 |
| <i>Dureza Rockwell</i> | 151 |
| <i>Dureza Brinell</i> | 153 |

TOLERANCIAS 153

| | |
|-----------------------------|-----|
| — Diferencia superior..... | 154 |
| — Diferencia inferior..... | 154 |
| — Ajuste o encaje..... | 154 |
| — Juego J..... | 154 |
| — Juego máximo..... | 154 |
| — Juego mínimo..... | 154 |
| — Interferencia I..... | 154 |
| — Interferencia máxima..... | 154 |
| — Interferencia mínima..... | 154 |
| Normalización | 154 |
| Definiciones | 155 |
| — Encaje móvil..... | 155 |
| — Encaje estable..... | 155 |

| | |
|---|------------|
| — Encaje indeterminado..... | 155 |
| — Sistema de encajes | 155 |
| — Sistema de encajes de agujero-base..... | 155 |
| — El sistema de encajes de eje-base | 155 |
| Ajustes | 155 |

SOLDADURA

| | |
|--|------------|
| INTRODUCCION | 156 |
| Reglas básicas de seguridad para soldadores | 156 |
| SOLDADURA AUTOGENA U OXIACETILENICA | 157 |
| Generalidades..... | 157 |
| El equipo..... | 157 |
| <i>Las botellas y los gases combustibles</i> | <i>158</i> |
| El acetileno | 158 |
| El oxígeno | 158 |
| Gas acetileno | 159 |
| Gas oxígeno..... | 161 |
| <i>Manorreductores.....</i> | <i>163</i> |
| Funcionamiento de los manorreductores..... | 165 |
| Instrucciones para la utilización de los manorreductores | 166 |
| <i>El soplete</i> | <i>166</i> |
| Potencia del soplete | 168 |
| Mantenimiento de los sopletes | 169 |
| La llama | 170 |
| <i>Clases de llamas y su empleo.....</i> | <i>170</i> |
| Llama neutra | 170 |
| Llama oxidante | 171 |
| Llama carburante | 171 |
| Llama dura..... | 171 |
| Llama blanda | 171 |
| <i>Temperatura y partes de la llama.....</i> | <i>171</i> |
| <i>Graduación de la llama (dardo).....</i> | <i>172</i> |
| Material de aportación | 173 |
| Preparación de los materiales a soldar..... | 174 |
| — Chapa fina..... | 174 |
| — Chapa gruesa..... | 174 |
| Realización de la soldadura | 175 |
| Soplete, elemento de corte | 176 |
| Averías..... | 177 |
| <i>Obstrucción de la boquilla.....</i> | <i>177</i> |
| <i>Calentamiento excesivo de la boquilla.....</i> | <i>178</i> |
| <i>Rotura del manorreductor o del tubo flexible.....</i> | <i>178</i> |
| <i>Encendido de una fuga en la conducción de gas.....</i> | <i>178</i> |

| | |
|---|------------|
| SOLDADURA ELECTRICA (ARCO ELECTRICO) | 179 |
| Introducción | 179 |
| El equipo | 180 |
| Regulación del aparato | 181 |
| Tasa de utilización | 181 |
| Tensión de vacío | 181 |
| Potencia real | 181 |
| Graduar la intensidad..... | 182 |
| <i>La pinza y el portaelectrodo</i> | 183 |
| <i>Los cables eléctricos</i> | 183 |
| <i>La piqueta y el cepillo</i> | 183 |
| Elementos de protección | 184 |
| Los electrodos | 185 |
| <i>Electrodos revestidos</i> | 185 |
| Estabilizan el arco eléctrico..... | 186 |
| Forman una pantalla gaseosa que protege los metales fundidos | 186 |
| Sirven como medio para efectuar depósitos metálicos | 186 |
| Permiten la ejecución de soldaduras en posición | 186 |
| Forman una escoria que purifica el metal..... | 186 |
| <i>Efectos de la humedad</i> | 187 |
| <i>Defectos que se producen en la soldadura eléctrica con electrodo</i> | 188 |
| Defectos del cordón de soldadura..... | 188 |
| — Presentación..... | 188 |
| — Empalmes..... | 188 |
| — Remates..... | 188 |
| — Mordeduras o entalladuras | 188 |
| — Falta de penetración | 188 |
| — Falta de adherencia | 188 |
| — Porosidad | 188 |
| — Inclusiones de escoria | 188 |
| — Grietas o fisuras..... | 188 |
| <i>Fabricación de los electrodos</i> | 190 |
| Pesado de los elementos del revestimiento..... | 190 |
| Mezclado..... | 190 |
| Amasado..... | 191 |
| Formación de tochos o briquetas | 191 |
| Prensado | 191 |
| Secado | 191 |
| Empaquetado | 191 |
| Preparación del material | 192 |
| Realización de la soldadura | 193 |
| <i>Ensayos de soldadura</i> | 193 |
| Cebado del arco..... | 193 |
| Proyecciones..... | 193 |
| Viseras | 193 |
| Interrupciones del arco | 193 |
| Calentamiento del electrodo | 193 |
| Comportamiento de la escoria | 193 |
| Eliminación de la escoria | 193 |

| | |
|--|-----|
| Aspecto del cordón | 193 |
| Porosidad en el cordón | 193 |
| Fisuración del cordón | 194 |
| Encendido del arco | 194 |
| <i>Prácticas de soldadura</i> | 194 |
| <i>Regulación de la intensidad</i> | 194 |
| <i>Cebado del electrodo</i> | 195 |
| — Electrodo nuevo | 195 |
| — Electrodo usado..... | 196 |
| — Electrodo cebado..... | 196 |
| <i>Altura del arco</i> | 196 |
| <i>Movimientos y posición del electrodo</i> | 196 |
| Plano horizontal..... | 196 |
| Angulo | 197 |
| Vértice descendente..... | 197 |
| Vertical ascendente | 197 |
| Vertical inclinada | 198 |
| Cornisa | 198 |
| Techo | 198 |
| <i>Cordones de soldaduras eléctricas</i> | 198 |
| Soldadura a tope en posición plano horizontal | 198 |
| Soldadura de chapas chaflanadas en posición plano horizontal | 200 |
| — Pasada estrecha | 200 |
| — Pasada ancha | 200 |
| — Chaflán en «X» | 201 |
| Soldadura en ángulo en posición plano | 201 |
| Soldadura de chapas chaflanadas en posición vertical | 202 |
| — Descendente | 202 |
| — Ascendente..... | 202 |
| — Cornisa..... | 203 |
| — Techo | 204 |
| <i>Deformaciones y tensiones originadas por el calor</i> | 205 |
| Dilataciones..... | 205 |
| Contracciones | 205 |
| — Contracción longitudinal | 205 |
| — Contracción transversal | 205 |
| — Contracción angular | 205 |
| Tensiones internas | 205 |
| — Tipo de material a soldar | 205 |
| — Volumen de metal depositado | 206 |
| — Intensidad de corriente | 206 |
| — Diámetro de los electrodos..... | 206 |
| — Tipo de electrodo | 206 |
| — Número de pasadas..... | 206 |
| — Velocidad de avance del electrodo..... | 206 |
| — Distribución del calor..... | 206 |
| — Rigidez de las piezas soldadas..... | 206 |
| <i>Deformaciones originadas por contracciones</i> | 207 |
| Contracción longitudinal en la soldadura de una pletina..... | 207 |
| Contracción longitudinal en soldaduras en ángulo..... | 207 |

| | |
|--|-----|
| Contracción transversal en uniones a tope | 207 |
| Contracción angular..... | 208 |
| <i>Forma de reducir las tensiones internas en la soldadura eléctrica</i> | 208 |
| Aplicaciones | 208 |

OTROS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA 209

| | |
|---|-----|
| Soldadura por arco sumergido con alambre | 209 |
| — Los polvos neutros..... | 210 |
| — Polvo activo | 210 |
| Soldadura por arco en atmósferas inertes y activas | 212 |
| <i>Soldadura TIG</i> | 212 |
| <i>Soldaduras MIG y MAG</i> | 213 |
| Soldadura por plasma | 215 |
| <i>Soldadura bajo escoria electroconductora</i> | 217 |
| Oxicorte | 219 |
| Soldadura eléctrica por resistencia | 221 |
| Soldadura por puntos | 222 |
| Soldadura por roldanas | 225 |
| — Soldadura por puntos | 225 |
| — Soldadura de costura | 226 |
| — Soldadura por puntos estructurales | 226 |
| — Soldadura por roldana y mandril | 226 |
| — Soldadura por aplastamiento | 226 |
| — Soldadura con electrodo continuo de alambre de cobre..... | 226 |
| — Soldadura con metal de aportación | 226 |
| <i>Soldadura por protuberancias</i> | 226 |
| <i>Soldadura a tope por resistencias</i> | 227 |
| — Soldadura a tope por resistencia propiamente dicha..... | 228 |
| — Soldadura a tope por chispa | 228 |
| <i>Metalización</i> | 229 |

SISTEMAS ACTUALES DE SOLDADURA 230

| | |
|--|-----|
| Soldadura por haz de electrones | 230 |
| Soldadura por láser | 231 |
| Soldadura por explosión | 232 |
| Soldadura por fricción | 233 |
| Soldadura por ultrasonido | 234 |

INDICE

NEUMATICA

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION A LA NEUMATICA | 9 |
| Ventajas del aire comprimido | 9 |
| Inconvenientes del aire comprimido | 9 |
| FUNDAMENTOS FISICOS DEL AIRE | 9 |
| Aire | 9 |
| <i>Composición volumétrica</i> | 9 |
| <i>Peso específico</i> | 10 |
| <i>Volumen específico</i> | 10 |
| PRESION, CAUDAL Y TEMPERATURA | 10 |
| Presión | 10 |
| <i>Principio de Pascal</i> | 10 |
| <i>Experimento de Torricelli</i> | 11 |
| <i>Atmósfera</i> | 11 |
| <i>Presión absoluta y relativa</i> | 11 |
| Caudal | 12 |
| Calor y temperatura | 13 |
| <i>Calor</i> | 13 |
| <i>Temperatura</i> | 13 |
| CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS GASES | 14 |
| Ley de Boyle-Mariotte | 14 |
| Ley de Gay-Lussac | 14 |
| Unidades de medida | 16 |
| <i>Unidades de presión</i> | 16 |
| <i>Unidades de caudal</i> | 16 |
| <i>Escalas termométricas</i> | 16 |

| | |
|---|-----------|
| PRODUCCION DEL AIRE COMPRIMIDO | 17 |
| Compresores | 17 |
| Depósito del compresor | 18 |
| Ventajas | 19 |
| Tratamiento del aire comprimido | 19 |
| Inconvenientes que provocan estas impurezas | 19 |
| <i>Sólidas</i> | 19 |
| <i>Líquidas y gaseosas</i> | 20 |
| Acondicionamiento del aire comprimido | 20 |
| FILTRADO DEL AITRE COMPRIMIDO | 20 |
| Filtros de aire comprimido | 20 |
| Purgas de aire comprimido | 21 |
| Purga manual | 22 |
| Purga semiautomática | 22 |
| Purgas automáticas | 22 |
| <i>Características de los filtros</i> | 23 |
| Simbología | 23 |
| REGULACION DE LA PRESION | 23 |
| Reguladores de presión. Características | 23 |
| Reguladores de dos y tres vías | 24 |
| Reguladores de dos vías | 24 |
| Reguladores de tres vías | 25 |
| Simbología | 25 |
| MEDIDORES DE PRESION | 25 |
| Manómetro de Bourdon | 25 |
| LUBRICACION DEL AIRE COMPRIMIDO | 26 |
| Lubricadores de aire comprimido | 27 |
| Procesos de lubricación | 27 |
| FILTRADO, REGULACION Y LUBRICACION | 29 |
| Simbología | 30 |
| CANALIZACION DE INSTALACIONES | 30 |
| Tuberías de nailon | 30 |
| Tuberías de cobre | 30 |
| Conexión de tuberías flexibles | 30 |
| Procedimientos por bicono | 32 |
| Enchufes rápidos | 34 |
| Funcionamiento | 34 |

| | |
|---|-----------|
| ACTUADORES NEUMATICOS | 34 |
| Cilindros de simple efecto | 34 |
| Simbología | 35 |
| Cilindros de doble efecto | 36 |
| Simbología | 38 |
| Fuerza en los cilindros de simple efecto | 38 |
| Fuerza en los cilindros de doble efecto | 39 |
| JUNTAS EN LOS CILINDROS | 40 |
| Juntas de culata | 40 |
| <i>Cierre por junta tórica</i> | 40 |
| Cierre por junta plana | 41 |
| Cierre por junta tórica y chaflán | 41 |
| Juntas para émbolo | 41 |
| Hermeticidad por juntas de vaso | 42 |
| Juntas para la amortiguación | 42 |
| <i>Frenado por junta montada en la culata</i> | 42 |
| <i>Frenado por junta montada en el émbolo</i> | 42 |
| VALVULAS NEUMATICAS | 43 |
| <i>Generalidades</i> | 43 |
| <i>Válvulas distribuidoras</i> | 44 |
| <i>Representación esquemática</i> | 44 |
| Válvulas de dos vías/Dos posiciones (2v/2p) | 44 |
| <i>Simbología</i> | 44 |
| <i>Accionamiento de las válvulas</i> | 45 |
| Válvulas distribuidoras de tres vías/Dos posiciones (3v/2p) | 46 |
| <i>Forma de trabajo</i> | 46 |
| <i>Simbología</i> | 47 |
| <i>Aplicación de válvula de tres vías/dos posiciones (3v/2p)</i> | 47 |
| Válvulas distribuidoras de cinco vías/Dos posiciones | 48 |
| <i>Accionamiento a distancia</i> | 49 |
| <i>Accionamiento neumático</i> | 49 |
| <i>Accionamiento a impulsos opuestos</i> | 50 |
| <i>Válvulas de piloto diferencial</i> | 51 |
| Pilotajes por depresión | 51 |
| <i>Símbolos de accionamiento neumático</i> | 51 |
| Cierre de válvulas | 51 |
| <i>Cierre por asiento</i> | 52 |
| <i>Esfuerzos para el accionamiento</i> | 55 |
| <i>Cierres por asiento sin interacción con el escape</i> | 55 |
| Averías neumáticas corrientes | 56 |
| CIRCUITOS NEUMATICOS | 56 |
| Mando de cilindros de simple efecto | 56 |
| <i>Accionamiento de un cilindro de simple efecto mediante una válvula de mando manual</i> | 56 |

| | |
|--|----------|
| <i>Accionamiento de un cilindro de simple efecto pulsando dos válvulas</i> | 57 |
| <i>Mando indirecto de un cilindro de simple efecto</i> | 57 |
| <i>Mando de un cilindro desde dos puntos diferentes</i> | 57 |
| Válvulas selectoras de circuito | 58 |
| Mando de cilindros de doble efecto | 59 |
| <i>Mando indirecto de un cilindro de doble efecto</i> | 59 |
| <i>Accionamiento de un cilindro de doble efecto con distribuidor diferencial</i> | 59 |
| <i>Mando de un cilindro de doble efecto desde puntos diferentes</i> | 59 |
| Válvulas de bloqueo | 60 |
| <i>Obturación por cono</i> | 60 |
| <i>Simbología CETOP</i> | 60 |
| <i>Aplicación</i> | 60 |
| Gobierno de la velocidad de desplazamiento de los cilindros | 61 |
| <i>Válvula de descarga rápida</i> | 61 |
| <i>Conexionado y símbolo CETOP</i> | 61 |
| <i>Aplicaciones</i> | 62 |
| <i>Silenciadores de escape</i> | 63 |
| Reducción de la velocidad | 63 |
| <i>Reguladores de caudal</i> | 64 |
| <i>Control de la velocidad</i> | 64 |
| Accionamientos mecánicos | 65 |
| <i>Pulsador mecánico (leva)</i> | 67 |
| <i>Accionamiento por muelle</i> | 67 |
| <i>Accionamiento por rodillo</i> | 67 |
| <i>Accionamiento a rodillo escamoteable o abatible</i> | 68 |
| <i>Control de un cilindro de doble efecto con movimiento automático</i> | 68 |
| <i>Mando manual de emergencia aplicado a un circuito automático</i> | 69 |
| Accionamientos sensibles | 70 |
| <i>Válvulas retardadoras</i> | 71 |
| <i>Válvulas temporizadoras neumáticas</i> | 71 |
| <i>Temporizador con válvula diferencial</i> | 72 |
| <i>Válvula de secuencia</i> | 74 |
| <i>Aplicaciones típicas</i> | 74 |
| <i>Válvulas de simultaneidad</i> | 75 |
| <hr/> REDES DE AIRE COMPRIMIDO | <hr/> 76 |
| <i>Disposición de las conducciones</i> | 76 |
| Redes de aire comprimido | 78 |
| <i>Línea principal</i> | 78 |
| <i>Circuito abierto</i> | 78 |
| <i>Circuito cerrado</i> | 78 |
| <i>Líneas secundarias</i> | 79 |
| <i>Material de las tuberías</i> | 79 |
| <i>Velocidad del aire</i> | 80 |
| <i>Fugas de aire</i> | 80 |
| <i>Consideraciones sobre redes de aire comprimido</i> | 81 |
| <hr/> CILINDROS ESPECIALES | <hr/> 82 |
| Cilindros neumáticos de tres posiciones | 82 |

| | |
|---|------------|
| Cilindros neumáticos integradores | 83 |
| Cilindros de émbolos opuestos | 84 |
| Cilindros de doble vástago | 85 |
| Cilindros de impacto | 86 |
| Cilindro de giro | 87 |
| Cilindros sin vástago..... | 87 |
| <hr/> | |
| SISTEMAS OLEONEUMATICOS | 88 |
| <hr/> | |
| Convertidores de presión..... | 89 |
| Posicionamiento de cilindros en puntos intermedios de su carrera..... | 89 |
| Aplicación de un convertidor para control de la velocidad de avance | 90 |
| Sincronización de movimientos en cilindros | 91 |
| Multiplicadores de presión | 91 |
| Unidades de avance..... | 93 |
| Aceites..... | 93 |
| <hr/> | |
| CICLOS DE TRABAJO | 93 |
| <hr/> | |
| Señales binarias | 94 |
| Señales «O» | 95 |
| Señales «Y» | 95 |
| <i>Funciones «Y» (serie)</i> | 95 |
| <hr/> | |
| CIRCUITOS SECUENCIALES | 96 |
| <hr/> | |
| Desarrollo por orden cronológico | 96 |
| <i>Mediante tablas</i> | 96 |
| <hr/> | |
| REPRESENTACION GRAFICA DE CILOS DE TRABAJO | 97 |
| <hr/> | |
| Diagrama de movimientos..... | 97 |
| Diagrama espacio-fase..... | 97 |
| Diagrama espacio-tiempo..... | 97 |
| Ejemplos de aplicación | 97 |
| Diagrama de mando | 98 |
| Diagrama funcional | 100 |
| <hr/> | |
| CIRCUITOS EN CASCADA | 100 |
| <hr/> | |
| Métodos a seguir | 101 |
| <hr/> | |
| METODO | 103 |
| <hr/> | |
| Circuitos en cascada con tres grupos | 104 |
| Circuitos en cascada con movimiento simultáneo de varios cilindros..... | 105 |
| Circuitos en cascada que repiten movimientos dentro de la secuencia | 105 |
| Circuitos en cascada con cilindros de simple efecto | 106 |

OLEOHIDRAULICA

| | |
|--|------------|
| FUNDAMENTOS OLEOHIDRAULICOS | 107 |
| Introducción | 107 |
| PRINCIPIOS Y LEYES FUNDAMENTALES DE LA HIDRAULICA | 107 |
| <i>Fuerza hidráulica</i> | 108 |
| <i>Caudal</i> | 109 |
| <i>Ley de la continuidad</i> | 110 |
| <i>Teorema de Bernouille</i> | 110 |
| Energía de presión (Ep) | 110 |
| Energía cinética (Ec) | 110 |
| APLICACIONES DE LA LEY DE LA CONTINUIDAD Y DEL TEOREMA DE BERNOILLE | 110 |
| CAIDA DE PRESION O PERDIDA DE CARGA | 111 |
| Golpe de ariete | 112 |
| REGIMEN LAMINAR Y TURBULENTO, NUMERO DE REYNOLDS | 112 |
| <i>El rendimiento</i> | 113 |
| <i>Ventajas e inconvenientes de la energía hidráulica</i> | 113 |
| Ventajas | 113 |
| Inconvenientes | 113 |
| Aplicaciones industriales de la hidráulica | 113 |
| <i>Comparación de las técnicas de transmisión de energía (neumática, hidráulica, eléctrica y mecánica)</i> | 114 |
| Facilidad de transmisión | 114 |
| Facilidad de amplificación de fuerzas | 114 |
| Facilidad de regulación | 114 |
| Dificultad de mantenimiento | 114 |
| FLUIDOS HIDRAULICOS | 114 |
| Aceites hidráulicos: características técnicas | 115 |
| <i>Peso específico</i> | 115 |
| <i>Punto mínimo de congelación o fluidez</i> | 115 |
| <i>Punto de inflamación</i> | 115 |
| <i>Viscosidad</i> | 115 |
| <i>Viscosímetro Engler</i> | 116 |
| <i>Indice de viscosidad</i> | 116 |
| <i>Resistencia contra la oxidación y corrosión</i> | 117 |
| <i>Acidez</i> | 117 |
| <i>Resistencia a formación de espuma</i> | 117 |
| <i>Poder desemulsionante elevado</i> | 117 |
| <i>Punto de anilina</i> | 117 |

| | |
|---|------------|
| <i>Duración de un aceite hidráulico en servicio</i> | 117 |
| <i>Cuidados a tener en cuenta para llenar los circuitos hidráulicos</i> | 117 |
| <i>Consideraciones importantes</i> | 117 |
| <i>Almacenamientos de aceites hidráulicos</i> | 117 |
| <i>Limpieza de los circuitos hidráulicos</i> | 117 |
| Duración media de los aceites hidráulicos en función de las condiciones de trabajo y temperatura de servicio | 118 |
| Líquidos hidráulicos especiales | 118 |
| <i>Líquidos resistentes al fuego</i> | 118 |
| Equivalencias en viscosidades | 119 |
| Equivalencia de aceites hidráulicos | 119 |
| Datos generales sobre fluidos hidráulicos | 120 |
| Compatibilidad de las juntas y conexiones flexibles con los diferentes fluidos hidráulicos | 121 |
| Representación simbólica de elementos y mecanismos hidráulicos | 121 |
| <i>Símbolos básicos y funcionales</i> | 122 |
| Válvulas hidráulicas | 122 |
| <hr/> | |
| VALVULAS HIDRAULICAS | 132 |
| Introducción | 132 |
| <i>Tipos de válvulas</i> | 132 |
| Válvulas distribuidoras..... | 132 |
| Válvulas reguladoras de presión..... | 132 |
| Válvulas reguladoras de caudal..... | 132 |
| Válvulas de cierre o bloqueo | 132 |
| Datos que nos determinan el funcionamiento y calidad de las válvulas | 132 |
| Datos que nos definen a una válvula y que debe facilitar el fabricante | 132 |
| Válvulas reguladoras de presión | 133 |
| <i>Válvula de seguridad</i> | 133 |
| <i>Válvulas de alivio (seguridad de tres vías)</i> | 133 |
| <i>Válvulas limitadoras</i> | 134 |
| <i>Válvulas reductoras de presión</i> | 136 |
| <i>Válvulas de secuencia</i> | 137 |
| <i>Válvula de carga y descarga de acumuladores</i> | 137 |
| <i>Válvula para grupos de bombas doble de alta y baja</i> | 138 |
| <i>Válvulas reguladoras de caudal</i> | 138 |
| Restrictores, estranguladores o reguladores de caudal no compensados | 139 |
| Reguladores de caudal compensados..... | 140 |
| <i>Regulador de caudal variable de tres vías o en derivación</i> | 140 |
| <i>Circuito controlado a la entrada</i> | 141 |
| <i>Circuito controlado a la salida</i> | 141 |
| <i>Circuito por sustracción, sangrado o diferencial</i> | 142 |
| Reguladores | 142 |
| <i>Reguladores de caudal de tres vías</i> | 142 |
| <i>Divisores de caudal</i> | 143 |
| Válvulas | 143 |
| <i>Válvulas de cierre o direccionales</i> | 143 |
| <i>Válvulas antirretorno en línea</i> | 143 |
| <i>Válvulas antirretorno pilotadas</i> | 143 |

| | |
|---|-----|
| <i>Válvula doble antirretorno pilotada</i> | 144 |
| <i>Válvula de prellenado</i> | 144 |
| <i>Distribuidores o controladores direccionales</i> | 145 |
| <i>Válvulas de carrete (pistón) giratorio</i> | 146 |
| <i>Válvulas distribuidoras (distribuidores)</i> | 146 |
| <i>Válvulas de asiento</i> | 147 |
| <i>Distribuidores agrícolas de obras públicas</i> | 148 |
| <i>Válvulas o distribuidores accionados eléctricamente</i> | 149 |
| Sistema modular en montajes hidráulicos | 149 |
| <i>Válvulas montadas en placa base común</i> | 149 |
| <i>Montaje sobre colector</i> | 150 |
| <i>Montaje totalmente modular</i> | 151 |
| Diámetros de paso y sistemas de acometida | 151 |
| Materiales y tolerancias para la fabricación de válvulas | 152 |

FILTROS 152

| | |
|--|-----|
| Grado de filtración | 152 |
| <i>Factores que influyen en la filtración</i> | 153 |
| <i>Eficacia y superficie filtrante</i> | 154 |
| <i>Datos técnicos de los filtros</i> | 154 |
| Filtros..... | 154 |
| <i>Filtro ambiente</i> | 155 |
| <i>Filtros de superficie</i> | 155 |
| <i>Sistemas de filtración</i> | 157 |
| De paso total..... | 157 |
| Tamiz de llenado de depósito (cartucho)..... | 157 |
| Cartuchos filtrantes, filtros de aspiración o coladores..... | 157 |
| Filtros de retorno..... | 158 |
| Filtros de presión..... | 158 |
| Filtros motorizados..... | 158 |
| Grupos de trasiego | 159 |
| Consideraciones finales sobre los filtros | 159 |

BOMBAS HIDRAULICAS 159

| | |
|--|-----|
| Funcionamiento | 159 |
| Características de las bombas hidráulicas | 160 |
| <i>Caudal</i> | 160 |
| <i>Presión</i> | 160 |
| <i>Velocidad de giro</i> | 160 |
| <i>Tipos de bombas</i> | 160 |
| Bombas de engranajes | 161 |
| <i>Bombas de engranaje externo</i> | 161 |
| <i>Bombas de engranaje interno</i> | 162 |
| <i>Bomba de rotor</i> | 162 |
| Bombas de paletas | 162 |
| <i>Bomba de paletas equilibradas</i> | 163 |
| <i>Bombas de paletas sin equilibrar</i> | 163 |

| | |
|--|-----|
| Bombas de pistones | 164 |
| <i>Bombas de pistones radiales</i> | 165 |
| Bomba de caudal variable-Pistones giratorios en estrella | 165 |
| Bomba de leva giratoria | 166 |
| <i>Bombas de pistones axiales</i> | 166 |
| Bombas de caudal variable..... | 167 |
| Bombas de caudal constante..... | 167 |
| Bombas de barrilete o eje inclinado..... | 167 |
| Características de las bombas hidráulicas | 168 |
| <i>Rendimiento</i> | 168 |
| Cavitación | 168 |
| Aire en la aspiración | 169 |
| Bombas dobles | 169 |
| Sistemas regulación de bombas hidráulicas | 169 |
| Regulación por anulación de caudal | 169 |
| Potencia constante | 169 |

MOTORES HIDRAULICOS (ROTATIVOS) 170

| | |
|---|-----|
| Funcionamiento | 170 |
| Comparación de los motores y las bombas | 171 |
| Características de los motores hidráulicos | 171 |
| <i>Tamaño del motor</i> | 171 |
| <i>Par motor</i> | 171 |
| <i>CV de fuerza del motor</i> | 172 |
| <i>Presión de trabajo</i> | 172 |
| <i>rpm de trabajo del motor</i> | 172 |
| <i>Presión de alimentación</i> | 172 |
| <i>Cubicaje (cilindrada)</i> | 172 |
| <i>Caudal absorbido por el motor</i> | 172 |
| — Constante | 173 |
| — Variable..... | 173 |
| Motores de engranajes | 173 |
| <i>Motores de engranajes externos</i> | 173 |
| Motores de paletas | 174 |
| Motores de pistones | 174 |
| Arranque del motor | 175 |
| Parada del motor | 175 |
| Motor de pistones radiales | 176 |
| Resumen de características técnicas y fórmulas más importantes empleadas para bombas y motores hidráulicos | 178 |

CILINDROS HIDRAULICOS 178

| | |
|---|-----|
| Introducción | 178 |
| <i>Descripción y elementos que componen los cilindros hidráulicos</i> | 178 |
| <i>Partes de un cilindro hidráulico</i> | 178 |
| <i>Características técnicas de los cilindros</i> | 179 |
| <i>Fuerza hidráulica en un cilindro</i> | 180 |
| <i>Velocidad de un cilindro</i> | 180 |
| <i>Tiempo en efectuar una carrera</i> | 180 |

| | |
|---|-----|
| Consumo de aceite | 180 |
| Espesor o grosor de pared de una camisa (cilindro) | 180 |
| Amortiguación en la parada de un cilindro | 181 |
| Guía-eje | 181 |
| Tipos de cilindros | 182 |
| Cilindros de simple acción o simple efecto | 182 |
| Cilindros telescópicos | 182 |
| Cilindros de doble efecto | 184 |
| Cilindros dos pasos | 184 |
| Cilindro de paleta | 185 |
| Cilindro oscilante | 185 |
| Normas de mantenimiento y revisión de los cilindros hidráulicos | 186 |
| Relación entre la fuerza que hace un cilindro, el diámetro del vástago y la longitud crítica del vástago | 186 |
| Relación normalizada entre diámetro del cilindro y diámetro del vástago | 186 |
| Carreras normalizadas de cilindro | 186 |
| Sistema de sujeción de cilindros | 186 |

ACUMULADORES HIDRAULICOS 186

| | |
|--|-----|
| Introducción | 186 |
| Tipos de acumuladores | 187 |
| Acumulador de contrapeso | 187 |
| Acumulador cargado con un muelle | 188 |
| Acumulador de émbolo o pistón | 189 |
| Acumuladores de gas no separado | 189 |
| Acumulador de diafragma | 190 |
| Acumuladores de vejiga | 190 |
| Determinación de un acumulador | 192 |
| Utilización del acumulador de vejiga | 192 |
| Utilización del acumulador como reserva de energía | 193 |
| Utilización del acumulador como compensador de fugas | 194 |
| Utilización de acumulador en circuitos con emergencia | 195 |
| Utilización del acumulador en circuitos para evitar el golpe de ariete | 195 |
| Utilización del acumulador para evitar pulsaciones | 196 |
| Consideraciones finales en los circuitos con acumulador | 196 |

TUBERIAS, RACORES Y JUNTAS 197

| | |
|--|-----|
| Introducción | 197 |
| Tubería | 197 |
| Clasificación | 197 |
| Elección | 197 |
| Cálculo del espesor y el diámetro interior de las tuberías | 198 |
| Velocidades del aceite recomendadas en función de la presión | 198 |
| Tubería de presión de acero | 199 |
| Preparación de tuberías y racordaje antes de ser instalados | 199 |
| Tubería flexible o manguera | 200 |
| Almacenaje de tubería flexible | 200 |
| Colocación de un casquillo terminal con tornillo de apriete | 201 |

| | |
|---|-----|
| <i>Montaje de tuberías flexibles</i> | 201 |
| <i>Racores</i> | 201 |
| <i>Enchufes o acoplamientos rápidos</i> | 203 |
| <i>Juntas o sellos</i> | 205 |
| <i>Factores que determinan la elección de una junta</i> | 205 |
| <i>Denominaciones comerciales y químicas del material</i> | 205 |
| <i>Mecanizado de las superficies a estanqueizar</i> | 205 |
| <i>Juntas tóricas («O-Ring»)</i> | 205 |
| <i>Junta de labios</i> | 207 |
| <i>Junta de anillo ranurado</i> | 207 |
| <i>Junta de copa</i> | 208 |
| <i>Junta de sombrerete</i> | 208 |
| <i>Junta escurre vástago o separadores</i> | 209 |
| <i>Arandelas de estanqueidad</i> | 209 |
| <i>Montaje de juntas</i> | 209 |

APARATOS AUXILIARES **210**

| | |
|---|-----|
| Introducción | 210 |
| <i>Presostatos</i> | 210 |
| <i>Termostato</i> | 211 |
| <i>Manómetro</i> | 212 |
| <i>Vacuómetro</i> | 213 |
| <i>Medidores del caudal (caudalímetro)</i> | 213 |
| <i>Comprobador hidráulico</i> | 214 |
| <i>Depósito o tanque</i> | 215 |
| <i>Calentadores, enfriadores y refrigeradores</i> | 216 |

INSTRUCCIONES DE MONTAJE-MANTENIMIENTO Y LOCALIZACION DE AVERIAS **216**

| | |
|---|-----|
| Introducción | 216 |
| Instrucciones de montaje | 217 |
| <i>Centralitas hidráulicas</i> | 217 |
| <i>Tuberías</i> | 217 |
| <i>Filtros</i> | 217 |
| <i>Manómetros</i> | 218 |
| <i>Válvulas</i> | 218 |
| <i>Manifold</i> | 218 |
| <i>Bombas-motores eléctricos, motores hidráulicos</i> | 218 |
| <i>El aceite</i> | 219 |
| <i>Puesta en marcha de la instalación o máquina</i> | 220 |
| <i>Bombas de paletas</i> | 220 |
| <i>Bombas de pistones</i> | 220 |
| <i>Bombas de caudal variable con compensador de presión</i> | 221 |
| Mantenimiento | 221 |
| <i>Diariamente</i> | 222 |
| <i>Semanalmente</i> | 222 |
| <i>Mensual y semestralmente</i> | 223 |
| <i>Anualmente</i> | 223 |

| | |
|---|------------|
| Tuberías | 223 |
| Depósitos..... | 223 |
| Bombas..... | 223 |
| Válvulas..... | 223 |
| Motores hidráulicos | 223 |
| Circuitos de alarma..... | 223 |
| Cilindros hidráulicos..... | 223 |
| Averías: Su localización | 223 |
| <i>Personal de mantenimiento.....</i> | <i>223</i> |
| <i>El plano hidráulico.....</i> | <i>224</i> |
| <i>Búsqueda sistemática de la avería.....</i> | <i>224</i> |
| La señal de la avería | 224 |
| Limitación de la causa de la avería..... | 224 |
| Materiales empleados en hidráulica..... | 225 |
| <i>Averías.....</i> | <i>225</i> |
| Tanques o depósitos..... | 225 |
| Bombas y motores | 225 |
| Cilindros | 226 |
| Filtros..... | 226 |
| Reguladores de presión..... | 226 |
| Reguladores de caudal..... | 226 |
| Válvulas de retención (antirretorno)..... | 227 |
| Válvulas distribuidoras..... | 227 |
| Tuberías | 227 |
| Acumuladores..... | 227 |
| Enfriadores y refrigeradores..... | 227 |

INDICE

TECNICAS DE MANDO CABLEADAS

| | |
|---|-----------|
| MECANIZACION Y AUTOMATIZACION | 9 |
| Automatizar y robotizar | 10 |
| <i>Razones</i> | 10 |
| 1. Reducción de costes | 10 |
| 2. La cantidad y calidad de las piezas realizadas | 10 |
| 3. La seguridad | 10 |
| Niveles de automatización | 11 |
| Tipos y clasificación de automatismos | 11 |
| 1. La analógica | 11 |
| 2. La digital | 11 |
| Proyecto de una automatización | 13 |
| <i>Estudio del problema real</i> | 13 |
| 1. Estudio del proceso productivo | 13 |
| 2. ¿Se puede automatizar? | 13 |
| 3. ¿Qué tecnología emplear? | 13 |
| <i>Proyecto</i> | 14 |
| 1. Diseño del proyecto | 14 |
| 2. Esquemas | 14 |
| 3. Materiales | 14 |
| <i>Montaje, puesta a punto y mantenimiento</i> | 14 |
| Composición de un sistema automatizado | 15 |
| 1. Neumáticas | 15 |
| 2. Hidráulicas | 15 |
| 3. Mecánicas | 15 |
| 4. Eléctricas | 15 |
| 5. Electrónicas | 15 |
| 6. Fluídicos | 15 |
| Tecnologías cableadas y programadas | 17 |
| 1. Tecnología cableada por relés | 17 |
| 2. Tecnología cableada por función lógica | 17 |
| 3. Tecnología cableada por secuenciador | 17 |
| 4. Tecnología cableada por graficet | 17 |

| | |
|--|-----------|
| ELECTRICIDAD BASICA PARA AUTOMATISMOS | 20 |
| Corriente eléctrica..... | 22 |
| Intensidad de corriente..... | 22 |
| Voltaje o fuerza electromotriz..... | 22 |
| Resistencia..... | 23 |
| Ley de Ohm..... | 23 |
| Electromagnetismo..... | 23 |
| Corriente continua y alterna..... | 25 |
| AUTOMATIZACION NEUMATICA | 27 |
| Estructura de los automatismos neumáticos | 27 |
| 1. La potencia..... | 27 |
| 2. El mando..... | 27 |
| <i>Automatización por cadena abierta</i> | 27 |
| <i>Automatización por cadena cerrada</i> | 27 |
| 1. Informaciones..... | 28 |
| 2. Captación de la información..... | 28 |
| Tratamiento de la información | 30 |
| <i>Amplificación</i> | 30 |
| Organos de potencia..... | 30 |
| DESARROLLO DE LOS SISTEMAS LOGICOS | 31 |
| ESTRUCTURA DE LOS AUTOMATISMOS NEUMATICOS | 32 |
| Elección del tipo de mando | 32 |
| <i>Mando todo neumático</i> | 33 |
| 1. Captadores, pulsadores, relés, temporizadores, etc..... | 33 |
| 2. Secuenciadores modulares..... | 33 |
| <i>Mando electroneumático</i> | 33 |
| 1. Auxiliares de mando..... | 33 |
| 2. Relés electromagnéticos..... | 33 |
| <i>Mando por programadores</i> | 33 |
| Electroválvulas..... | 34 |
| Contactos de presión..... | 34 |
| Criterio para la elección de mando | 34 |
| 1. Distancias y tiempos de respuesta..... | 35 |
| 2. Situación y adaptación de los captadores..... | 35 |
| 3. Volumen de tratamiento..... | 35 |
| <i>Tiempos de respuesta</i> | 36 |
| ORGANOS DE POTENCIA Y DISTRIBUCION | 36 |
| Organos de potencia (accionadores) | 36 |
| 1. Cilindros neumáticos..... | 36 |
| 2. Motores neumáticos..... | 36 |
| 3. Sopletes automáticos (sopladores limpiadores)..... | 36 |
| 4. Ventosas por depresión..... | 36 |
| Distribuidores (preaccionadores) | 37 |

| | |
|--|----|
| Tecnología de los captadores | 37 |
| <i>Captadores de posición</i> | 37 |
| <i>Detectores de proximidad</i> | 38 |
| <i>Detectores de paso</i> | 39 |
| <i>Obturador de fugas</i> | 39 |
| <i>Amplificadores de presión</i> | 39 |
| <hr/> | |
| CIRCUITOS LOGICOS | 40 |
| <hr/> | |
| Tecnología de las células lógicas neumáticas | 43 |
| <i>Células lógicas activas</i> | 44 |
| <i>Células lógicas pasivas</i> | 44 |
| Clasificación de las células | 44 |
| 1. Células estáticas..... | 44 |
| 2. Células dinámicas..... | 45 |
| a) Células de membrana..... | 45 |
| b) Célula a corredera y clapet..... | 45 |
| <hr/> | |
| FUNCIONES LOGICAS DE BASE | 46 |
| <hr/> | |
| Célula «O» | 46 |
| Célula «Y» | 46 |
| Función «SI» | 48 |
| Función «NO» | 48 |
| Convertidor de señal | 48 |
| Elementos eléctricos para la entrada de señales | 49 |
| 1. Contacto de cierre..... | 49 |
| 2. Contacto de apertura..... | 49 |
| 3. Contacto de conmutación..... | 49 |
| <i>Pulsadores</i> | 50 |
| <i>Interruptor pulsador</i> | 50 |
| <i>Finales de carrera electromecánicos</i> | 51 |
| Finales de carrera sin contacto | 51 |
| <i>Interruptor de proximidad magnético</i> | 51 |
| <i>Interruptor de proximidad capacitivo</i> | 52 |
| <i>Interruptor de proximidad inductivo</i> | 52 |
| <i>Interruptor de proximidad óptico</i> | 53 |
| Convertidores electroneumáticos | 53 |
| <i>Electroválvula de 2v/2p</i> | 53 |
| <i>Electroválvula de 3v/2p</i> | 53 |
| <i>Electroválvula de 3v/2p N/C (servopilotaje)</i> | 54 |
| <i>Electroválvula de 5v/2p (servopilotaje)</i> | 55 |
| <i>Electroválvula de 5v/2p (doble accionamiento electroneumático)</i> | 55 |
| Convertidor de señal neumático-eléctrico | 55 |
| <i>Convertidor de señal neumático-eléctrico (para circuitos de baja presión)</i> | 57 |
| <i>Convertidor de señal neumático-eléctrico (presostato)</i> | 57 |

UTILES ELECTRICOS PARA EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES..... 58

| | |
|---------------------------------------|----|
| Relés | 58 |
| <i>Ejemplo de simbolización</i> | 59 |
| Relés temporizadores | 59 |

| | |
|---|-----------|
| CIRCUITOS BASICOS ELECTRONEUMATICOS | 60 |
| Mando de un cilindro de simple efecto | 60 |
| Mando de un cilindro de doble efecto | 61 |
| Accionamiento de un cilindro de simple o de doble efecto desde dos puntos diferentes..... | 61 |
| Mando de un cilindro con dos pulsadores simultáneamente..... | 61 |
| Mando de un cilindro con doble accionamiento eléctrico | 62 |
| Accionamiento semiautomático de un cilindro | 62 |
| Movimiento automático de un cilindro | 63 |
| Circuito de autorretención | 63 |
| Circuito 1 | 63 |
| Circuito 2..... | 64 |
| Mando de un cilindro con circuito de autorretención | 65 |
| Mando de un cilindro de doble efecto con temporización en el final de carrera | 65 |
| Mando de un cilindro con circuito de autorretención y retardo de desexcitación | 66 |
| REALIZACION DE ESQUEMAS | 66 |
| SIMBOLOS GRAFICOS | 72 |
| EL GRAFCET | 72 |
| Definición | 72 |
| Las etapas | 76 |
| Las transiciones | 76 |
| Las reglas de evolución..... | 76 |
| Los ciclos multirramas | 77 |
| 1. Las divergentes en «Y»..... | 77 |
| 2. Las divergentes en «O» | 78 |
| 3. Las convergentes en «Y» | 78 |
| 4. Las convergentes en «O» | 78 |
| La temporización | 78 |
| Método paso a paso..... | 79 |
| Método de cascada..... | 79 |
| Ejemplo de aplicación | 80 |
| Descripción del ciclo..... | 80 |
| Resolución grafcet por el método paso a paso..... | 81 |
| Resolución grafcet por el método de cascada | 81 |
| Principio de funcionamiento..... | 82 |
| Puesta en marcha..... | 82 |
| Paso del grafcet al secuenciador | 82 |
| 1. Acciones simultáneas..... | 82 |
| 2. Acción temporizada..... | 82 |
| 3. Acción repetida | 82 |
| 4. Acción diferida | 82 |
| 5. Acción condicional..... | 84 |

| | |
|--|-----------|
| CIRCUITOS ELECTRO-OLEOHIDRAULICOS | 86 |
| Bloque de un cilindro con una válvula antirretorno pilotada | 86 |
| Mando de un cilindro en ciclo semiautomático y automático..... | 87 |
| Accionamiento de un cilindro a tres presiones diferentes..... | 88 |
| Mando de un cilindro con avance rápido de aproximación, lento de trabajo y retorno rápido | 89 |
| Avance secuenciado de dos cilindros por medio de finales de carrera y presostatos | 89 |
| Circuito electro-hidráulico con temporización y presostatos..... | 90 |
| Circuito electro-hidráulico de una sierra alternativa automática..... | 91 |
| <i>Ciclo operativo</i> | 92 |

AUTOMATAS PROGRAMABLES

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCION A LOS AUTOMATAS | 93 |
| Sistemas automáticos de fabricación | 93 |
| Tecnologías empleadas en la automatización y su evolución | 94 |
| Partes de un sistema automático de fabricación | 96 |
| Tipos básicos de procesos a automatizar | 97 |
| 1. Procesos continuos | 97 |
| 2. Procesos discontinuos..... | 97 |
| Concepto de autómeta | 97 |

| | |
|--|-----------|
| DESCRIPCION TECNICA DEL AUTOMATA Y «HARDWARE» BASICO ASOCIADO | 99 |
| Fuente de alimentación | 99 |
| Unidad central de proceso (CPU)..... | 99 |
| Memoria | 100 |
| 1. Memorias RAM con baterías..... | 101 |
| 2. Memoria EPROM..... | 101 |
| 3. Memorias EEPROM..... | 101 |
| <i>Estructuración de las memorias</i> | 101 |
| Módulos de entrada..... | 101 |
| Captadores..... | 101 |
| 1. Digitales..... | 101 |
| 2. Analógicas | 101 |
| <i>Módulos de entradas digitales</i> | 102 |
| <i>Módulos de entradas analógicas</i> | 102 |
| Módulos de salida..... | 103 |
| 1. Salidas a relés (ca o cc)..... | 103 |
| 2. Salidas a triac (ca o cc)..... | 103 |
| 3. Salidas a transistores (cc) | 103 |
| <i>Módulos de salidas digitales</i> | 103 |
| <i>Módulos de salidas analógicas</i> | 103 |
| Módulos periféricos | 104 |

| | |
|--|------------|
| MONTAJE Y CONEXION | 106 |
| Condiciones ambientales del entorno..... | 107 |
| Distribución de los elementos a montar..... | 107 |
| Puesta a masa de piezas metálicas inactivas..... | 109 |
| Puesta a tierra..... | 110 |
| Cableado..... | 110 |
| Apantallado de líneas..... | 110 |
| Toma de red para aparatos de programación..... | 110 |
| Alimentación para autómatas programables..... | 110 |
| CONCEPTOS GENERALES PREVIOS AL «SOFTWARE» DE PROGRAMACION | 113 |
| Métodos de análisis | 114 |
| <i>Organigrama</i> | 114 |
| <i>Logigrama</i> | 114 |
| <i>Esquema de contactos</i> | 114 |
| <i>El grafcet (Graphe de Comande Etape Transition)</i> | 115 |
| <i>Pseudocódigo</i> | 115 |
| Instrucciones y programas | 115 |
| Procesamiento cíclico del programa | 115 |
| Niveles básicos para el tratamiento de un programa | 116 |
| Acceso a la periferia | 117 |
| Tiempos de ciclo y de reacción | 118 |
| <i>Tiempo de ciclo</i> | 118 |
| <i>Tiempo de reacción</i> | 119 |
| Tipos de arranque de los autómatas programables | 119 |
| «SOFTWARE»/LENGUAJES DE PROGRAMACION | 120 |
| Concepto de «software» | 120 |
| Lenguajes de programación | 120 |
| <i>Diagrama de contactos</i> | 121 |
| <i>Diagrama de funciones</i> | 122 |
| <i>Lista de instrucciones</i> | 122 |
| <i>Lenguaje secuencial</i> | 123 |
| <i>Texto estructurado</i> | 123 |
| <i>Configuración de programa</i> | 123 |
| Tipos de programación | 123 |
| <i>Programación lineal</i> | 123 |
| <i>Programación estructurada</i> | 123 |
| CADENA SECUENCIAL O GRAFCET | 125 |
| Objetivos del grafcet | 125 |
| Principios básicos y definiciones | 126 |
| <i>Etapa</i> | 126 |
| <i>Transición</i> | 126 |
| <i>Arcos</i> | 126 |
| <i>Reglas que debe cumplir un grafcet</i> | 126 |

| | |
|--|-----|
| Otros recursos del graficet | 127 |
| <i>Acciones condicionadas</i> | 127 |
| <i>Acciones memorizadas</i> | 127 |
| <i>Acciones impulsivas o puntuales</i> | 127 |
| <i>Uso de temporizadores</i> | 127 |
| <i>Receptividades afectadas del estado de etapas</i> | 127 |
| <i>Receptividades afectadas por flancos</i> | 128 |
| <i>Divergencia «O»</i> | 128 |
| <i>Convergencia «O»</i> | 128 |
| <i>Divergencia «Y»</i> | 128 |
| <i>Convergencia «Y»</i> | 129 |
| <i>Macroetapas</i> | 129 |
| <i>Receptividad identidad</i> | 129 |
| <i>Paradas y acciones de emergencia</i> | 129 |

OPERACIONES PARA PROGRAMACION **131**

| | |
|---|-----|
| Operaciones lógicas | 131 |
| <i>Definición de la operación lógica AND</i> | 131 |
| <i>Definición de la operación lógica OR</i> | 133 |
| <i>Definición de la operación lógica NOT</i> | 133 |
| Operaciones de memoria | 134 |
| Operaciones de tiempo | 134 |
| Operaciones de cómputo | 135 |
| Operaciones de comparación | 138 |
| Operaciones aritméticas | 139 |
| Operaciones de salto | 139 |
| Operaciones lógicas digitales | 139 |
| Operaciones de desplazamiento y rotación | 139 |
| Direccionamiento indirecto | 141 |
| Otras operaciones | 141 |
| <i>Operaciones de conversión</i> | 141 |
| <i>Operaciones de transferencia de datos</i> | 141 |

MODULOS FUNCIONALES **141**

| | |
|---|-----|
| Módulos funcionales integrados | 141 |
| Módulos funcionales del usuario | 142 |
| <i>Accionamiento 1</i> | 142 |
| Representación | 142 |
| Descripción | 142 |
| Acción cuando la CPU rearranca..... | 143 |
| Intervenciones del operador..... | 143 |
| Configuraciones del ingeniero | 143 |
| Conexiones | 143 |
| <i>Totalizador</i> | 144 |
| Representación | 144 |
| Descripción | 144 |
| Acción cuando la variable a totalizar no es válida..... | 144 |
| Acción cuando la CPU rearranca..... | 144 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Configuraciones del ingeniero | 144 |
| Conexiones | 145 |

PROGRAMACION ANALOGICA 145

| | |
|--|-----|
| Concepto de control | 145 |
| Niveles jerárquicos de control | 145 |
| <i>Control básico</i> | 146 |
| <i>Control avanzado</i> | 147 |
| Optimización | 148 |
| Gestión industrial | 148 |
| Períodos de muestreo | 148 |
| <i>Criterios sobre la elección del período</i> | 148 |
| <i>Períodos de muestreo típicos</i> | 149 |
| PID | 149 |
| <i>Acción proporcional</i> | 149 |
| <i>Acción integral</i> | 150 |
| <i>Acción derivativa</i> | 150 |
| <i>Modos de control del PID</i> | 151 |
| <i>Tipos de acción</i> | 152 |
| <i>Inicializaciones</i> | 152 |
| <i>Tipos de algoritmo PID</i> | 153 |
| <i>Antisaturación</i> | 153 |
| <i>Programa ejemplo</i> | 153 |

CARACTERISTICAS A CONSIDERAR EN LA ELECCION DE UN AUTOMATA 155

| | |
|---|-----|
| Memoria | 155 |
| Tiempo de scan | 155 |
| Autodiagnóstico | 155 |
| Coma flotante | 155 |
| Lenguaje y equipo de programación | 155 |
| Entradas y salidas | 156 |
| «Racks» remotos | 156 |
| Tarjetas periféricas | 156 |
| «Software» | 156 |
| Comunicaciones | 156 |
| <i>Factores a tener en cuenta en las comunicaciones</i> | 158 |
| Tecnologías | 158 |

INTERFACE HOMBRE-MAQUINA Y SISTEMAS DE SUPERVISION, CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS (SCADA) PARA EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES 158

| | |
|---|-----|
| Características técnicas principales que debe tener un sistema SCADA | 160 |
| <i>Fiabilidad</i> | 160 |
| <i>Seguridad</i> | 160 |
| <i>Expandibilidad</i> | 161 |
| <i>Capacidad gráfica</i> | 161 |

| | |
|--|-----|
| <i>Facilidad de uso</i> | 161 |
| <i>Multiplataforma</i> | 162 |
| <i>Conectividad</i> | 162 |
| <i>Integración en las comunicaciones</i> | 162 |

ROBOTICA INDUSTRIAL

| | |
|--|------------|
| INTRODUCCION A LA ROBOTICA | 163 |
| Concepto de robot | 163 |
| Automatización y robótica | 164 |
| 1. Automatización fija..... | 164 |
| 2. Automatización programable..... | 164 |
| 3. Automatización flexible..... | 164 |
| Origen, breve historia y evolución de la robótica | 165 |
| DESCRIPCION TECNICA DE UN ROBOT INDUSTRIAL | 168 |
| 1. Estructura mecánica..... | 168 |
| 2. Sistemas de accionamientos..... | 168 |
| 3. Sistemas de transmisión..... | 169 |
| 4. Sistema sensorial..... | 169 |
| 5. Unidad de control..... | 169 |
| Estructura mecánica | 169 |
| <i>Elementos terminales</i> | 172 |
| Sistemas de accionamientos | 173 |
| <i>Actuadores neumáticos</i> | 173 |
| <i>Actuadores hidráulicos</i> | 173 |
| Ventajas..... | 173 |
| Inconvenientes..... | 173 |
| <i>Actuadores eléctricos</i> | 174 |
| Sistemas de transmisión y reducción | 175 |
| Sistema sensorial | 177 |
| <i>Sensores de presencia</i> | 177 |
| <i>Sensores de posición</i> | 177 |
| 1. Potenciómetros..... | 177 |
| 2. Resolvers o unidades de resolución..... | 177 |
| 3. Codificadores digitales..... | 177 |
| <i>Sensores de velocidad</i> | 178 |
| <i>Sensores táctiles</i> | 178 |
| 1. Sensores de contacto..... | 178 |
| 2. Sensores de fuerza..... | 178 |
| <i>Sensores de proximidad</i> | 178 |
| <i>Visión artificial</i> | 178 |
| Sistema de control | 179 |
| <i>Control cinemático</i> | 180 |
| <i>Control dinámico</i> | 181 |

| | |
|---|------------|
| PROGRAMACION DE ROBOT INDUSTRIALES | 181 |
| Métodos de programación. Clasificación | 182 |
| <i>Programación por guiado</i> | 182 |
| <i>Programación textual</i> | 183 |
| 1. Nivel robot..... | 183 |
| 2. Nivel objeto..... | 185 |
| 3. Nivel tarea..... | 185 |
| Elementos importantes en la programación de un robot | 186 |
| <i>Entorno de programación</i> | 186 |
| <i>Tipos de datos: posición y orientación</i> | 186 |
| <i>Entradas y salidas</i> | 187 |
| <i>Control del movimiento del robot</i> | 188 |
| CARACTERISTICAS A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE UN ROBOT | 189 |
| 1. Características geométricas..... | 189 |
| 2. Características cinemáticas..... | 189 |
| 3. Características dinámicas..... | 190 |
| 4. Tipos de movimientos..... | 190 |
| 5. Modo de programación..... | 190 |
| 6. Tipo de accionamiento..... | 190 |
| 7. Capacidad de comunicaciones..... | 190 |
| 8. Servicio proveedor..... | 190 |
| 9. Coste..... | 190 |
| Area de trabajo | 190 |
| 1. Singulares en los límites del espacio de trabajo del robot..... | 190 |
| 2. Singulares en el interior del espacio de trabajo del robot..... | 190 |
| Grados de libertad | 191 |
| Resolución | 191 |
| Exactitud | 192 |
| Repetitividad | 192 |
| Velocidad de respuesta | 192 |
| Capacidad de carga | 193 |
| Sistema de control | 193 |
| Costo y posibilidades de amortización del robot | 194 |
| 1. Costes de inversión..... | 194 |
| 2. Costes y beneficios de explotación..... | 194 |
| APLICACIONES DE LOS ROBOT INDUSTRIALES | 196 |
| Transferencia de material y carga/descarga de máquinas | 196 |
| <i>Las aplicaciones de transferencia de materiales</i> | 197 |
| <i>Las aplicaciones de carga y descarga de máquinas</i> | 198 |
| Operaciones de procesamiento | 199 |
| <i>Soldadura por puntos</i> | 199 |
| <i>Soldadura por arco</i> | 199 |
| <i>Tratamiento de superficies</i> | 199 |
| <i>Otras operaciones de procesamiento</i> | 199 |
| 1. Desbardado..... | 200 |
| 2. Corte..... | 200 |

| | |
|--|-----|
| Ensamblaje e inspección | 200 |
| 1. Ensamblaje..... | 200 |
| 2. Inspección automática..... | 202 |
| Otros campos de aplicación | 202 |
| <i>Robótica espacial</i> | 202 |
| <i>Seguridad y vigilancia</i> | 202 |
| <i>Robot móviles en las empresas (AGV)</i> | 202 |
| <i>Robot de ayuda</i> | 202 |
| <i>Medicina</i> | 202 |

DISEÑO Y SEGURIDAD EN INSTALACIONES ROBOTIZADAS 204

| | |
|---|-----|
| Diseño de una célula robotizada | 204 |
| <i>Disposición del robot en la célula</i> | 205 |
| 1. Robot en línea..... | 205 |
| 2. Robot en el centro de la célula..... | 205 |
| 3. Robot móvil..... | 206 |
| 4. Robot suspendido..... | 206 |
| <i>Definición del sistema de control de la célula de trabajo</i> | 206 |
| Seguridad en instalaciones robotizadas | 207 |
| <i>Categorías de seguridad</i> | 208 |
| <i>Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño de una célula robotizada</i> | 209 |
| 1. Barreras de acceso a la célula..... | 209 |
| 2. Zonas de reparación..... | 209 |
| 3. Dispositivos de intercambio de piezas..... | 209 |
| 4. Movimientos condicionados..... | 209 |
| 5. Condiciones adecuadas en las instalaciones auxiliares..... | 210 |
| <i>Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño del robot</i> | 210 |
| 1. Supervisión interna del sistema de control..... | 210 |
| 2. Paradas de emergencia..... | 210 |
| 3. Velocidad máxima limitada..... | 210 |
| 4. Detectores de sobreesfuerzo..... | 210 |
| 5. Pulsadores de seguridad..... | 210 |
| 6. Códigos de acceso..... | 210 |
| 7. Frenos mecánicos adicionales..... | 210 |
| 8. Señales de autodiagnósticos en la unidad de control..... | 210 |
| <i>Medidas de seguridad a tomar en la fase de instalación, puesta en marcha y explotación del sistema</i> | 210 |
| 1. No entrar en la zona de trabajo..... | 210 |
| 2. Señalización adecuada..... | 210 |
| 3. Prueba progresiva del programa del robot..... | 210 |
| 4. Formación adecuada del personal que maneje la planta..... | 210 |
| <i>El sistema de seguridad incluye</i> | 212 |
| <i>Normativa legal relativa a la instalación y empleo de robot</i> | 212 |
| 1. Normativa internacional ISO 10.218/1992..... | 212 |
| 2. Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992..... | 212 |
| 3. Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775..... | 212 |

INDICE

MAQUINAS CONVENCIONALES

| | |
|---|-----------|
| LA FRESADORA | 9 |
| Partes de una fresadora | 9 |
| La cadena cinemática de una fresadora | 10 |
| Transmisión del movimiento al eje principal | 10 |
| Transmisión del movimiento a la caja de cambio de avances | 12 |
| Caja de cambios para avances y mecanismo de inversión | 12 |
| Transmisión del movimiento a los mecanismos de la consola | 12 |
| <i>Lubricación de la cadena cinemática</i> | 13 |
| — Lubricación forzada | 13 |
| — Lubricación semiautomática | 13 |
| — Lubricación por barboteo | 13 |
| Movimientos de los carros | 13 |
| LAS HERRAMIENTAS | 13 |
| Fresas para tallar piñones | 13 |
| Algunos formatos de fresas | 14 |
| LOS ACCESORIOS. | 19 |
| Las mordazas | 19 |
| <i>Mordazas giratorias</i> | 19 |
| Las bridas | 20 |
| Divisores | 20 |
| <i>Tipos de divisores</i> | 20 |
| — Divisor simple con engranajes | 20 |
| — Divisor simple con plato y engranajes | 20 |
| — Divisor con tornillo sin fin | 21 |
| — Divisor diferencial | 21 |
| — Divisor universal | 21 |
| — Divisor con engranajes satélites | 21 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Divisor universal</i> | 21 |
| <i>Divisor simple</i> | 22 |
| LAS FORMAS DE TRABAJO | 23 |
| Centrado de una mordaza | 23 |
| Anclaje de la herramienta | 24 |
| Puesta en marcha | 26 |
| <i>Fresado en oposición o normal</i> | 26 |
| <i>Fresado tangencial en concordancia</i> | 27 |
| <i>Fresado frontal</i> | 27 |
| Trabajo con divisores | 30 |
| Fresado helicoidal | 33 |
| <i>Cálculo de ruedas</i> | 35 |
| Fresado de la espiral | 37 |
| Afilado de fresas | 38 |
| <i>Cilíndricas con diente recto</i> | 38 |
| <i>Cilíndricas con dientes destalonados</i> | 38 |
| Fuerza, momento torsor y potencia absorbida | 39 |
| Historia de las fresadoras | 41 |
| — Fresadoras horizontales | 41 |
| — Fresadoras verticales | 41 |
| — Fresadoras universales | 41 |
| <i>Fresadoras especiales</i> | 41 |
| — Fresadoras de banco fijo | 41 |
| — Fresadoras circulares | 41 |
| — Fresadoras copiadoras | 41 |
| EL TORNO | 42 |
| Partes de un torno | 42 |
| <i>La bancada</i> | 43 |
| <i>El cabezal</i> | 44 |
| <i>El contrapunto</i> | 45 |
| <i>Los carros</i> | 46 |
| — Carro principal | 46 |
| — Carro transversal | 47 |
| — Carro orientable | 47 |
| <i>El portaherramientas</i> | 47 |
| FORMAS DE TRABAJO | 48 |
| <i>Sujeción entre puntos</i> | 49 |
| — Lunetas fijas | 50 |
| — Lunetas móviles | 50 |
| <i>Sujeción con el plato de garras</i> | 51 |
| <i>Sujeción con pinzas</i> | 52 |
| <i>Sujeción con plato y escuadra</i> | 52 |
| <i>Torneado cilíndrico</i> | 53 |
| — El número de revoluciones | 53 |
| — Velocidad de corte | 53 |

| | |
|--|----------|
| — Profundidad de la pasada..... | 53 |
| — Grado de acabado..... | 54 |
| <i>Torneado cónico</i> | 54 |
| <i>Taladrado en el torno</i> | 55 |
| <i>Mandrinado en el torno</i> | 56 |
| <i>Refrentado</i> | 57 |
| <i>Troceado o tronzado</i> | 60 |
| <i>Moleteado</i> | 61 |
| <i>Roscado</i> | 61 |
| — Penetración normal..... | 64 |
| — Penetración inclinada..... | 64 |
| — Roscas cuadradas..... | 64 |
| — Construcción de una rosca de paso determinado..... | 66 |
| — Transmisión con ruedas intermedias..... | 67 |
| Tornos especiales | 67 |
| <i>Tornos con copiador</i> | 67 |
| — Copiado con mando por tensión elástica..... | 68 |
| — Copiado con mando por transmisión eléctrica..... | 68 |
| — Copiado con mando por transmisión hidráulica..... | 68 |
| — Copiado por mando electrónico-hidráulico..... | 69 |
| <i>Tornos revólver</i> | 69 |
| <i>Tornos automáticos</i> | 72 |
| <hr/> PRENSAS | <hr/> 72 |
| Prensas mecánicas | 73 |
| <i>De simple efecto</i> | 73 |
| <i>De doble efecto</i> | 74 |
| Prensas hidráulicas | 75 |
| <i>Fases de una prensa hidráulica</i> | 76 |
| <i>Prensa-chapas</i> | 77 |
| <i>Extractor</i> | 78 |
| Aplanadoras | 79 |
| Tijeras | 79 |
| <i>Cizallas o tijeras de guillotina</i> | 79 |
| <i>Tijeras circulares para discos</i> | 80 |
| <i>Tijeras de cuchillas circulares</i> | 80 |
| <i>Tijeras de recortar</i> | 80 |
| Plegadoras | 80 |
| Bordonadora | 81 |
| Perfiladora | 81 |
| Curvadora | 81 |
| Engrapadora | 82 |
| Engrapados longitudinales | 82 |
| Suavizadoras | 83 |
| <hr/> PROTECCION DE ACCIDENTES | <hr/> 83 |
| Dispositivos de seguridad | 84 |
| Dispositivo de mando manual | 84 |

CONTROL NUMERICO CNC

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION AL CONTROL NUMERICO | 86 |
| ¿QUE SON LAS MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO? | 86 |
| Husillos de bolas circulantes | 87 |
| Guías de los carros | 87 |
| Engranajes de cambio | 87 |
| FINALIDAD DE LAS MAQUINAS CON CNC | 88 |
| TIPOS DE MAQUINAS CON CNC | 89 |
| VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS MAQUINAS CON CNC | 89 |
| Ventajas del control numérico | 89 |
| Inconvenientes del control numérico | 89 |
| INTRODUCCION A LA PROGRAMACION | 90 |
| EQUIPO NECESARIO PARA LA PROGRAMACION | 90 |
| LOS PRIMEROS PASOS EN LA PROGRAMACION POR CNC DE LO SENCILLO A LO COMPLEJO | 91 |
| Cualidades que debe tener un programador de CNC | 92 |
| Proceso a seguir para conseguir una pieza en CNC | 92 |
| NOMENCLATURA DE EJES Y MOVIMIENTOS EN MAQUINA CNC | 92 |
| Denominación de las máquinas de CNC según el tipo de mecanizado | 94 |
| DIFERENTES TIPOS DE CONTROLES NUMERICOS | 94 |
| Control numérico punto a punto | 95 |
| Control numérico paraxial | 95 |
| Control numérico continuo o por contorneado | 95 |
| TRAYECTORIA Y CALCULO DE POSICION Y VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN CNC | 96 |
| Bucles para el control de posicionamiento | 96 |
| Regla del bucle cerrado de la posición | 96 |
| Regla del bucle cerrado de la velocidad | 96 |
| Regla del bucle abierto de la posición | 97 |

| | |
|--|-----------|
| CALCULOS GEOMETRICOS BASICOS | 98 |
| Introducción | 98 |
| Geometría plana | 98 |
| <i>Ángulos</i> | 99 |
| 1. Clases de ángulos por su abertura..... | 99 |
| 2. Bisectriz de un ángulo..... | 99 |
| 3. Ángulos complementarios y suplementarios..... | 100 |
| <i>Triángulos</i> | 100 |
| 1. Clases de triángulos..... | 100 |
| a) Por sus ángulos..... | 100 |
| b) Por sus lados..... | 101 |
| 2. Suma de los ángulos internos de un triángulo..... | 102 |
| 3. Altura de un triángulo..... | 102 |
| 4. Relaciones métricas en el triángulo rectángulo..... | 102 |
| Trigonometría básica | 102 |
| <i>Razones trigonométricas</i> | 102 |
| <i>Resolución de triángulos rectángulos</i> | 103 |
| Caso primero..... | 103 |
| Caso segundo..... | 104 |
| Caso tercero..... | 104 |
| Caso cuarto..... | 105 |
| <i>Resolución de triángulos cualesquiera</i> | 106 |
| 1. Teorema del Seno..... | 106 |
| 2. Teorema del Coseno..... | 106 |
| Caso primero..... | 107 |
| Caso segundo..... | 107 |
| Caso tercero..... | 108 |
| Caso cuarto..... | 108 |
| La circunferencia | 110 |
| <i>Ejercicios de aplicación</i> | 110 |
| Ejemplo 1..... | 111 |
| Ejemplo 2..... | 111 |
| Ejemplo 3..... | 111 |

| | |
|--|------------|
| FASES PREVIAS A LA ELABORACION DE UN PROGRAMA | 114 |
|--|------------|

| | |
|-------------------------------------|------------|
| LA ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA | 114 |
|-------------------------------------|------------|

| | |
|--|-----|
| Ordenar la información | 114 |
| Elaboración de un programa | 115 |
| Definición de las funciones | 115 |
| 1. Número del bloque..... | 116 |
| 2. Funciones preparatorias..... | 116 |
| 3. Cotas de los ejes..... | 116 |
| 4. Función de velocidad de avance..... | 117 |
| 5. Función giro del cabezal..... | 117 |
| 6. Herramienta y corrector..... | 117 |
| 7. Funciones auxiliares..... | 117 |

| | |
|--|------------|
| SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS | 117 |
| Ejes de coordenadas | 117 |
| Cuadrantes en coordenadas cartesianas | 118 |
| MOVIMIENTOS DE EJES EN UNA FRESADORA CNC | 119 |
| Movimientos de la máquina | 119 |
| Movimientos relativos de la herramienta | 119 |
| Movimientos de los ejes | 120 |
| ORIGENES MAQUINA Y PIEZA | 120 |
| Origen máquina o punto de referencia | 120 |
| Origen pieza o cero pieza flotante | 121 |
| PANEL FRONTAL DE UN CONTROL NUMERICO | 121 |
| Introduccion de un programa mediante el panel frontal | 121 |
| Panel frontal..... | 121 |
| FUNCIONES PREPARATORIAS | 123 |
| Funciones asumidas en el momento del encendido del CNC | 123 |
| Funciones que una vez programadas permanecen activas: G01 y G02..... | 123 |
| Funciones que deben programarse siempre que vayan a ser aplicadas | 123 |
| Funciones modales | 123 |
| Funciones no modales | 123 |
| LA PROGRAMACION EN COTAS ABSOLUTAS | 124 |
| LA PROGRAMACION EN COTAS INCREMENTALES | 125 |
| Función G00 | 126 |
| Función G01 | 126 |
| Función G02 y G03 | 127 |
| Interpolación circular en distintos planos..... | 127 |
| MODALIDADES DE PROGRAMACION DE UNA INTERPOLACION CIRCULAR | 128 |
| En coordenadas cartesianas | 128 |
| En coordenadas polares | 128 |
| Condiciones previas para la elaboración del programa | 128 |
| FUNCIONES AUXILIARES | 129 |
| Comprobación de un programa antes de proceder al mecanizado | 129 |
| COMO PROCEDER A EFECTUAR UNA COMPROBACION EN VACIO | 130 |
| Comprobación de las funciones preparatorias auxiliares y de la trayectoria teórica | 130 |

| | |
|---|-----|
| Visualización de la trayectoria compensada..... | 130 |
| Función G25 | 133 |
| <i>Condiciones para programar este perfil realizado con la función G25</i> | 133 |
| FUNCION IMAGEN ESPEJO | 136 |
| Significado de las funciones espejo..... | 137 |
| Condiciones de programación con imagen espejo..... | 137 |
| Explicación del programa | 138 |
| IMAGEN ESPEJO EN PIEZAS SIMETRICAS CERRADAS | 138 |
| LA PROGRAMACION EN COORDENADAS POLARES | 140 |
| Aplicación de esta modalidad de programación en una interpolación circular con programación en cotas absolutas | 141 |
| COMPENSACION DE RADIO Y HERRAMIENTA. FUNCIONES G40, G41 Y G42 | 142 |
| COMPENSACION DE LONGITUD DE HERRAMIENTA. FUNCIONES G43, G44 | 144 |
| Lectura del control en el eje Z de las herramientas respecto $Z = 0$ | 145 |
| MATADO DE ARISTAS | 146 |
| ARISTA VIVA | 146 |
| REDONDEADO CONTROLADO DE ARISTAS | 147 |
| ENTRADA Y SALIDA TANGENCIAL | 147 |
| FUNCION G73. GIRO DEL SISTEMA DE COORDENADAS | 148 |
| CICLOS FIJOS EN CENTROS DE MECANIZADO CON CNC | 150 |
| Estructura del bloque para los ciclos G81, G82, G84, G85 y G86 | 151 |
| Estructura gráfica de los movimientos en el eje Z | 152 |
| Estructura del bloque para el ciclo G83, taladrado profundo | 152 |
| <i>Secuencia y explicación del trabajo con ciclo fijo G83</i> | 154 |
| <i>Ejemplo de aplicación de ciclos fijos de mecanizado, códigos G81, G82, G83 y G85</i> | 156 |
| Estructura del ciclo fijo de cajera rectangular función G87 | 158 |
| <i>Secuencias y movimientos en la ejecución del ciclo G87</i> | 160 |

| | |
|--|-----|
| Estructura del ciclo fijo de cajera circular, función G88 | 162 |
| <i>Condiciones previas</i> | 162 |

LA PROGRAMACION PARAMETRICA 164

| | |
|--|-----|
| Subrutinas, definición y tipos | 164 |
| <i>Subrutina estándar</i> | 164 |
| 1. Comienzo de la subrutina estándar, instrucción G22 | 164 |
| 2. Terminación de la subrutina estándar, instrucción G24 | 165 |
| 3. Llamada a una subrutina estándar, instrucción G20 | 165 |
| <i>Subrutina paramétrica</i> | 165 |
| 1. Comienzo de una subrutina paramétrica, instrucción G23 | 165 |
| 2. Terminación de una subrutina paramétrica, instrucción G24 | 165 |
| 3. Llamada a una subrutina paramétrica, instrucción G24 | 165 |
| Ejemplo de programación de una subrutina estándar | 166 |
| Diseño de un programa paramétrico, pautas a seguir | 169 |
| Programación paramétrica de mayor complejidad | 171 |
| <i>Operaciones paramétricas</i> | 172 |
| <i>Ordenes de salto condicional</i> | 173 |
| Criterios para la elaboración de un mecanizado mediante la programación paramétrica | 173 |

CICLOS FIJOS DE MECANIZADO EN TORNOS CON CNC 178

CONSIDERACIONES GENERALES PARA PROGRAMAR CICLOS FIJOS 178

| | |
|--|-----|
| Ciclo fijo de torneado de tramos rectos G81 | 178 |
| Ciclo fijo de taladrado G83 | 180 |
| Ciclo fijo de ranurado en el eje X G88 | 181 |
| Ciclo fijo de desbastado en el eje X G68 | 183 |
| Ciclo fijo de roscado longitudinal G86 | 185 |
| Ciclo fijo de torneado de tramos curvos G84 | 187 |
| Ciclo fijo de seguimiento de perfil G66 | 188 |

DISEÑO DE UN PROGRAMA CON SUBROUTINAS ESTANDAR Y PARAMETRICAS PARA UN TORNO CNC 190

| | |
|---|-----|
| Diseño de la subrutina paramétrica para el perfilado | 191 |
| Diseño de la subrutina estándar para el tronzado | 191 |
| Diseño del programa principal | 191 |

TABLAS DE TALLER 193



GLOSARIO