().

Introducción a los Materiales y Tecnologías de Producción.

Del Giorgio Solfa, Federico.

Cita:

Del Giorgio Solfa, Federico (2009). *Introducción a los Materiales y Tecnologías de Producción*. : .

Dirección estable: https://www.aacademica.org/del.giorgio.solfa/448

ARK: https://n2t.net/ark:/13683/pa9s/6gX

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto*. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: https://www.aacademica.org*.

Industry Consulting Argentina

INCLUYE GLOSARIO Y TERMINOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN · MÁS DE 1000 TIPOS DE MATERIALES Y TECNOLOGÍAS

Introducción a los MATERIALES Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

FEDERICO DELGIORGIO SOLFA

UNA GUÍA DE CONSULTA PARA ESTUDIANTES, TÉCNICOS, PROFESIONALES Y GESTORES DEL PROYECTO

facultad de bellas artes
Universidad Nacional de La Plata

Introducción a los Materiales y Tecnologías de Producción

Diseño y diagramación: DCV Ramos, María
Corrección: Nora Minuchin
Editora: Prof. Georgina Fiori
Revisión Técnica: Dl Federico Ernesto Lagunas

Primera edición: septiembre de 2009
Cantidad de ejemplares: 500

Introducción a los Materiales y Tecnologías de Producción
es propiedad de Federico Del Giorgio Solfa
giorgiosolfa@hotmail.com

ISBN: 978-987-05-6239-9
Registro de la Propiedad Intelectual: en trámite
Impreso en Argentina
Printed in Argentina

A mis abuelos, Obdulio Alfredo Del Giorgio y Leone Solfa, ejemplos de trabajo y superación.
Al amor de mis abuelas, María Josefa Santorum y Ricarda Sadi.
A mis padres, Rubén y Liliana, por su inquebrantable apoyo.
A mis hermanas, Jessica y Sabrina.
A mis sobrinos, Agostina y Salvador.
A mis alumnos.
A mis amigos.
A mis compañeros de trabajo.

Reconocimientos y agradecimientos

A mis maestras Hilda Peña y Graciela Cortese.

A Néstor Faré, profesor y amigo, por la pasión tecnológica adquirida.

A Mario Tesone, Marcos D'Anunzio, Francisco Abajo, Eduardo Costela y Carlos Colantonio; profesores que me enseñaron a aprender reflexionando.

A José Oscar Llenderrozos, por mostrarme que técnicamente, todo es posible.

A Juan Carlos Parente, mi primer ejemplo de liderazgo académico.

A Miguel Ángel Battista, José Cabillón y Marcelo Fernández, coordinadores de mi primera experiencia docente en la educación técnica.

A dos profesores y amigos, importantes gestores de la enseñanza del diseño industrial en Argentina, que a lo largo de estos años me brindaron su ayuda y afecto: Rubén Alberto Peluso y Eduardo Daniel Pascal.

A Luís Pedro Sanguinetti, por su ejemplo, confianza y apoyo.

A Leandro Abel Fernández Zocco, por su infinita amistad y especial colaboración en los primeros pasos de esta recopilación.

A Rogelio Simonatto, Rolf Pfeiffer, Liesel Bischoff y Enzo Campana, por sus aportes en mi formación de postgrado.

A Ezio Manzini, por el envío periódico de sus producciones académicas.

A Danilo Ardia, Mauricio Mistri y Gigliola Landucci, por la hospitalidad académica internacional.

A Gabriele Orcalli, por la tutoría de tesis.

A Bartolomé Lino Peri, por permitirme innovar en la metodología pedagógica.

A Ricardo Buttazzi, por su constante consideración.

A John Hudson y Diego Dzodan, por confiarme la primera experiencia docente en postgrado.

A Edith Litwin, Graciela María Carbone, Jorge Apel y Hebe Roig, por vuestra mención especial.

A Heriberto Jáuregui Lorda, por fiarme el desafío de «lo justo, libre y soberano».

A Daniel H. Belinche, Maria Elena Larrègle, Jorge Lucotti y Mariel Ciafardo, por facilitarme las herramientas.

A Nora Minuchin y Federico Ernesto Lagunas, por las correcciones y aportes.

A María Ramos, por la diagramación y el diseño.

A Claudia Bernazza, Patricia Rodrigo y Gustavo Longo, por integrarme al equipo de gestión.

A Nora Cesar y Sergio Aliandri.

A la Escuela Nacional de Educación Técnica Nº 1 «República de México» del Consejo Nacional de Educación Técnica.

A la Universidad Nacional de La Plata.

A la Agrupación Forjarte.

A la Asociación de Diseñadores Industriales de la Provincia de Buenos Aires.

A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

Al Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Al Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas

A la Export-Akademie, Hochschule Reutlingen.

Al Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

Al Gobierno de la Regione del Veneto.

A la Università degli Studi di Padova.

A la Associazione Veneta di La Plata.
Al Georgia Institute of Technlogy.

Al Colegio de Diseñadores Industriales de la Provincia de Buenos Aires.

Al Instituto Provincial de la Administración Pública.

A los alumnos de estos diez años de docencia, por ser el estímulo de esta publicación.

A las instituciones y personas, que en forma directa o indirecta, colaboraron para hacer posible esta divulgación.

Prólogo

Presentar esta obra es sumamente gratificante, ya que la misma se fue generando a partir de la Beca de Estudio otorgada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, al Diseñador Industrial Federico Del Giorgio.

Como Director del trabajo de investigación pude observar un alto grado de responsabilidad profesional y solvencia intelectual en el tratamiento del tema.

Como resultado de dicha investigación queda planteado un interrogante y la vez un desafío: la posibilidad de materializar una herramienta bibliográfica, cuyo contenido tenga el sentido pedagógico conceptual y práctico de ayuda a la formación y actualización de técnicos, profesionales, estudiantes y gestores o emprendedores industriales.

Ya con el libro realizado, su texto plantea una adecuada y precisa metodología para el tratamiento del tema, cumpliendo con el propósito didáctico de generar interés y conocimientos concretos sobre materiales y tecnologías para la fabricación de bienes industriales.

Esta publicación deja sentada las bases para el desarrollo de otro trabajo enfocado a la sistematización y clasificación de los procesos de transformación tecnológica que involucren a distintos o nuevos diseños de materiales.

Esta obra adquiere significado por generarse desde la perspectiva y visión estratégica de un joven Diseñador Industrial de la Universidad Nacional de La Plata y aporta a reconstruir una cultura del conocimiento técnico, como soporte para la realización de un proyecto de industrialización.

Prof. DI Ruben Peluso[1]

[1] Diseñador Industrial por la Universidad Nacional de La Plata. Profesor Titular ordinario de la cátedra A de Taller de Diseño Industrial II-V y Profesor Titular de la cátedra de Métodos de Diseño Industrial. Además, ejerció como Jefe del Departamento de Diseño (1973-1974), Coordinador de la Carrera de Diseño Industrial (1990-1991), Jefe del Departamento de Diseño Industrial (1991-2001), Coordinador de Proyectos de Extensión Universitaria (1992), Codirector de Proyectos de Investigación (1995-2002) y como Profesor Coordinador de Proyecto en el Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería (1995-1996). Director de Becarios de Iniciación, Estudio, Perfeccionamiento y Formación Superior en la Universidad Nacional de La Plata y en la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Evaluador Externo de Proyectos de Investigación de la Universidad de Buenos Aires.

Contenido

CERÁMICOS

Cerámica 25
Componentes de los materiales cerámicos 25
Materias plásticas 26
Arcillas de gres 27
Arcillas grasas 27
Bentonita 27
Caolín 27
Materias no plásticas 28
Fundentes 28
Berilio 28
Cal 28
Cenizas de huesos 28
Feldespatos 28
Albita 28
Microclino y ortosa 28
Sienita nefelínica 28
Silicatos de aluminio 28
Pirofilita 28
Pirofilita A 28
Pirofilita B 28
Silicatos de magnesio 29
Talco 29
Esteatita 29
Cargas 29
Silicato de circanio 29
Circón 29
Sílice 29
Cuarzo 29
Silimanita 30
Andalucita 30
Cianita 30
Silimanita 30
Auxiliares 30
Aglomerantes orgánicos 30
Agua 30
Desfloculantes 30
Lubricantes y aceites antipegado 30
Tipos de cerámicos 30
Construcción 30
Ladrillos, baldosas y azulejos 31
Sanitarios 32
Electricidad 32
Alta frecuencia 32
Alta tensión 33
Aplicación magnética 34
Baja pérdida 34
Baja tensión 35
Hogar 34
Adornos 35
Envases 36
Servicio de mesa 36
Industrial 37
Aplicaciones ópticas 37
Herramientas de corte 38
Moldes para fundiciones metálicas 38
Uso abrasivo 39
Resistencia 39
Resistencia a la corrosión 39
Resistencia al desgaste 40
Resistencia al impacto 40
Resistencia mecánica 41
Resistencia química 41
Resistencia térmica 41
Procesos de los cerámicos 43
Acabado 43
Acabado en seco 43
Acabado húmedo 43
Acabado del torneado 43
Colada 43
Moldes para colada 44
Colada hueca o de vertido 44
Colada por presión
Colada sólida

Cerámicos

Ensamblados o pegados 44
Extrusión 45
Horneado 45
Biscocho 45
2º cocción 45
3º cocción 45
Tipos de hornos 46
Prensado 46
Prensado en caliente 46
Prensado en seco 46
Proceso de ariete 47
Prensado semiseco o en polvo 47
Procesos previos 47
Preparación de las pastas 47
Secado 47
Conducción 47
Convección 48
Natural 48
Radiación 48
Torneado 48
Torneado con molde 48
Torneado por rodillos 49
Torneado semi y totalmente automático 49
Tratamientos superficiales 49
Coloreado de las pastas 49
Engobe 49
Impresión bajo vidriado 50
Impresión sobre vidriado 50
Vidriado 50
Vidriado crudo de plomo 50
Vidriado crudo sin plomo 50
Vidriados de sal 50

COMPUESTOS

Compuesto 51
Materiales termoestables compuestos 52
Resinas 53
Resinas termoestables 53
Resinas etoxilínicas (epoxi) 53
Resinas de siliconas 53
Resinas fenólicas 54
Resinas furánicas 54
Resinas melamínicas 54
Resinas modificadas 55
Resinas poliésteres no saturadas 55
Fibras 55
Fibras naturales 55
Fibras inorgánicas 55
Fibras orgánicas 56
Fibras sintéticas 56
Fibras de carbono-boro 56
Fibras poliméricas 57
Vidrios 57
Whiskers 58
Complementarios 59
Aditivos especiales 59
Agentes desmoldantes 60
Cargas 61
Procesos de conformado de los materiales termoestables compuestos 63
Moldeos 64
Moldeo manual (Hand Lay-Up) 64
Moldeo por aspersión 65
Moldeo con saco elástico 66
Por vacío 66
Por presión 67
Moldeo por centrifugado 67
Moldeo por colada 68
Moldeo con pistón flexible 68
Enrollamiento (Filament Winding) 69
Fabricaciones especiales 71
Revestimientos 71
Poltrusión 72

Compuestos

Chapas planas y onduladas 73
Estructuras sándwich 74
Inyección 77
Estampado / prensado 78
Materiales termoplásticos compuestos 80
Polímetros 82
Cloruro de polivinilo 82
Estirénicos 83
Poliamidas 83
Poliarilatos 83
Poliésteres termoplásticos 84
Poliéter clorado (Penton) 85
Polímeros fluorocarbonados 85
Acetales-polímeros y copolímeros 86
Poliolefinas 86
Poliuretano termoplástico 87
Otros materiales 87
Cargas de refuerzo 87
Procesos de conformado de los materiales termoplásticos compuestos 90
Calandriado 90
Compresión 91
Espumado 91
Espumado de alta presión 91
USM 91
Espumado de baja presión 92
Expansión de gas incorporado 92
Método de colada reducida 92
Otros métodos 93
ICI Twin-Injection 93
Allied de termoplástico espumado 93
Extrusión 93
Inyección 93
Reprocesado (utilización de molienda) 94
Rotomoldeo 95
Soplado 95
Termoconformado (vacum) 95

MADERAS Y DERIVADOS

Duración de la madera 98
Secado 98
Nuevas aplicaciones 99
Clases de madera 99
Maderas duras 99
Abebay 99
Acacia 99
Acana 99
Afo 99
Aloma 99
Amaranto 99
Arce 102
Ayap 102
Boj 102
Bubinga 102
Caoba 102
Caoba colonial 102
Castaño 102
Cedro 102
Cedro duro 102
Cerezo 102
Coral 102
Ébano 102
Embero 102
Encina 103
Enebro 103
Erable 103
Eucalipto 103
Fresno 103
Guayaco 103
Haya 103
Limoncillo 103
Nogal 103
Nogal colonial 103
Olivo 103
Olmo 103

Palo hierro 103
Peral y manzano 103
Plátano 103
Roble 103
Roble colonial 104
Satén 104
Satén colonial 104
Sicómoro 104
Tejo 104
Teka Mimosácea 104
Tuya 104
Ukola 104
Maderas blandas 104
Abedul 104
Acebo 104
Aliso 104
Álamo 104
Amboina 105
Balsa 105
Chopos 105
Chopo blanco 105
Chopo Bordils 105
Chopo canadiense 105
Chopo lombardo 105
Chopa negrito 105
Chopo negro 105
Chopo de Pinseque 105
Chopo temblón 105
Limba 105
Okumé 105
Samanguila 105
Sapelly 105
Tilo 105
Maderas de especie resinosa 105
Abeto 106
Pinabete 106
Pinsapo 106
Alerce 106
Ciprés 106
Chicaranda 106
Melis 106
Palo rosa 106
Pino 106
Pino Brasil 106
Pino de Canarias 106
Pino del norte (Flandes) 106
Pino Carrasco 106
Pino Insignis 107
Pino Laricio 107
Pino negral 107
Pino negro 107
Pino Oregón 107
Pino piñonero 107
Pino silvestre 107
Secuoya 107
Formas comerciales 107
Defectos de la madera 107
Madera en rollo o rollizo 108
Rollo grueso 108
Rollo semigrueso 108
Postes 108
Vigas redondas 108
Maderos 108
Apeas 108
Pilotes 108
Semirrollizos 108
Cuartones 108
Madera escuadrada o de hilo 108
Madera de sierra 108
Madera de raja 112
Marcos 112
Vigas 112
Viguetas 112
Alfarjía o larguero 112

Maderas y derivados

Tablones 112
Listones 112
Listoncillos 112
Tablas 112
Tarimas 112
Latas 112
Regruesos 112
Chapas 112
Derivados comerciales de la madera 112
Aglomerado y aglomerado enchapado 112
Cartón prensado 115
Guillermina y MDF 115
Contrachapado 116
Multilaminado 116
Placa de carpintero 117
Terciados 117
Laminados plásticos 117
Procesos de transformación madera y derivados 117
Cepillado 118
Cepilladoras 118
Máquina complementaria para cepillar cantos 119
Máquina para arrastre automático de la madera 119
Corte 119
Sierra circular 119
Sierra de calar 119
Sierra de cinta 120
Curvado 120
Encolado 120
Encolado en húmedo 120
Encolado en frío 121
Encolado en caliente 121
Encolado en seco 121
Presiones de encolado 121
Espigado 121
Espigadora 121
Funcionamiento 122
Doble espiga 122
Fresado 122
Fresadora vertical (tupí) 122
Fresadora para colas de milano 122
Lijado 123
Lijadora de cinta 123
Lijadora orbital 123
Limado 123
Moldurado 124
Máquina de moldurar y machihembrar 124
Mortajado 124
Prensado 124
Prensa hidráulica 124
Regruesado 124
Taladrado 125
Taladradora de broca 125
Taladradora de cadena 125
Taladradora con fresa vibratoria 125
Torneado 125
Torno 125
Tratamientos superficiales 126
Encerado 126
Cera animal 126
Ceras blandas naturales 126
Ceras minerales 126
Ceras vegetales 127
Mordentado con cera 127
Pulido 127
Teñido 127
Mordientes 128
El mordentado químico 128
El mordentado de color 128
Tintes 129
Betún de Judea 129
Tintes rojizos 129
Tinte negro 129
Tinte gris 129
Tinte azul 129

Oscurecimiento del Nogal 129
Oscurecimiento del Roble 129
Imitación de la caoba con cualquier madera 129

ALEACIONES METALICAS

Aleación metálica 131
Variedades 131
Propiedades 131
Preparación 132
Aleaciones de aluminio (base) 133
Aluminio 133
Aplicaciones 133
Producción 135
Aluminio al magnesio (Magnalium) 135
Duraluminio 135
Hidronalium 135
Siluminio 135
Aleaciones de cobre (base) 135
Cobre 135
Aplicaciones y propiedades 135
Bronce 136
Bronces para decoración 136
Bronces maleables 136
Bronces mecánicos 136
Bronces especiales al fósforo, y al manganeso 137
Latón 137
Latón de 1ª Categoría o maleable en frío 137
Latón de 2ª Categoría, de tornear o de decolletaje
Aleaciones de hierro (base) 138
Aceros 138
Aceros de baja aleación 138
Aceros inoxidables 138
Aceros inoxidables austeníticos 138
Aceros inoxidables dúplex austeníticos (ferríticos) 139
Aceros inoxidables endurecibles por precipitación 139
Aceros inoxidables ferríticos 139
Aceros inoxidables martensíticos 140
Aceros resistentes a la corrosión de bajo costo 140
Aceros resistentes al desgaste 140
Acero de baja aleación de aluminio 140
Acero de alto manganeso (Hadfield) 140
Acero de baja aleación tratado térmicamente 141
Acero de herramienta 141
Acero grafítico 141
Aceros de súper aleación 141
Incoloy 141
Fundiciones 141
Fundición de media y baja aleación 141
Fundición blanca común 141
Fundición gris 141
Fundición gris nodular 142
Fundición resistente al calor 142
Fundición vernicular 142
Fundiciones de alta aleación 142
Fundición blanca Ni-Hard 142
Fundición blanca Ni-Resist 142
Fundición de alto contenido de silicio 142
Aleaciones de hierro (aleante) 143
Súper aleaciones 143
Hastelloy 143
Inconel 143
Nimonic 143
Stellite 143
Aleaciones de mercurio (base) 143
Aleaciones de mercurio 143
Amalgamas 143
Procesos de transformación de los metales 146
Corte o punzonado (punzón de acero) 146
Clases de punzonados 146
De agujeros 146
De hendiduras 146
De perforación 146
Punzón de goma 146

Curvado 146
Doblado 146
Embutido 147
Embutido al torno 147
Embutido con punzón de goma 147
Extrudado por impacto 147
Estampado en caliente 148
Operaciones 148
Esbozado 148
Estampado 148
Cortado de rebabas 148
Acuñado 148
Estampado en frío 148
Operaciones 148
Cortado 148
Doblado 149
Curvado 150
Embutido 150
Operaciones especiales 151
Arrollado 151
Bordonado 152
Cercado 152
Engrapado 152
Perfilado 152
Forja 152
Operaciones 153
Aplanado 153
Doblado 153
Estirado 153
Estrangulado 153
Punzonado 153
Ranurado 153
Recalcado 153
Soldado 153
Tronzado 153
Fundición 154
Molde perdido (arena) 154
Molde permanente (coquilla) 154
Mecanizados 154
Aserrado 154
Sierras alternativas 155
Sierras circulares o de disco 155
Sierras de cinta 155
Brochado 155
Cepillado 155
Dentado 155
Fresado 155
Limado 156
Mortajado 156
Rectificado 156
Roscado 156
Taladrado 156
Torneado 156
Microfusión o cera perdida 156
Soldaduras 157
Eléctricas a arco 157
Bajo llama (Arcogen) 157
Con electrodo de carbón (Bernardos) 157
Con electrodo de carbón y soplado magnético (Zerener) 157
Con electrodo metálico (Slavianoff) 157
En atmósfera inerte (Argonac, Heliarc) 157
Por hidrógeno atómico (Arcatom) 157
Soldadura en atmósfera activa (Alexander) 158
Soldadura eléctrica por resistencia:
A tope por chispa 158
A tope por resistencia 159
Por protuberancias 159
Por puntos 159
Soldadura sin fusión 159
Soldadura blanda 160
Soldadura fuerte 160
Otras técnicas de soldadura 160
Por fricción 160

Por termita (aluminotermia) 160
Por ultrasonidos 160
Tratamientos superficiales 161
Recubrimientos metálicos 161
Por medios electrolíticos 161
Electroplastía 161
Anodizado 161
Por transformación química 162
Feran 162
Por medios térmicos 162
Estañado 162
Por medios termoquímicos 164
Nitrurado gaseoso 164

PINTURAS

Componentes de las pinturas 168
Aglutinantes 168
Pigmentos 168
Solventes 168
Procesos del pintado 168
Limpieza superficial 168
Electropulido 168
Mecánica 170
Limpieza abrasiva (arenado/granallado) 170
Agitación en tambor giratorio 172
Agitación en tambor 173
Bruñido en tambor 173
Cepillado con alambre 173
Limpieza por agua caliente o vapor 173
Pulido con rueda 173
Pulido por correa 174
Química 174
Baño químico (Pickling) 174
Desengrase por vapor 174
Limpieza alcalina 175
Limpieza con solventes emulsionados 175
Aplicaciones de la pintura 175
Aplicación a pincel 175
Pintado a rodillo 176
Pintado a soplete 176
Sopletes convencionales 176
Pintado electroestático 177
Pulverizado de dos componentes 178
Pulverización en caliente 179
Revestido de polvo (Power Coatings) 179
Particularidades del pintado de los plásticos 180
Métodos aerográficos 181
Métodos electrostáticos 181
Pintado de la pieza en el molde (IMC) 181
Obtención de piezas de SMC pintadas en molde 182
Metalización por alto vacío 182
Pretratamientos para aumentar la polaridad 183

PLÁSTICOS

Plástico 185
Aditivos 186
Elección del plástico adecuado 186
Termoestables 187
Termoplásticos 186
Termoestables 187
Anilina-formaldehído (AF) 187
Butadieno-estireno (SB) 190
Eter de polifenileno modificado (PPE) 190
Fenol formaldehído (PF) 190
Furfurílicas (PFF) 191
Melamina formaldehído (MF) 191
Oxido de polifenileno (PPO) 192
Poliaril éter cetonas (PAEK) 192
Policloropreno (CR) 192
Poliéster (UP) 193
Polieter sulfona (PESU-PES) 193
Poliéter-imida (PEI) 194

Plásticos

Polisulfona (PSU) 194
Politetrafluoretileno (PTFE) 194
Politrifluorcloroetileno (PCTFE) 194
Poliuretano (PUR) 195
Resinas alcídicas (RA) 195
Resinas de poliéster insaturado (UP) 196
Resinas epóxis (EP) 196
Siliconas (SI) 196
Urea-formaldehído (UF) 197
Termoplásticos 198
Acetato de celulosa (CA) 198
Acetobutirato de celulosa (CAB) 200
Caseína (CS) 200
Copolímeros de estireno (ABS/ASA) 200
Copolímeros de estireno-acrilonitrilo (SAN) 201
Cumarona-indeno (CI) 201
Etil Celulosa (EC) 202
Nitrato de Celulosa (NC) 202
Poliacetato de vinilo (PVA / PVAC) 203
Polialcohol vinílico (PALV) 203
Poliamida (PA) 204
Policarbonato (PC) 204
Policloruro de Vinilideno (PCVO) 205
Policloruro de vinilo (PVC/PCV) 205
Poliestireno (PS1) 206
Poliestireno anticalórico (PS2) 206
Polietileno de alta densidad (PEHD) 207
Poliestireno antichoque (PS3) 207
Polietileno de baja densidad (PELD) 208
Polímeros de cristal líquido (LCP) 208
Polimetil metacrilato (PMMA) 209
Polioximetileno (POM) 209
Polipropileno (PP) 209
Polivinil-Carbazol (PVZ) 210
Sulfuro de polifenileno (PPS) 210
Tereftalato de polietileno (PET/PTG) 210
Procesos de transformación 211
Calandrado 212
Colada 213
Compresión 214
Espumado 214
Poliestireno espumado 214
Poliuretano espumado 215
Extrusión 215
Películas tubulares sopladas 216
Películas planas y de planchas 216
Extrusión de tubos y perfiles 217
Producción de flejes y monofilamentos 217
Impresión 218
Inyección 218
Inyectoras de émbolo 219
Inyectoras con preplastificador tornillo-pistón 219
Mecanizados 219
Operaciones 219
Aserrado 219
Escariado 220
Estampado 220
Fresado 220
Punzonado 220
Roscado 221
Taladrado 221
Torneado 221
Plastificado 221
Pulp 222
Rotomoldeo 222
Soplado 223
Extrusión-soplado 223
Inyección-soplado 223
Inmersión-soplado 223
Termoconformado 224
Transferencia 224

VIDRIOS

Vidrio 227
Propiedades de los vidrios 227
Materias primas 228
Componentes minerales 228
Arenas y cuarzo 228
Feldespatos 228
Calizas 228
Dolomita 228
Fluorita 228
Manganeso 228
Baritina 229
Sulfato de sodio 229
Litio 229
Componentes no minerales 229
Carbonato de sodio 229
Bórax
Óxidos 229
Oxido de plomo 229
Casco de vidrio 229
Tipos de vidrios 229
Aluminosilicatos y aluminoborosilicatos 230
Vidrios de óptica 231
Fibras ópticas 231
Vidrios de sílice 231
Borosilicatos 232
Vidrios cerámicos 232
Vidrios fotosensibles 232
Resistentes a los vapores metálicos 233
Vidrios láser 234
Vidrios plomados 234
Vidrios resistentes al ácido fluorhídrico 234
Silicatos 235
Vidrios planos 235
Vidrios atérmicos 236
Vidrios planos de seguridad 237
Vidrios armados 237
Vidrios templados 237
Coloración en los vidrios 237
Procesos de transformación de los vidrios 238
Conformado de tubos 239
Conformado mecánico 239
Soplado-soplado 239
Prensado-prensado 239
Corte 239
Centrifugado 240
Colado 240
Conformado de piezas laminares 240
Corte por choque térmico 242
Curvado 242
Esmaltado 242
Esmaltes vitrificables 242
Esmaltes a difusión 242
Esmerilado 242
Estampado 242
Fusión con agitación 242
Grabado al ácido 242
Metalizado (espejo) 243
Prensado 243
Prensado manual 243
Pulido 243
Recocido 243
Sinterizado 243
Soldadura 244
Sol-Gel 244
Soplado con molde 244
Soplado libre (sin molde) 244
Tallado 244
Templado 245
Templado químico 245
Templado térmico 245
Tratamientos eléctricos 245

Introducción

Este trabajo está basado principalmente en los contenidos del Informe Científico Final aprobado por la Resolución CIC Nº 685/02, realizado en el Departamento de Diseño Industrial de la Universidad Nacional de La Plata en el marco del Programa de Becas de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, otorgadas por Decreto Nº 4.468/98 y Resolución CIC Nº 1.919/99.

Este libro refiere a la introducción a los diferentes materiales y tecnologías para la producción de bienes de uso.

Científicamente, se puede afirmar que todos los materiales de ingeniería se pueden dividir en tres clases: metales, cerámicos y plásticos.

No obstante, este texto estructura un ordenamiento a partir de los cerámicos, compuestos, maderas y derivados, aleaciones metálicas, pinturas, plásticos y vidrios componiendo así siete grupos.

Cada conjunto de materiales constituye un capítulo compuesto de dos partes fundamentales.

En una primera parte, por medio de un cuadro inicial, cada familia de materiales es desarrollada conceptualmente desde sus diferentes tipologías. De la misma forma le corresponde un cuadro, a partir del cual se presentan las diferentes tecnologías que pueden ser aplicadas con estos materiales. También posee un glosario, donde se explicitan brevemente los conceptos incluidos en el texto y otros relacionados, a fin de clarificar y ampliar el horizonte de la temática.

Por otro lado, se agrega a este texto un breve diccionario de términos y siglas utilizadas actualmente en la producción industrial. Estos son términos de uso frecuente y de gran importancia y que los empresarios, técnicos y profesionales no deberían desconocer.

Se articulan tres formas diversas de búsqueda, en las que el lector puede encontrar, de manera ágil, el material o la tecnología de su interés. Para ello, contiene dos índices, uno analítico y otro alfabético que se complementan con una tercera forma de búsqueda lógica mediante cuadros-síntesis de materiales y tecnologías.

La idea principal de la investigación realizada y de esta publicación se centra en el intento de ofrecer un texto único de consulta, donde los estudiantes, proyectistas[1] y gestores técnicos puedan realizar un primer acercamiento a los materiales y sus tecnologías.

Es de esperar que este libro pueda ser de utilidad

[2] «El proyectista es el que coloca al hombre delante de la tecnología, a su servicio, mientras que la tendencia del científico es la de poner la tecnología delante del hombre». (Miranda, Santiago en «*Maestros del Diseño Español. identidad y diversidad*», Experimenta, Madrid 1996).

en el proceso de búsqueda de nuevas soluciones para la innovación tecnológica,[2] tanto para la perspectiva del técnico-profesional como para la mirada del empresario PyMI.[3]

Es sabido que diferentes sectores productivos desarrollan pequeñas y grandes innovaciones en la producción de bienes. Muchas de ellas parten de nuevas aplicaciones de materiales y/o combinaciones de tecnologías ya conocidas.

P. F. Drucker sostiene que: «La innovación es la herramienta específica de los empresarios innovadores; el medio con el cual explotar el cambio como una oportunidad para un negocio diferente. (...) Los empresarios innovadores deben investigar conscientemente las fuentes de innovación, los cambios y los síntomas de oportunidades para hacer innovaciones exitosas, y deben conocer y aplicar los principios de la innovación exitosa».[4]
Es altamente probable que el pequeño o mediano productor industrial (con formación técnica o no) pueda, por medio de un conocimiento general de los diversos materiales y tecnologías, desarrollar nuevas ideas o emprender proyectos de innovación.[5]

Los libros que tratan temas sobre materiales y tecnologías suelen poseer un lenguaje complejo con explicaciones conceptuales avanzadas de ingeniería, lo que imposibilita el conocimiento por parte de quienes actúan en un plano más general del proyecto o de la producción (gestores del proyecto industrial).

Benito Juárez y La Plata, abril de 2006.
Federico Del Giorgio Solfa

---

[3] Entiéndase por innovación tecnológica, a la obtención de un nuevo producto, basada en modificaciones del material y/o la tecnología utilizada para su elaboración. (Concepto y aplicación documentada en mi tesis: «Análisis e Implementación de un Plan de Marketing Estratégico en la Industria del Mosaico. Caso La Española», Magíster en Marketing Internacional, Facultad de Ciencia Económicas, Universidad Nacional de La Plata, 2002).
[4] PyMI (Pequeña y Mediana Industria), denominación utilizada por la Unión Industrial Argentina para definir a las empresas que cuentan con 11 a 200 ocupados.
[5] Drucker, Peter Ferdinand, *«Innovation and Entrepreneurship. Practice and Principles»*, Harper & Row, New York 1985.
[6] La innovación podría definirse como una actitud que permite ver más allá del presente y crear una visión de futuro para la empresa. Dicho de otra manera, se trata de anticiparse a los competidores con un producto o servicio. De esta forma se obtiene una posición única. Innovar es un proceso que parte de la gestación de una idea hasta la llegada de un producto a manos de un consumidor.
Según Thomas D. Kuczmarski: «La innovación no es simplemente otra manera de desarrollar productos y servicios o de difundir vida en los ya existentes. Es mucho más amplia. La innovación es la mejor y única manera de sortear la competencia, adelantarse al conjunto de la industria y lo que es más importante, crear productos nuevos para el mercado que refuercen los márgenes de ganancia y promuevan los sistemas de ingresos. Es decir, puede resultar el arma competitiva, más poderosa de una compañía». («En Busca de una Nueva Mentalidad», en Sección File de la *Revista Gestión* Vol. 2 Nº 4, julio-agosto de 1997, Buenos Aires Review, p. 90).

TIPOS DE MATERIALES

Cerámicos

Compuestos

Maderas y derivados

Metales y Aleaciones

Pinturas

Plásticos

Vidrios

Cerámicos

Cerámica es un término general que se aplica a la ciencia que se ocupa de la fabricación de objetos con materiales terrosos blandos, endurecidos mediante tratamientos de altas temperaturas. Los materiales cerámicos son compuestos inorgánicos no metálicos, en su mayoría óxidos, aunque también se emplean carburos, nitruros, boruros y siliciuros. Los cerámicos, junto con los metales, polímeros y composites, representan la clasificación fundamental de los materiales tecnológicos.

Los cerámicos representan uno de los materiales técnicos más antiguos, remontándose su desarrollo a 10.000 años a.c. en alfarería primitiva. A estos tipos de materiales se los conoce como cerámicos tradicionales y algunos ejemplos son las arcillas, silicatos y cementos. Hoy día constituyen la mayor parte de la industria de los cerámicos.

Sirven como abrasivos y herramientas de corte, como aislantes eléctricos, como combustible nuclear, para implantación de huesos artificiales y para todas aquellas aplicaciones que requieran resistencia al calor y al ataque químico.

Es común la creencia de que todos los materiales cerámicos son frágiles y que se utilizan solo para fabricar vasijas, vajillas, ladrillos, tejas, sanitarios y revestimientos para la industria de la construcción. Sin embargo, nuevos y mejores métodos de procesamiento y manufacturación, el descubrimiento de cerámicos con propiedades eléctricas de superconductividad, en la familia de compuestos cerámicos basados en óxido de cobre, a temperaturas mucho más altas que a las que ciertos metales, experimentaban este fenómeno.

En la tecnología espacial se utilizan unos materiales cerámicos llamados cermets (aleaciones de alta resistencia al calor que se obtienen mediante mezcla, prensado y cocción de óxidos y carburos con metales en polvo) para fabricar la parte delantera de los cohetes, las placas resistentes al calor de los transbordadores espaciales, junto con una demanda de motores y máquinas térmicas más eficientes y de muy altas temperaturas, que han incitado el desarrollo y la aplicación de materiales más modernos de cerámica. A esta categoría de materiales se la conoce como «nuevas cerámicas». Consisten principalmente en mezclas de óxidos, carburos, nitruros, boruros y compuestos de silicio. Aunque la producción de estas cerámicas de nueva generación no es tan grande como la de las tradicionales (fundamentalmente por cuestiones de costos), sus aplicaciones son cada vez más difundidas y son únicas. Estas cerámicas son una parte vital de las industrias de la electrónica y del magnetismo, y tienen mucha aplicación en instrumentos ópticos o en motores de muy altas temperaturas. De hecho, las nuevas cerámicas han desempeñado un papel decisivo en el desarrollo de nuevas tecnologías, tales como los ordenadores y las telecomunicaciones.

Los recientes avances en el dominio de las cerámicas no solo han permitido mitigar su principal defecto, la fragilidad, sino que han proporcionado también un mayor control sobre aspectos de composición y de microestructura que gobiernan otras propiedades físicas. Tal control facilita el diseño de materiales cerámicos que satisfagan requerimientos químicos, térmicos, mecánicos y eléctricos específicos, como los que ningún otro material puede dar respuesta.

Componentes de los materiales cerámicos

En los comienzos, las pastas cerámicas se hacían de arcillas, las cuales proveían solamente de todos

<table>
<tr><th colspan="9">Cuadro 1. COMPONENTES DE LOS MATERIALES CERÁMICOS</th></tr>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">MATERIAS PLÁSTICAS</th><th colspan="7">MATERIAS NO PLÁSTICAS</th></tr>
<tr><th colspan="3">Fundentes</th><th colspan="2">Cargas</th><th colspan="2">Auxiliares</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Arcillas de Gres</td><td colspan="3">Berilo</td><td rowspan="3">Silicato de Circanio</td><td rowspan="3">Circón</td><td colspan="2" rowspan="3">Aglomerantes Orgánicos</td></tr>
<tr><td colspan="3">Cal</td></tr>
<tr><td colspan="2">Arcillas Grasas</td><td colspan="3">Cenizas de Huesos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Bentonita</td><td rowspan="2">Hidratables</td><td rowspan="3">Feldespatos</td><td colspan="2">Albita</td><td rowspan="4">Sílice</td><td rowspan="4">Cuarzo</td><td colspan="2">Agua</td></tr>
<tr><td colspan="2">Microclino</td><td colspan="2" rowspan="2">Desfloculantes</td></tr>
<tr><td rowspan="2">No Hidratables</td><td colspan="2">Ortosa</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sienita Nefelínica</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Caolín</td><td rowspan="2">Primarios</td><td rowspan="2">Silicatos de Aluminio</td><td rowspan="2">Pirofilita</td><td>A</td><td rowspan="4">Silimanita</td><td rowspan="2">Andalucita</td><td colspan="2" rowspan="4">Lubricantes y Aceites Antipegado</td></tr>
<tr><td>B</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Secundarios</td><td rowspan="2">Silicatos de Magnesio</td><td colspan="2">Talco</td><td rowspan="2">Cianita</td></tr>
<tr><td colspan="2">Esteatita</td></tr>
</table>

los ingredientes considerados como necesarios en toda pasta cerámica durable. El avance técnico de esta industria, desde entonces, puede quedar perfectamente ejemplificado por la variedad de materias primas usadas actualmente en la preparación de las pastas cerámicas.

Esta evolución es importante no solo como resultado de las mejoras inherentes a nuevos procesos fabriles desarrollados por el mayor conocimiento de las reacciones químicas que ocurren, sino también por haber posibilitado una amplia distribución geográfica de las plantas de fabricación cerámica.

Hasta casi fines del siglo XIX las plantas cerámicas se ubicaban tan cerca como era posible de depósitos de buena arcilla. En la actualidad, aun cuando esas zonas son centros cerámicos de importancia, no sobresalen sobre otros más que por el mejor know-how. Toda planta cerámica importante compone sus producciones a partir de mezclas de materias primas, en proporciones correspondientes a fórmulas propias. Estas materias primas son comúnmente transportadas desde sus depósitos originales.

Si bien no existe una pasta cerámica universal, hay tres ingredientes fundamentales que predominan en las pastas cerámicas comerciales: arcillas, cuarzo y feldespato.

Materias Plásticas

Para la producción cerámica son muchas las propiedades interesantes; de ellas, las más importantes son las siguientes:

1. Comportamiento a la cocción: contracción, vitrificación y tendencia a la deformación dentro del horno.
2. Comportamiento al secado: contracción por secado (porcentaje), tendencia a la deformación o al rajado durante el secado.
3. Propiedades mecánicas de trabajo: plasticidad, resistencia en seco, intensidad de desgaste por

abrasión en las herramientas de trabajo.
4. Propiedades de la poscocción: color, absorción porcentual, aptitud para la decoración, dureza, refractariedad.

Arcillas de Gres

Comprenden a las que se asemejan a las grasas en todos los aspectos, excepto que no dan un producto blanco tras la cochura.

Arcillas grasas

Estas denominan a un grupo de arcillas refractarias, plásticas, sedimentarias que, aun cuando son oscuras al estado crudo, debido a que contienen materia orgánica, después de cocidas dan un color blanco cremoso alcanzando porosidades casi nulas. La composición de estas arcillas es muy similar a la del caolín, especialmente debido a que la caolinita es el principal mineral arcilloso existente. Las arcillas, por su parte, contienen comúnmente una gran variedad de impurezas, tales como hierro, titanio, cal, álcalis y considerable cantidad de materia orgánica. La calidad y cantidad de estas impurezas ejerce un efecto notable sobre las propiedades físicas de la arcilla y sobre su contribución a las características de las pastas.
La arcilla es ampliamente utilizada en las pastas blancas por dos razones fundamentales:
1. Para mejorar las características de trabajo, vale decir las propiedades de moldeo plástico de las pastas y las propiedades de escurrimiento de las barbotinas.
2. Para aumentar la resistencia de las piezas producidas, tanto al estado crudo como cocido.
Ambas son de suma importancia en las operaciones comerciales. La facilidad de trabajo es esencial en razón de que las técnicas modernas exigen pastas suaves que puedan ser torneadas, coladas y maquinadas a elevadas velocidades sin roturas. Además de su contribución a la facilidad de trabajo y a la resistencia, el uso de estas arcillas coopera en la vitrificación de las pastas, por cuanto las partículas de los fundentes presentes se encuentran en un fino estado de división a la vez que uniformemente distribuidas entre toda la arcilla.
Las propiedades físicas de cualquier arcilla grasa pueden variar considerablemente de una a otra y son estas diferencias las que influyen en la elección de las pastas.
Una importante desventaja de éstas es su rechazo al color debido a su elevado contenido de impurezas.
En toda pasta deben equilibrarse las propiedades de facilidad de trabajo y resistencia con la elevada contracción y la coloración.

Bentonita

Es un material inorgánico natural, compuesto principalmente por montmorillonita que deriva comúnmente de cenizas volcánicas. Este material tiene partículas de tamaño extremadamente fino. El valor principal de la bentonita reside en su enorme plasticidad. La plasticidad con que contribuye en las pastas cerámicas es muy superior a la correspondiente en cualquier otro material. En muchas pastas comerciales, el agregado de 2% de bentonita mejora la plasticidad en forma más intensa que con 10% de arcilla grasa.
Para los fines prácticos las bentonitas se clasifican en dos grupos:
Hidratables, las que en agua se hinchan de cuatro a cinco veces su tamaño normal. Estas son de interés para la cerámica industrial; se cuecen dando un color rojizo claro.
No hidratables, las que no se hinchan más que las demás arcillas plásticas.

Caolín

Actualmente esta denominación corresponde a un grupo determinado de arcillas compuesto, princi-

palmente, por el mineral caolinita y caracterizado por producir por cocción productos blancos con gran refractariedad.
Los caolines son de muy buen color blanco; no tienen, por otra parte, gran resistencia por lo que se les agrega en las pastas ciertas arcillas blancas. Es la materia prima principal de la cerámica fina. En general, todo caolín es de plasticidad variable entre regular y pobre, caracterizándose además porque las contracciones por cocción son de valor medio o alto (el promedio normal es de alrededor de 8%).
En razón de que no existen dos productos arcillosos exactamente iguales se los han clasificado en dos tipos de caolines:
Primarios, también denominados residuales son aquellos formados por la alteración atmosférica, en un solo lugar, de rocas feldespáticas, venas pegmatíticas y granitos.
Secundarios (o sedimentarios), son aquellos formados en un lugar por alteración atmosférica, luego transportados por el agua y redepositados en un nuevo lugar.

Materias no plásticas

Entre las materias no plásticas se encuentran los fundentes, las cargas y los distintos auxiliares.

Fundentes

Berilio

Este es un silicato de aluminio y berilio. Aun cuando es bastante refractario, el berilio, al sustituir una parte de feldespato en las pastas cerámicas, se comporta como un activo fundente.
El berilio contribuye a la conductividad térmica de las pastas, con lo que se mejora notablemente la resistencia al choque térmico. También dota a las pastas de muy elevadas resistencias eléctricas, así como gran resistencia mecánica, al tiempo que disminuye tanto la absorción como la contracción por cocción. Estas excelentes propiedades hacen de éste un material admirablemente adecuado para la industria cerámica. Debido a su escasa existencia, sus precios son elevados comparados con los otros materiales cerámicos. Esta limitación económica ha localizado hasta ahora el uso de este material únicamente para la fabricación de porcelanas eléctricas especiales y otros productos con precios de venta elevados.

Cal

La cal puede ser agregada a las pastas cerámicas en distintas formas, la más común es la creta, carbonato de calcio puro.
Cualquiera sea el material empleado, el agregado de cal en cantidades no superiores al 3% con respecto a la pasta siempre eleva la contracción y la resistencia pero disminuye la porosidad; también mejora la blancura de las piezas.

Cenizas de huesos

La ceniza de huesos, producto de los huesos calcinados es una mezcla de 67 a 85% de fosfato de calcio, 3 a 10% de carbonato de calcio y 2 a 3% de fosfato de magnesio.
La ceniza de huesos en pequeñas cantidades en las lozas actúa como fundente debido. La fabricación de este tipo de porcelana es muy difícil, ya que la ceniza de huesos, material no plástico, perjudica notablemente la facilidad de trabajo de la pasta. Las piezas preparadas con estas pastas tienen, normalmente, elevadas contracciones por cocción siendo muy sensibles a la sobrecocción. El intervalo de temperaturas dentro del cual se puede obtener un buen color blanco translúcido es muy reducido.

Feldespatos

El feldespato es universalmente utilizado en las pastas blancas como fundente. Se trata del primer ingrediente que experimenta alteraciones como

consecuencia de la elevación de temperatura. A medida que aumenta la temperatura, el feldespato se hace activo, disolviendo primeramente los minerales arcillosos y, finalmente, las partículas de arena. El empleo de feldespato sódico puro no sería práctico, debido a que tendería a aumentar la deformación de las piezas. Pero afortunadamente, las mezclas de feldespatos sódicos y potásicos, que son más fáciles de producir, se comportan a la acción térmica casi de la misma manera que lo haría el feldespato potásico solo, teniendo además una viscosidad suficiente como para evitar deformaciones excesivas.

El feldespato que se expende en la industria de la cerámica blanca está, comúnmente, muy finamente pulverizado a los efectos de lograr un beneficio máximo de sus ingredientes fundentes. En las pastas crudas actúa como un material desengrasante, antiplástico, reduciendo la contracción por secado y elevando en algo la resistencia. En ciertos casos, la pequeña solubilidad de los álcalis en el feldespato altera las propiedades de colada y facilidad de trabajo.

Feldespato es el nombre genérico correspondiente a un grupo de minerales compuestos por silicatos álcali alumínicos; de éstos, los más importantes tienen denominaciones propias comunes:

Albita, es un espato sódico sin potasa.

Microclino y Ortosa, al contrario de la albita, estos son espatos potásicos que contienen 16,9% de potasa, pero no contienen soda.

Sienita Nefelínica

Es ésta una roca ígnea compuesta principalmente por nefelina, feldespato potásico (microclino) y feldespato sódico (albita). Mineralógicamente se parece al granito pero no contiene cuarzo libre.

La sienita nefelínica se usa principalmente como sustituto parcial o total del feldespato en su carácter de fundente.

En las pastas se comporta en forma similar al feldespato. Sin embargo, debido a su acción fundente a temperaturas inferiores, disminuye la temperatura de cocido de las piezas, posibilitando una mayor rapidez en la producción. Las pastas realmente vítreas constituidas por arcillas y sienítica nefelínica permiten una menor temperatura de maduración y una mayor amplitud del cocido, aumentando la resistencia y disminuyendo la absorción, en relación con pastas similares fundidas con feldespatos normales en los cuales sea la potasa el álcali predominante.

Silicatos de aluminio

Entre los silicatos de aluminio más comunes se encuentra la pirofilita. La pirofilita es un mineral blando confundido frecuentemente con el talco debido a la casi identidad de sus propiedades.

En las pastas cerámicas puede reemplazarse total o parcialmente el feldespato (y hasta una porción de cuarzo) por pirofilita, con la subsiguiente reducción en el coeficiente de expansión térmica. Esta reducción hace que las piezas sean más resistentes a los cambios súbitos de temperatura. La pirofilita no modifica materialmente la contracción o la absorción de las pastas blancas pero alarga el intervalo de cocción y aumenta la resistencia de la pasta cocida. Con relación a la facilidad de trabajo, la pirofilita presenta ventajas en las pastas para prensado, al reducir netamente el desgaste por abrasión en moldes y matrices. Tiene sin embargo una marcada tendencia a comportarse como talco disminuyendo la facilidad de trabajo de las pastas plásticas

Existen dos tipos de pirofilita:

Pirofilita A, es el mineral normal.

Pirofilita B, es el que contiene sericita.

Silicatos de magnesio

Existen diferentes formas de silicato de magnesio

hidratado; dos son las más comunes:
Talco, es un silicato de magnesio natural. Se trata de un material blando, con cualidades aptas para la industria cerámica. El talco se usa en cantidades moderadas en pastas cerámicas tales como las correspondientes a piezas artísticas, loza de mesa y material sanitario, por su influencia sobre las propiedades físicas. En los dieléctricos para la alta frecuencia se usa en cantidades mayores en razón de su efecto sobre las propiedades dieléctricas.
En el primer tipo de aplicaciones, el agregado de talco a las pastas no excede el 10%, salvo para azulejos y baldosas producidos en una sola cocción, donde el contenido máximo de talco alcanza el 40%. En estas pastas se lo utiliza por la acción fundente, que reduce la cantidad de feldespato necesaria para el logro de un grado determinado de vitrificación. Su agregado también disminuye la expansión de las pastas porosas por efecto de la humedad, disminuyendo en consecuencia las cuarteaduras tardías de los esmaltes. Desgraciadamente, el talco reduce en parte la facilidad de trabajo de las pastas plásticas.
Esteatita, esta es una variedad de silicato de magnesio hidratado más sólida y dura.

Cargas

Silicato de Circonio

El silicato de circonio se obtiene principalmente de las arenas de las playas de Australia, India y Brasil. Ocasionalmente se utilizan varios minerales de circonio en la cerámica, pero el más aplicado por su bajo costo es el circón.
Circón, tiene baja conductividad térmica, baja expansión térmica aun a temperaturas elevadas y es muy refractario: funde alrededor de 2.150ºC. En las pastas blancas normales, el circón mejora notablemente la resistencia a flexión. La reducida y regular expansión térmica hace a este material de gran valor en ciertos tipos de pastas con mucho talco por la tendencia a elevar el intervalo de cocción. Su elevada rigidez dieléctrica a temperaturas elevadas es también de valor en las pastas, así como en pastas para aisladores.

Sílice

La sílice pura es el ingrediente más importante de las fabricaciones cerámicas; son muy pocos los productos cerámicos del comercio que no poseen sílice como constituyente importante.
Cuarzo, es un material no plástico en las pastas crudas, por cuanto sus partículas individuales son duras y no absorbentes. Mediante su agregado disminuye la facilidad de trabajo y la contracción por secado de las pastas, a la vez que mejora la facilidad de secado y la resistencia. En la pasta cocida, el cuarzo coopera dando resistencia, tenacidad y dureza, aumentando en consecuencia todas las propiedades de resistencia mecánica de la pasta.

Silimanita

En el llamado grupo de la silimanita existen tres minerales distintos: andalucita, cianita y silimanita, todos ellos de idéntica composición química. Sin embargo, hay diferencias importantes entre ellos: la andalucita y la silimanita cristalizan en el sistema ortorrómbico, mientras que la cianita tiene estructura triclínica. Los tres se descomponen por calentamiento, dando un vidrio silicatado.
En las pastas cerámicas, los tres materiales se comportan de manera similar. Bajo la acción del tratamiento térmico forman cristales de mullita, que mejoran grandemente la resistencia mecánica, térmica y al astillado de la pasta. La andalucita se usa principalmente para bujías de porcelana para motores a explosión.
La silimanita es un material excelente para su uso en aisladores de porcelana para temperaturas elevadas y destinos refractarios especiales por cuanto

es fuerte, tiene una contracción moderada y es químicamente resistente.
La mayor parte de la cianita es usada en los productos refractarios después de ser calcinada y molida.

Auxiliares

Aglomerantes orgánicos

Se usan para dar plasticidad o resistencia en crudo a pastas que no contengan una arcilla lo suficientemente plástica. Mantienen unidas las partículas en estado crudo pero se queman a unos 400-500ºC, por lo que no afectan al material resultante.

Agua

Las propiedades químicas del agua son esenciales en la producción cerámica por la interacción físico-química de agua y arcilla. Teniendo en cuenta factores como el PH, iones presentes, impurezas orgánicas suspendidas, etc., se procede a tratar el agua de abastecimiento para optimizar la calidad de las pastas.

Desfloculantes

Son aquellos agentes químicos que se agregan a las pastas para hacerlas más fluidas, menos viscosas. Mediante el proceso de desfloculación se puede conseguir una pasta más fluida sin necesidad de agregar agua, lo cual permite moldear pastas a presión normal disminuyendo considerablemente el porcentaje de contracción durante el secado y la cochura.

Lubricantes y aceites antipegado

Se usan tanto en pastas para facilitar su moldeado como en la superficie de las matrices para impedir el pegado. Para métodos tradicionales, como el modelado a mano y el torno de alfarero, el agua es el lubricante natural. Para otros procesos como el prensado se usan lubricantes grasos.

Tipos de cerámicos

Construcción

La resistencia, permanencia y duración de los productos cerámicos en sus aplicaciones como materiales de construcción han sido factores bien reconocidos en todos los tiempos.
La aptitud de los productos cerámicos de resistir indefinidamente la influencia destructora de los fenómenos atmosféricos era ya bien conocida en los tiempos más antiguos. Los egipcios, los caldeos, los babilonios, 8.000 años antes de nuestra era, utilizaban ladrillos cocidos, frecuentemente decorados, como material principal de construcción.
En la actualidad, los materiales cerámicos de construcción son también muy populares; la casa de ladrillos es todavía considerada preferible a la de madera. Además de los ladrillos y las tejas, la construcción de edificios también aprovecha la belleza, la limpieza y la duración de los productos cerámicos para ciertas aplicaciones no estructurales.

Ladrillos, baldosas y azulejos

Entre los productos cerámicos de índole no estructural para la construcción se han de citar como más importantes los ladrillos, las baldosas y los azulejos.
En los ladrillos y en los productos de barro cocido para la construcción, como base, se emplea la arcilla de bajo costo y de fácil fusión, la cual posee un alto contenido de sílice, álcalis, alto óxido férrico, materiales arenosos que se encuentran en depósitos naturales. Los productos se fabrican por proceso seco o húmedo de prensado y luego se hornean a temperaturas relativamente bajas.
La baldosa de construcción (no vitrificada), los tubos de arcilla y las tejas de desagüe se fabrican de manera semejante.
La clasificación, introducida hace ya mucho

Cuadro 2. TIPOS DE CERÁMICAS		
CONSTRUCCIÓN	Ladrillos, Baldosas y Azulejos	
	Sanitarios	
ELECTRICIDAD	Alta Frecuencia	
	Alta Tensión	
	Aplicación Magnética	
	Baja Pérdida	
	Baja Tensión	
HOGAR	Adornos	
	Envases	
	Servicio de Mesa	
INDUSTRIAL	Aplicaciones Ópticas	
	Herramientas de Corte	
	Moldes para Fundición Metálica	
	Uso Abrasivo	
	Resistencia	A la Corrosión
		Al Desgaste
		Al Impacto
		Mecánica
		Química
		Térmica

tiempo en la industria, establece si un azulejo o baldosa es esmaltado o no, si se lo ha producido por extrusión plástica o por prensado, y cuál es el grado de vitrificación que se ha alcanzado durante la cocción. La vitrificación se expresa por medio de cuatro grupos:

1. Material no vítreo, aquel con más de 7% de absorción de agua.
2. Material semivítreo, con 3 a 7%.
3. Material vítreo, el que tiene menos del 3%.
4. Impermeable.

Tanto azulejos como baldosas son producidos en una gran variedad de tamaños que van desde los más pequeños baldosines hasta cuadrados de 12 pulgadas (30,4 cm) de lado; también los espesores son variables entre ¼ y 1¼ de pulgada (6,4 a 31,8 mm). Los tamaños estándar se relacionan de la siguiente forma:

Sanitarios

Otro rubro importante en la industria de la cerámica blanca comprende a la fabricación de una gran variedad de inodoros, piletas, lavatorios, mingitorios y accesorios sanitarios.

Estos productos utilizan tanto pastas vítreas como semivítreas, predominando las primeras. Son éstas consideradas más satisfactorias debido a su impermeabilidad al agua, pudiendo mantenerse perfectamente limpias aun cuando el esmalte se encuentre destruido.

Las pastas vítreas constituidas normalmente a partir de arcillas, cuarzo y feldespato se adecuan perfectamente al proceso por colada, siendo por ello este método el más comúnmente usado en la fabricación de material sanitario. En muy pocos casos, las piezas de forma más sencilla se obtienen por prensado en moldes de acero.

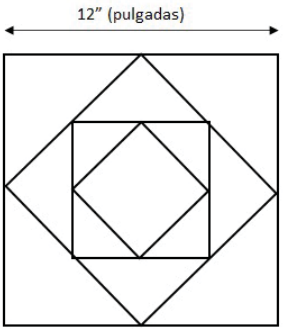
Las dificultades del diseño no permiten muchas veces otra alternativa que el moldeo por colada. Gracias a la necesidad de recurrir a este método para estas fabricaciones, la industria cerámica ha adquirido muchos conocimientos relacionados con el proceso de colada.

Electricidad

La utilidad de las pastas cerámicas dentro de las actividades eléctricas depende únicamente de la propiedad de los productos cerámicos de resistir el pasaje de corrientes eléctricas. Esta propiedad se relaciona con la rigidez dieléctrica, la constante dieléctrica, el factor de pérdida y la resistividad de volumen del material aislante.
En algunos casos resultan también de considerable importancia en las aplicaciones eléctricas las propiedades relacionadas con la resistencia a las temperaturas elevadas y con la dilatación térmica.
Los productos cerámicos eléctricos pueden dividirse en aisladores grandes como los que se emplean en las líneas de alta tensión, y componentes electrónicos como condensadores e imanes.

Alta Frecuencia

Las corrientes alternas de muy elevada frecuencia ejercen sobre los aisladores un efecto completamente distinto al que aparece por la acción de la corriente alterna común para iluminación, de 50-60 Hz. Estas altas frecuencias se utilizan casi exclusivamente en aplicaciones de radio, radar, televisión, rayos X, microondas e instalaciones electrónicas que se han multiplicado enormemente en los últimos años y requieren una gran cantidad de aisladores cerámicos capaces de trabajar a elevadas temperaturas con muy bajas pérdidas de potencia. Las pastas utilizadas con este fin han sido denominadas, en forma general, esteatita, aunque no siempre corresponden exactamente a la esteatita en cuanto a composición.
Todo material dieléctrico cerámico que deba ser usado a frecuencias elevadas deberá poseer ciertas características determinadas, a saber:
1. Baja pérdida de potencia;
2. Elevada rigidez dieléctrica;
3. Elevada resistividad;
4. Las tres propiedades anteriores deben ser poco modificadas por los cambios de temperatura.
Son importantes, además, ciertas propiedades de orden mecánico. Todo material cerámico a utilizarse como aislador deberá:
1. Poseer una superficie suave no absorbente;
2. Ser de resistencia mecánica elevada;
3. Ser fácilmente modelable pudiendo admitir dimensiones muy precisas;
4. Caracterizarse por una expansión térmica relativamente reducida.



Relación geométrica

Alta Tensión

Los aisladores grandes se producen de porcelana triaxial, del 60% de caolín, 20% de feldespato y 20% de sílice. Se utiliza fundición por revesti-

miento especializado o conformado plástico. Se emplean vidriados específicos por tres razones. Primera, el vidriado endurece la superficie porque el coeficiente de expansión de la superficie vidriada es menor que el de la porcelana, y por lo tanto el vidriado se pone en compresión por enfriamiento desde su temperatura de sinterización. Segunda, en algunos casos se emplea una superficie vidriada semiconductora para igualar la carga. Finalmente, se debe observar que una superficie vidriada disminuye la porosidad, una ventaja cuando el aislador va a utilizarse donde el agua pudiera filtrarse y causar un cortocircuito.

Aplicación magnética

Las propiedades magnéticas de los materiales tecnológicos son un tema que en la actualidad no solo incluye a los metales sino también a los cerámicos. Tradicionalmente el comportamiento magnético se ha asociado con los metales, esto es, el Fe, Ni, Co y sus aleaciones como la Alnico (Al-Ni-Co-Fe). Sin embargo, algunos materiales cerámicos también muestran comportamiento magnético.

En los últimos años se ha focalizado mucho la atención en las propiedades de los imanes cerámicos. En la actualidad este grupo de óxidos denominados ferritas, se están desarrollando para aplicarlas a dispositivos de alta frecuencia y en unidades de memoria de computadora.

Durante varios años se han buscado materiales magnéticos con alta resistencia eléctrica. Por ejemplo, es sabido que un transformador se calienta debido a que un campo eléctrico alterno genera una corriente secundaria en el núcleo (corrientes de torbellino o de Foucault); por lo tanto, incrementando la resistencia eléctrica del material del núcleo es posible reducir las pérdidas.

En general, las ferritas de espinela inversa producen imanes cerámicos blandos y sus aplicaciones se dividen en dos categorías de acuerdo con la frecuencia del campo magnético del dispositivo en el que se utilizarán.

1. Aplicaciones de baja frecuencia y alta permeabilidad (transformadores);
2. Aplicaciones de alta frecuencia y pérdida baja (comunicaciones, microondas).

El campo de los imanes cerámicos permanentes o duros es especialmente interesante y se utiliza en puertas de refrigeradores y motores pequeños donde antes se requería un electroimán. Estos imanes permanentes pequeños y potentes son capaces de dar tiempos magnéticos que simplifiquen y optimicen los diseños. Dichos motores accionan limpiaparabrisas, acondicionadores de aire y alza cristales en automóviles.

Por último, una aplicación más específica son las cintas magnéticas que se utilizan en los aparatos de grabación. Consisten en partículas de ferrita pulverizada que se depositan en un sustrato plástico. La ferrita más común es el $Fe_2 O_9$.

Baja pérdida

Para que la esteatita pueda ser destinada a la fabricación de cerámica de baja pérdida habrá de contener una muy pequeña cantidad de impurezas, cuyos límites máximos son: óxido de hierro, 1%; cal, 1,5% y alúmina 2%. El exceso de óxido de hierro puede provocar elevadas pérdidas por dieléctrico a las frecuencias más elevadas. Cuando la cal está presente en cantidades superiores al límite mencionado puede acortar el intervalo de cocción de la pasta reduciendo también, el factor de potencia; la alúmina, por su parte, en exceso, forma vidrios que aumentan la pérdida de potencia.

El talco esteatita ha sido usado desde hace mucho tiempo como ingrediente fundamental de las pastas para aisladores del tipo esteatita de baja pérdida.

El ingrediente principal es en todas el talco; se agrega además arcilla en cantidad justa suficiente

para dotar a la pasta de la resistencia necesaria, tanto al estado húmedo como seco, y además permitir el logro de una densidad máxima a la temperatura de fusión del talco, que es algo superior a los 1.200ºC. El fundente más comúnmente usado es el feldespato, preferiblemente potásico por cuanto el sódico ejerce un efecto perjudicial sobre la pérdida de potencia. También se usan como fundentes los metales alcalino térreos, calcio, estroncio y bario.
La contracción por cocción de estas pastas constituye un serio problema, digno de gran atención, por cuanto son modeladas por prensado en moldes de acero (muy costosos), que deben ser de dimensiones calculadas para compensar las contracciones de cada pasta.

Baja tensión

Como productos de baja tensión se consideran aquellos de uso en el hogar, en el campo y para aplicaciones comunes en fábricas, minas y establecimientos similares. Estas aplicaciones comprenden el uso de corriente eléctrica alterna o continua de voltajes comúnmente no superiores a 440.
Casi todos los equipos eléctricos que funcionan con este tipo de corriente pueden estar integrados por aisladores construidos de porcelana eléctrica común. Las pastas para este uso están constituidas fundamentalmente por una mezcla de arcilla, cuarzo y feldespato, en la que en algunos casos se sustituye el feldespato por sienita nefelínica que permite la fusión a temperaturas algo inferiores al feldespato. Tan importantes como la composición de la pasta, en cuanto a las propiedades de la pieza cocida, son el grado de fineza de los materiales que la integran y la temperatura de cocción.
Para una relación determinada de los tres materiales básicos, las cocciones a bajas temperaturas darán mayor resistencia mecánica, mientras que aumentando las temperaturas de cocido mejorarán la rigidez dieléctrica y la resistencia al choque térmico. Si en la cocción se llega a la vitrificación completa, el producto resultante estará constituido por cristales de mullita y partículas de cuarzo sin disolver, ligados entre sí por una base vítrea. Los tres componentes mencionados, mullita, cuarzo y vidrio, se encuentran en cantidades aproximadamente iguales.
Las partículas no disueltas de cuarzo, cuando son distribuidas uniformemente en la pasta, mejoran la resistencia mecánica e imparten una mayor elasticidad que la posible de obtener en productos de elevado contenido de vidrio. Por otra parte, las partículas de cuarzo tienden a aumentar el coeficiente de expansión térmica, mientras que un idéntico contenido de sílice producido por un vidrio muy silícico tenderá a disminuir la expansión térmica.

Hogar

Desde los más remotos orígenes de la alfarería, una enorme mayoría de los materiales producidos ha sido usada en las viviendas de la familia. La industria cerámica se ha basado en las producciones para el hogar, por su amplia demanda de productos cerámicos comunes.

Adornos

Una importante porción de la industria de la cerámica blanca está integrada por una gran cantidad de plantas dedicadas a la producción de adornos y objetos de arte en general.
Las pastas usadas normalmente en la fabricación de objetos de mesa son las empleadas para la fabricación de los objetos de adornos artísticos; es por ello que se ha hecho factible la existencia de grandes variedades de mercaderías de este tipo. Como algunas de estas pastas son muy blandas y porosas, se cubren comúnmente con un engobe

de barbotina de mejor calidad y así producir superficies más adecuadas para la fabricación, para la aplicación del esmalte.
Por otra parte, muchas plantas producen en el mundo piezas con pastas de primera calidad, algunas de las cuales se acercan a la porcelana tanto en composición como en propiedades. Algunos fabricantes se han especializado en porcelanas de tipo europeo abasteciendo así al mercado que antes ocupara la loza Dresden importada de Meissen, Alemania.
Es interesante hacer notar que casi todas las grandes fábricas de material sanitario también producen objetos de arte. Esto se explica perfectamente; las piezas de material sanitario son de forma tal que es imposible el llenado de las vagonetas de los hornos túnel únicamente con ellas. incluso en los espacios que quedan libres, vasos, floreros, lámparas y otras piezas similares.

Envases

Durante muchos años se han fabricado recipientes para envases, tanto de boca ancha como de gollete estrecho, con pastas cerámicas blancas. Los frascos de boca ancha pueden producirse por torneado, mientras que los de tipo botella deben ser exclusivamente producidos por colada. Ambos procesos requieren mucha más mano de obra que los equipos mecánicos de gran eficiencia y sobre todo de elevada producción, utilizados en la fabricación de recipientes de vidrio aptos para los mismos usos que los mencionados de cerámica. El resultado de esta situación es que los envases de porcelana son mucho más costosos que los de vidrio.
El costo hace prohibitivo el uso de envases de cerámica blanca para la gran mayoría de los productos envasados de gran competencia. Únicamente pueden utilizarse para aquellos segmentos con grandes márgenes de ganancia; tan es así que se usan con cierta frecuencia para envasar dulces, quesos, miel, licores y cosméticos.

Servicio de mesa

Es éste el rubro principal del consumo cerámico en el hogar y principal punto de atención de los Diseñadores Industriales.
Los tipos de pastas usadas en la fabricación de los productos de mesa pueden ser ordenadas según una clasificación adoptada por la División de Cerámica Blanca de la American Ceramic Society, basada en el grado de absorción de cada una.
Es de hacer notar que la translucidez depende directamente del grado de vitrificación; consecuentemente las pastas con gran absorción serán poco translúcidas y viceversa.
Dentro de las actividades del comercio minorista se confunden en forma constante las tres denominaciones comunes: gres, loza y porcelana.
El gres es una pasta cocida sin esmalte a una temperatura suficientemente elevada como para desarrollar bastante resistencia mecánica; se la cubre luego con un esmalte bastante fusible que da un acabado brillante a temperaturas de cocción muy inferiores a las de cocción de la pasta. Es el gres un material algo poroso, no translúcido, pudiendo ser fácilmente decorado por cualquiera de los procesos comunes, aunque el esmalte no es muy resistente al rayado.
La loza es una modificación del gres; se prepara de la misma manera con cocción de la pasta a temperaturas superiores a las de esmaltado. En el caso de la loza el cocido se efectúa a mayor temperatura que cuando se trata de gres; esto significa que la pasta se acerca casi a la vitrificación completa. Es un material de baja porosidad y translucidez considerable. Se cubre con esmaltes medianamente duros que se caracterizan por una gran resistencia al rayado.
La porcelana se produce de manera distinta a los otros dos materiales mencionados. Primeramente,

se da a la pasta una cocción a baja temperatura dotándola de una resistencia suficiente para los tratamientos posteriores y para que, además, no sea disuelta por el esmalte que se le aplica luego; se vuelve a la cocción pero a temperatura muy superior a la primera. El esmalte fluidificado penetra dentro de la pasta y reacciona con ella para dar un producto íntegramente vitrificado. El producto resultante es absolutamente no poroso, no absorbente, tiene gran translucidez; el esmalte, por su parte, es extremadamente resistente al rayado. Este esmalte tiene menos brillo que el de la porcelana genuina, pero ello no es visible por parte de observadores que lo ignoren.

Entre otras, se encuentra la loza de barro que se hace de arcilla (caolín, por ejemplo), aunque en algunos casos están presentes la sílice y el feldespato. La característica importante es que se somete al fuego a baja temperatura, comparada con la de otros productos de este grupo. Ello produce una fractura terrosa relativamente porosa.

La loza de piedra difiere de la loza de barro en la que se emplea una mayor temperatura de cocido, lo cual produce una porosidad menor del 5% comparado con el 5 al 20% de la loza de barro. Por lo general, la composición se controla más cuidadosamente que en la loza de barro, y el producto no lustroso tiene el acabado mate de la piedra fina.

Son interesantes las especificaciones para la loza de hornear y la resistente a la llama. Se ha encontrado que la cerámica con un coeficiente de expansión relativamente bajo soportará el calentamiento en un horno y el enfriamiento al aire, pero que se necesita un coeficiente aún menor para piezas en contacto directo con la llama, como en una sartén. Para obtener coeficientes bajos es necesario adicionar Li_2O, tal como se encuentra en el mineral espodumeno o cordierita.

En la comparación de un tipo de material cerámico con otro, no debe olvidarse que es el consumidor individual quien debe quedar conforme con la calidad. Es su sistema de compras afianzado por la costumbre que ha influido enormemente sobre los tipos de mercaderías ofrecidas en los mercados actuales. Un ejemplo es el concepto tradicional de la translucidez de los materiales cerámicos para la mesa. Se considera desde hace mucho tiempo a esa característica como requisito de las mejores calidades. El origen de esta preferencia reside indudablemente en la gran traslucidez de las porcelanas chinas, consideradas como las más finas producidas. A raíz de esta preferencia del público, apareció una agresiva industria del vidrio que introdujo, en los mercados, vidrio opalino.

Industrial

Además de las múltiples aplicaciones eléctricas descriptas, los materiales elaborados con pastas blancas son usados en cantidades cada vez mayores para una gran variedad de productos industriales.

El análisis de estas nuevas aplicaciones demuestra, en un gran porcentaje de casos, que la decisión de adoptar un producto cerámico ha sido basada en una sola de las propiedades características del artículo cerámico. De éstas las más importantes y frecuentes han sido la resistencia química, la resistencia a la abrasión, la resistencia térmica, la higiene y la facilidad de limpieza.

Para que el diseñador de productos industriales esté mucho más familiarizado con las propiedades básicas de los materiales más comunes, se recomienda el uso del cuadro comparativo de las propiedades de los materiales. Debe aclararse que dicha tabla contiene valores característicos de los materiales más comunes y básicos; es imaginable que ciertas composiciones especiales puedan alejarse de los valores y límites citados.

Aplicaciones ópticas

Por propiedades ópticas se establecen aquellas propiedades que dependen de la estructura del

material y que regulan la emisión, transmisión, reflexión y refracción de la luz.
Los cerámicos electro-ópticos, como el niobato de litio y el titanato zirconato de plomo modificado con lautanio, son materiales que pueden hacerse transparentes u opacos cuando son expuestos a un campo eléctrico, dependiendo de esas propiedades, entre otras, la orientación cristalográfica de los materiales.
El campo aplicado afecta el índice de refracción pudiéndose así controlar la transmisión de la luz a través del material.
Un fenómeno importante en materiales emisores de luz es la luminiscencia. Este fenómeno es la emisión luminosa de un material provocada por la radiación de una fuente exterior, independientemente de la duración que tenga. Este proceso consiste en hacer que los átomos influidos por la absorción, pasen de un estado normal a otro excitado para que después emita luz al volver a su estado normal.
La fluorescencia y la fosforescencia son casos particulares de luminiscencia. Si la luminosidad desaparece ni bien cesa la radiación de excitación el fenómeno se llama fluorescencia, si por el contrario perdura (incluso horas) se llama fosforescencia.
Ciertos materiales cerámicos después de ser expuestos a radiación ultravioleta pueden dar diversos colores. Un ejemplo es el sulfuro de Zn con impurezas de Cu.
Otros ejemplos importantes de materiales cerámicos emisores de luz son los láseres (amplificadores de luz por emisión estimulada de radiación).

Herramientas de corte

Se ha venido desarrollando en estos últimos años un importante grupo de materiales refractarios duros en el campo de los carburos, nitruros, siliciuros y diamante para su uso como herramienta de corte.
Comercialmente se producen carburos de tungsteno, titanio, tantalio y cromo por reacción del metal o su óxido con carbono.
Para obtener la tenacidad necesaria en una herramienta de corte, se sinterizan los carburos con un metal más blando, tal como el cobalto. Estos productos se denominan cermets.
La fabricación de estos materiales compuestos (metal-cerámico) es en forma de placas para así dotar la parte de trabajo de herramientas cortantes tales como cuchillas, brocas, fresas, escariadores, etcétera.
Herramientas a base de carburo de tungsteno se emplean para el maquinado de materiales frágiles: fundición de hierro, bronces, porcelana, vidrio, etcétera.

Moldes para fundiciones metálicas

Aunque no está formalmente reconocida como una rama de la cerámica, la preparación de moldes para 20 millones de toneladas de fundiciones metálicas merece atención debido al volumen de los materiales cerámicos empleados y a la complejidad de los problemas involucrados en las reacciones metal-molde. Los problemas se encuentran realmente en los límites de la cerámica y la metalurgia. El objetivo del ceramista es el de producir un molde desechable que pueda dar un acabado superficial adecuado y una exactitud dimensional. Desde el punto de vista metalúrgico, la acción del metal sobre el molde debiera ser todo lo neutra posible. Por ejemplo, de la reacción del metal con un molde que contenga exceso de agua resultará la solución de hidrógeno en el metal y poros de gas en la fundición.
A raíz de las problemáticas derivadas de este tipo de uso, se ha desarrollado una gran variedad de materiales cerámicos y métodos de moldeo, incluyendo arena verde unida con arcilla (es decir sin secar), arena seca, arena unida con aceite, arena

unida con silicato de sodio, así como mezclas que emplean alúmina, circonia y olivina. Las diversas mezclas dan variaciones en la superficie de acabado de la pieza fundida y en las tolerancias dimensionales.

Uso abrasivo

En los discos o muelas abrasivas o en el papel de lija, la idea es la de sujetar firmemente las partículas a fin de que no se desprendan del disco o rueda de esmerilar hasta que se hayan redondeado. Ello se consigue por dos métodos: utilizando una matriz más suave que se pueda desgastar o dándole porosidad que debilite el soporte. La porosidad es también importante para llevar el refrigerante que evita el quemado de la pieza que se está esmerilando con el disco abrasivo.

Es fácil demostrar en el caso del acero, por ejemplo, que un rectificado excesivo calienta la superficie hasta la gama austenítica, y la estructura resultante depende del enfriamiento y de la composición. Muchas piezas sometidas a tratamiento térmico cuidadoso se dañaron por falta de refrigerante durante el rectificado de acabado, debido a que se formó una capa martensítica fresca y frágil.

Cerca del 85% de las ruedas abrasivas son de alúmina sintética y el 15% de carburo de silicio. El carburo es más duro pero más frágil, de modo que hay una gran competencia, dependiendo de la aplicación. La unión puede ser un vidrio cerámico, resina o caucho. El desgaste es más rápido con los adhesivos suaves, pero las ruedas se pueden trabajar a mayores velocidades y producirse en secciones más delgadas, como los discos de corte.

Resistencia

Diversas investigaciones en el campo de los cerámicos han permitido el desarrollo de materiales con propiedades de alta especificidad, para satisfacer demandas industriales puntuales.

Resistencia a la corrosión

Si bien a la corrosión frecuentemente se la asocia con la oxidación de los metales, los cerámicos también se corroen o reaccionan con el medio ambiente.

El concreto, por ejemplo, por lo general es muy estable, pero al contener hidróxido de calcio y aluminato de calcio (los cuales son atacados por sulfatos tales como el del calcio frecuentemente presente en el agua subterránea) es susceptible de corroerse.

El concreto es usado bajo tierra para proteger estructuras de acero y tuberías, así como para protección de las varillas de acero en el hormigón armado.

Cuando el concreto fragua genera álcalis que produce una película de óxido férrico sobre la superficie del acero que lo protege de su posterior corrosión. Es importante que la cubierta de concreto sea lo más densa posible para evitar que, por ejemplo el agua, pueda penetrarlo y atacar al acero.

Los vidrios son muy resistentes al ataque de una gran variedad de agentes químicos, incluyendo detergentes y ácidos.

Los esmaltes de porcelana son muy resistentes a la corrosión, y se usan para protección de muchos aceros y fundiciones de hierro. Estos están compuestos de vidrios silicatos y borosilicatos, con la adición de fundentes que promueven la adhesión. Su composición química debe ser ajustada de modo que su coeficiente de expansión térmica sea lo más próximo al del metal. Al menos dos capas de esmalte son aplicadas.

El óxido de cromo es otro cerámico resistente a la corrosión, a la erosión y abrasión.

El carburo de silicio es inmune a los ácidos clorhídricos, fluorhídricos y al hidróxido de potasio. Este material es utilizado para fabricar sellos y cojinetes en contacto con ácidos o bases fuertes, y también

para camisas de bombas, ejes y bujes donde es necesario resistencia a la corrosión y al desgaste.

Resistencia al desgaste

Las excelentes propiedades de los cerámicos en lo referente a dureza, resistencia a la compresión, estabilidad dimensional, resistencia a la temperatura y a la corrosión, hacen una clase de materiales muy versátiles que pueden ser usados en un amplio rango de aplicaciones para resistir al desgaste.
La alúmina, el carburo de silicio y el nitruro de silicio son los materiales de mayor uso para resistir las más diversas condiciones de desgaste.
El comportamiento al desgaste por rozamiento está determinado por las fuerzas de enlace desarrolladas entre materiales en contacto, pudiendo ser el otro material también cerámico o, por ejemplo, un metal.
Las propiedades volumétricas incluyen la estructura cristalina, la energía de cohesión y la presencia o ausencia de defectos.
Si bien los cerámicos son frágiles y fracturan con muy poca o ninguna deformación plástica, existen excepciones, puesto que ha sido observada deformación plástica en las capas superficiales de algunos cerámicos en contacto cuando ambos están sometidos a carga y movimiento relativo.
La presencia de agua y agentes orgánicos sobre las superficies pueden afectar la adhesión y la fricción de las partes alterando la cantidad de deformación plástica durante el deslizamiento o rozamiento, y por ende afectando el desgaste.
Cuando los cerámicos están en contacto con metales, las grandes diferencias en deformación elástica y plástica pueden resultar en arañamientos en el material más blando, incrementando el desgaste.
El medio ambiente también puede jugar un importante rol puesto que la absorción de ciertas partículas pueden afectar significativamente las características de adhesión de las superficies. La temperatura tiene un efecto importante también puesto que influencia tanto la adsorción como la remoción de adsorbatos. Metales con altas resistencias al cizallamiento conducen, en general, a más bajos coeficientes de fricción.
Los tres factores básicos que afectan al desgaste son:
1. Deformación plástica;
2. Fisuración o fragilidad;
3. Interacción química con el medio.

También están influenciados por características microestructurales como poros y tamaño de grano.
En cerámicos cristalinos sometidos a rozamiento, la fisura puede ser causada por las fuerzas de deslizamientos o maclado.
En el caso de desgaste por erosión, en donde las partículas erosivas arrancan trozos minúsculos de material, la resistencia al desgaste estará determinada por la fragilidad o facilidad de fisuración del cerámico. A mayor tamaño de grano es menor la resistencia al desgaste, dado la menor tenacidad de la estructura.
La porosidad también afecta al desgaste y el efecto es más grande para cargas compresivas dada la posibilidad de iniciar fisuras en ellos con la consiguiente propagación. En general, el desgaste incrementa exponencialmente con la porosidad. El tamaño de los poros es el determinante, cuanto mayor sea el tamaño, mayor será el efecto sobre la fisuración.

Resistencia al impacto

En relación con mejorar la resistencia al impacto y la tenacidad de los cerámicos, los investigadores han trabajado mucho en los últimos años llegando a desarrollar los llamados cerámicos tenaces, los cuales ya comienzan a aplicarse en la fabricación de un gran número de piezas y componentes donde se requieren una combinación de propiedades que incluyan tenacidad, resistencia mecánica y al desgaste, resistencia a altas temperaturas y

resistencia a la corrosión.

Resistencia mecánica

En general los materiales cerámicos son duros y frágiles. Esto es una consecuencia directa de su estructura. Además son muy sensitivos a los defectos introducidos durante su procesamiento y durante el servicio. La resistencia a la rotura por tracción es muy baja, siendo estos materiales muy sensibles a los concentradores de esfuerzos, como los defectos de la superficie (muescas, raspaduras, grietas) y a los defectos microestructurales (impurezas, segundas fases amorfas, porosidades). Además, las diferentes expansiones térmicas de las regiones no homogéneas y los distintos módulos elásticos conducirán a tensiones residuales cuando el material se enfría luego del sinterizado produciendo concentración de tensiones en la vecindad de los defectos.

Por otro lado, los valores de resistencia a la compresión son altos y por ello su utilización es satisfactoria en situaciones de cargas de compresión. La resistencia a la compresión es cercana a los valores de resistencia a la tracción de los metales, mientras que esta última propiedad, para los cerámicos, es 1/10 de la resistencia en los metales.

La discrepancia entre resistencia a la tracción y compresión en cerámicos es en parte debida a la naturaleza frágil de los cerámicos. Bajo tensión los cerámicos, a diferencia de los metales, son capaces de fluir y relevar tensiones. Otro importante factor es la presencia de pequeñas rajaduras que casi siempre se encuentran presentes en muestras de tamaño apreciable desde las cuales pueden propagarse fisuras bajo tracción pero no bajo compresión; es más importante la forma y tamaño de éstas que su cantidad.

Resistencia química

Casi todos los productos de cocción elevada se caracterizan por una muy buena resistencia a la acción química. Para los fines prácticos se los puede considerar completamente inertes frente a los productos químicos, con la excepción del ácido fluorhídrico y ciertas soluciones cáusticas calientes. Más aún, la propiedad de inactividad química es poco afectada por las temperaturas; las pastas blancas por ejemplo, son resistentes a 1.000ºC como a la temperatura ambiente.

La gran resistencia química de los productos cerámicos ha sido conocida desde hace mucho tiempo, habiéndose utilizado ventajosamente en una gran cantidad de equipos químicos.

Resistencia térmica

Una de las virtudes de los cerámicos es su capacidad de soportar altísimas temperaturas de servicio.

El término cerámico es casi un sinónimo de materiales con puntos altos de fusión. Esta característica es el fundamento de su utilización en aplicaciones de temperatura elevada, como en ladrillos y morteros refractarios, recubrimientos de hornos, aislantes térmicos, recubrimientos resistentes al calor, etcétera.

La resistencia a la temperatura de los cerámicos está determinada por diversas propiedades térmicas que incluyen:

1. Expansión térmica: es la propiedad de un material de cambiar su volumen específico con la temperatura;
2. Conductividad térmica: es la propiedad de transmitir calor hacia otros cuerpos;
3. Resistencia al choque térmico: es la capacidad de soportar tensiones térmicas generadas durante grandes diferencias de temperatura;
4. Resistencia al creep: el creep es la velocidad de deformación de un material ante la aplicación de temperatura.

Cuadro 3. PROCESOS DE LOS CERÁMICOS		
ACABADO	**En Seco**	
	Húmedo	
	Torneado	
COLADA	**Hueca o de Vertido**	
	Presión	
	Sólida	
ENSAMBLADOS O PEGADOS		
EXTRUSIÓN	**Continua**	
	Discontinua o Intermitente	
HORNEADO	**Bizcocho**	
	2ª Cocción	
	3ª Cocción	
PRENSADO	**En Caliente**	
	En Seco	
	Proceso de Ariete	
	Semiseco o en Polvo	
PROCESOS PREVIOS	**Preparación de las Pastas**	
SECADO	**Conducción**	
	Convección	
	Natural	
	Radiación	
TORNEADO	**Con Molde**	
	Por Rodillos	
	Semi / Totalmente Automático	
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	**Engobe**	
	Impresión Bajo Vidriado	Calcomanía
		Espolvoreo
		Pintado
		Pulverización
		Serigrafía
	Impresión Sobre Vidriado	Espolvoreo
		Pintado
		Pulverización
		Serigrafía
VIDRIADO	**Agrietado**	
	Crudo de Plomo	
	Crudo Sin Plomo	
	De Sal	

Procesos de los cerámicos

Acabado

Cualquiera sea el método utilizado para el moldeado se requieren comúnmente una serie de operaciones antes de que la pieza esté en condiciones de ser sometida al cocido. Estas operaciones pueden ser efectuadas antes o después del secado. Las operaciones de acabado eliminan muchas pequeñas fallas que de no ser subsanadas en ese momento provocarían el rechazo de la pieza después de la cocción. Debido a las características de individualidad de las operaciones que deben efectuarse en cada pieza, poco se avanzó en la tendencia hacia la mecanización del acabado; comprenden todavía un porcentaje elevado del costo total por mano de obra aun en grandes industrias.

Acabado en seco

Se lleva a cabo con papel de lija o con un cepillo duro. Esta operación destinada a eliminar irregularidades más pronunciadas se realiza a la pieza seca en una mesa giratoria situada bajo una campana de extracción de polvo.

Acabado húmedo

Se hace con esponja o con pincel. De este modo se eliminan las irregularidades y se rellenan los huecos.
En el proceso por colada, el desgaste de los moldes en los bordes de las juntas hace que aparezcan pequeñas aletas sobre la pieza colada; los poros del yeso, por su parte, ocasionan pequeños granos sobre la superficie de la pieza colada, que deben ser correctamente suavizados. En ciertas coladas deben terminarse o redondearse los bordes superiores o de las bocas de salida de barbotina. Estas operaciones son casi siempre realizadas por mujeres con una serie de sencillas herramientas confeccionadas en la misma planta.
Las piezas obtenidas por prensado también pueden tener aletas o rebabas que deben ser eliminadas; por último se debe cepillar la pieza para sacarle todo el polvo superficial antes del cocido.

Acabado del torneado

El acabado de piezas torneadas, comúnmente ejecutado por el mismo tornero sobre su máquina, consiste en la aplicación de una esponja húmeda para la obtención de una superficie suave. También este proceso se realiza posterior a la cochura, aunque no es muy frecuente. Las bases de algunas tazas se terminan por este proceso.

Colada

El proceso de producción de piezas cerámicas por colada en moldes de yeso tuvo su origen en Europa entre 1700 y 1740. Comprende la preparación de la barbotina, que es la suspensión acuosa de los materiales integrantes de la pasta y su introducción dentro de los moldes de yeso. La velocidad de moldeo decrece al ir saturándose el yeso y perder su capacidad de absorción. Este factor, sumado a la resistencia de la capa de arcilla al paso del agua, da una relación en la que el espesor varía con la raíz cuadrada del tiempo.
En términos generales, desfloculación de una pasta se llama al proceso químico (por adición de determinados agentes) que la hace más fluida, menos viscosa. Mediante la desfloculación se puede conseguir una pasta más fluida sin necesidad de agregar agua, lo cual permite moldear pasta a presión normal disminuyendo considerablemente el porcentaje de contracción durante el secado y la cochura.
En el proceso inverso, la floculación, la pasta se densifica. En el caso de la colada, ésta se produce en la pasta por la acción floculante del sulfato

de calcio del yeso. Algunos autores indican este proceso como el principal en el moldeo de colada; esto explica como continúa produciéndose la solidificación de la barbotina en moldes prácticamente saturados de agua.
Las propiedades de las barbotinas son de importancia, particularmente cuando se trata de colar piezas grandes y de formato complicado. Una buena barbotina de colada debe dar una pieza firme y de consistencia uniforme en un mínimo de tiempo. Estas barbotinas deben ser, además, de composición tal que la pieza recién colada tenga una resistencia suficiente como para retener su forma una vez abierto el molde, aun cuando habrá de estar lo suficientemente húmeda como para permitir la realización de las operaciones de pegado y acabado.
Los más importantes factores, según se los considera generalmente, que afectan la aptitud de colada de las barbotinas son: composición, tamaño del grano, capacidad de intercambio de bases de las arcillas, contenido de sales solubles, PH, peso específico, viscosidad, agregado de electrolitos, temperatura y el grado de envejecimiento.
Moldes para colada: estos moldes rara vez se construyen de una sola parte. Generalmente se requieren tres o más partes para tener un buen desmolde. Las piezas del molde deben ensamblarse con exactitud mediante muescas que machihembran entre sí, y a la vez sujetarse fuertemente durante la colada.

Colada hueca o de vertido

En este tipo de colada se emplean moldes de yeso que dan únicamente la forma exterior de piezas huecas.
En una primera instancia, se los llena de barbotina. Entonces, el agua integrante de la porción de barbotina vecina al molde es absorbida por éste; después de un período de fraguado de duración específica, se invierte el molde y se escurre la barbotina aún fluida del centro; queda así una capa semirígida con un contenido de agua de 15 a 18% adherida al interior del molde. El espesor de esta capa es determinado por el contenido original de agua tanto de la barbotina como del molde. El endurecimiento dentro del molde se da por una doble acción de eliminación de agua y floculación.

Colada por presión

Algunos artículos como los aisladores eléctricos son moldeados en moldes a presión para aumentar la velocidad de moldeo y disminuir la contracción. Se usan moldes formados por láminas plásticas permeables y discos de filtro cerámico.
En la colada es muy importante la propiedad de tixotropía. En la colada hueca son convenientes pastas de tixotropía baja que fluyan en espacios chicos; por el contrario, una más tixotrópica adquiere la solidez suficiente para la extracción del molde en la colada sólida.

Colada sólida

En este tipo de colada los moldes determinan la forma exacta de todas las superficies, de modo tal que todo espacio comprendido entre ellos se llena y posteriormente se solidifica toda la pasta vertida. En estos moldes es muy común que se produzca un racimo de varias piezas interconectadas, las cuales luego de su solidificación son extraídas, desconectándolas de sus canales, para someterlas a un acabado y/o pegado junto a otras piezas para poder pasar al proceso de cochura.

Ensamblados o pegados

Entre otras operaciones auxiliares que se efectúan simultáneamente se halla el pegado o ensamblado de las partes.
Diversos objetos se fabrican preferiblemente en

dos partes o más, y se unen antes de estar totalmente secas.
Así, por ejemplo, si las tazas se modelan por torneado y sus asas se obtienen por colada sólida, cuando todavía se encuentra húmeda se la fija sobre la taza previa inmersión de los dos extremos en una pasta arcillosa de la misma composición (barbotina), debiéndosela sostener en su posición correcta hasta que el agente de adhesión se endurezca. Otros ejemplos son los artículos sanitarios de formas complejas y los empalmes de tuberías.

Extrusión

El proceso de extrusión brinda un inmejorable método de modelado para ciertos artículos de longitud grande en relación al diámetro y de sección transversal uniforme. Se trata de un proceso de gran importancia comercial en la producción de artículos para la construcción.
Las pastas en condiciones de ser sometidas a la extrusión contienen de 12 a 16% de agua pudiendo contener además un porcentaje mucho mayor de materiales no plásticos que las pastas para colada o torneado. Con frecuencia se incluyen aglutinantes orgánicos para mejorar tanto la plasticidad como la resistencia seca.
La pasta más espesa que la usada en el torneado se fuerza a fluir por una boquilla con la forma del perfil de la pieza.
Una variante es la extrusión **discontinua o intermitente** sobre la base de un émbolo de movimiento alternativo. Sin embargo, el sistema continuo es el más común en la industria cerámica. Básicamente consiste en un tornillo helicoidal que arrastra hacia la matriz la pasta que se carga a través de una tolva. El perfil salido por la boquilla se corta de la longitud deseada.
El chorizo obtenido por extrusión puede ser macizo cuando se trata, por ejemplo, de parantes refractarios para las vagonetas de hornos, pudiendo también tener uno o más agujeros paralelos a la dirección de la extrusión. Estos se obtienen por medio de agujas o punzones adecuadamente colocados en el molde, para el caso de ladrillos huecos, piezas de revolución, etcétera.
Casi todas las piezas obtenidas por extrusión pueden ser sometidas, en un proceso posterior, a operaciones de torneado en tornos similares a los usados para metales. Se pueden trabajar piezas que posean una humedad del 6 al 10%, y para casos en los que se trabaje con menos de 2%, es necesario instalar equipos colectores de polvo.

Horneado

Los materiales cerámicos deben, por definición, sufrir al menos una cochura que convierta al material moldeado irreversiblemente en un producto duro, resistente al agua y a los productos químicos.
Los materiales vidriados se cuecen tradicionalmente dos veces. Primero, la cochura del bizcocho; como 2ª cocción, se aplica el vidriado y se cuece a una temperatura inferior. Existe una 3ª cocción en los casos que después de la aplicación de un barniz (vidriado) se le aplique un pintado o un calcado parcial.
Ajustando la composición de la pasta y del vidriado se consigue una monococción.
Cuando la pasta ha alcanzado la condición final deseada se dice que ha madurado.
El calor generado dentro del horno modifica la estructura de las pastas. En un comienzo se da un período de humeo del agua, en el cual se elimina el agua libre retenida por un secado incompleto y luego el agua químicamente enlazada. Posteriormente se dan una serie de reacciones de oxidación y descomposición de la materia orgánica, seguidas por un período donde el cuarzo se invierte a formas de alta temperatura, y finalmente se produce

la fusión del feldespato en la que se forma la fase vítrea dentro de la pieza.
En el horneado es tan importante llevar el material a la temperatura de maduración como controlar la velocidad de calentamiento y enfriamiento. De acuerdo con las características de cada pasta se establece un programa de cochura que responde a las distintas reacciones de la misma en el horno. Las condiciones de la cochura así manejadas dan a la pieza cocida diferentes características; por ejemplo, una loza puede ser de composición idéntica a la de una porcelana con la única diferencia de haber sido horneada a un temperatura inferior.

Tipos de hornos

El tipo de horno hormiguero de los comienzos de la alfarería es el primer antecedente de los actuales hornos intermitentes. El principio básico consiste en un recinto cerrado en que se genera calor, se deja enfriar y luego se retira la carga, cerrándose así el ciclo de horneado. En los hornos antiguos, el recinto se construía con tierra y el combustible era leña.
Los hornos actuales tienen un revestimiento interior refractario y son generalmente eléctricos o a gas. Este tipo de horno intermitente se utiliza para bajas producciones ya que requieren más tiempo entre carga y carga y una gran cantidad de combustible para calentar la estructura, calor que luego se pierde totalmente durante el enfriamiento.
Los hornos más adecuados para la producción en serie son los de tipo continuo, de los cuales el más común es el horno de túnel. Este consiste en una estructura de túnel de sección constante con zonas a diferentes temperaturas que corresponden al programa de cochura; las piezas avanzan por dentro en vagonetas o cintas transportadoras con planchas refractarias.
Entre los desarrollos recientes, ha sido desarrollada una nueva técnica de sinterización para cerámicos, el calentamiento por microondas. Por este nuevo método es posible obtener cerámicos más resistentes, a menor costo y en menor tiempo, comparados con los métodos convencionales.

Prensado

Prensado en caliente

Este proceso se basa en la compresión de una masa de arcilla plástica entre un molde de yeso y una matriz de acero calentada entre 200 y 300ºC. En la mayoría de los casos en que se aplica este proceso, la matriz es un cuerpo de revolución que gira para conferir a la superficie un acabado perfecto.
La temperatura transmitida por la matriz de acero a la pasta, ayuda a eliminar gran parte de la humedad. De esta manera la pieza conformada ya adquiere la rigidez necesaria para salir de la matriz y ser sometida al próximo proceso.
Este proceso se emplea en la fabricación de algunos aislantes eléctricos.

Prensado en seco

Aunque puede estar presente hasta un 4% de agua, no hace uso alguno de la plasticidad natural que puede tener una arcilla por inclusión de agua. Mediante adiciones adecuadas de lubricantes y aglutinantes pueden producirse piezas prensadas en seco de cualquier materia prima, posea o no plasticidad alguna, que sea capaz de endurecerse por cochura.
Los materiales prensados en seco pueden moldearse automáticamente, puesto que no se produce adherencia alguna y las piezas moldeadas son resistentes. Sin embargo, por no poder producir ningún flujo plástico, los gránulos deben estar correctamente distribuidos en la matriz antes de

que se inicie el prensado; tampoco puede expulsarse exceso alguno entre las partes de la matriz. Estas dificultades de flujo se contrarrestan con un llenado de las matrices con la cantidad justa de polvo y en distintas alturas.
Actualmente, a este proceso se lo utiliza para la fabricación de porcelana eléctrica, accesorios para baño, azulejos, baldosas, ladrillos refractarios, ruedas abrasivas y loza para mesa.

Proceso de ariete

Consiste en comprimir una masa de arcilla plástica entre los moldes de yeso. Dentro de los moldes un tubo poroso permite aplicar un vacío a fin de levantar la arcilla comprimida desde el molde superior y soltar la pieza después sobre una placa mediante presión.
Este proceso encuentra aplicación en piezas que no pueden ser moldeadas por torneado por no ser sólidos de revolución.

Prensado semiseco o en polvo

Las pastas contienen aproximadamente de 10 a 15% de humedad. Bajo una presión suficiente se produce un flujo plástico hacia los huecos de la matriz, y de hecho algunas de estas pastas aunque de aspecto granular pueden formar un todo compacto cuando se comprimen con la mano. Las piezas prensadas son algo frágiles y tienen rebabas ahí donde el exceso de pasta ha sido expulsado de la matriz.
Todavía se produce una cierta contracción en el secado.
Las piezas cocidas vitrificadas moldeadas por este procedimiento no alcanzan la densidad de una pieza prensada verdaderamente en seco. Por esta razón puede fabricarse porcelana eléctrica para bajo voltaje.
Este método se usa universalmente para la fabricación de baldosas.

Procesos previos

Preparación de las pastas

Se han descrito las distintas materias primas que se usan en la preparación de las pastas cerámicas. En general, estos materiales habrán sido cuidadosamente tratados en las plantas productoras para llegar a la planta cerámica en condiciones de ser usados.
En algunos casos, ciertos factores, tales como el costo u otros podrán inducir al fabricante de cerámica a adquirir las arcillas u otros materiales al estado no refinado; este proceder no es siempre muy exitoso. Por todo esto, es casi imprescindible para el comprador, la realización de ciertos ensayos sobre las materias primas adquiridas antes de permitir su utilización en la producción. Estos ensayos varían con el tipo de material pero, aún así, comprenden comúnmente un conocimiento de pureza, el contenido de humedad (a los efectos del pago, que se pueden establecer descuentos en proporción a este contenido), punto de fusión, tamaño de partículas y otros.
En una segunda instancia, los procesos de obtención de la materia prima como el lavado, secado, purificado, molido, triturado, filtrado, etc., no son de gran interés para el Diseño Industrial.

Secado

Existen en la industria distintos métodos de secado; los más comúnmente usados son los que comprenden el secado por evaporación de agua con suministro de calor.
Otras formas de sacarle el agua a una pasta son: por fuerza centrífuga o por compresión contra un molde de yeso.

Conducción

El secado por conducción tiene lugar en los seca-

deros llamados de suelo caliente. Se colocan las piezas sobre una superficie en la que el calor se transmite desde conductos subterráneos.
Este tipo de secado es usado especialmente para piezas de gran tamaño que deben ser secadas muy lentamente.

Convección

Este proceso se logra por medio de una corriente ascendente de aire, para alejar el vapor de agua de las piezas.
El secadero está alimentado por tubos de vapor o bien se le inyecta aire caliente o los gases residuales del horno.

Natural

El secado natural por exposición de la arcilla a la atmósfera es el modo más tradicional pero requiere un excesivo tiempo para los ritmos de una producción industrial y con él la necesidad de amplios lugares de almacenamiento y un perjudicial manipuleo. Sin embargo la aceleración del tiempo de secado conlleva un riesgo de agrietamiento o rotura.

Radiación

Las piezas se calientan por absorción de calor radiante. Esta es la energía que transmite un cuerpo en función de su temperatura.
El calor radiante es emitido por superficies calentadas a gas o eléctricamente. Para este fin tienen una longitud de onda dentro de la banda infrarroja por lo que este método también se llama secado infrarrojo.
La radiación acelera notablemente el tiempo de secado sobre todo en piezas de espesores chicos y en vidriados por absorberse el calor en la superficie de las piezas.
El color de las pastas ejerce un pronunciado efecto sobre la aptitud a la absorción de calor de las radiaciones infrarrojas. El agregado de anilinas oscuras a las pastas acelera aún más la operación de secado.

Torneado

La práctica del torneado de las piezas arcillosas con el llamado torno alfarero nos llega desde la antigüedad. Es sencillamente una adaptación de uno de los más antiguos procesos cerámicos; la rueda o torno del alfarero ha cambiado muy poco a través de los miles de años en los que el hombre ha modelado las arcillas con el fin de producir artículos de utilidad.

Torneado con molde

Cuando se requieren numerosos artículos idénticos se usa la combinación de moldes de yeso y perfiles metálicos. En el torneado con molde participa un plato que tiene una forma cónica para la fijación y renovación de los moldes de yeso. Estos pueden dar la forma interior de las piezas y la herramienta metálica la exterior, o viceversa.
Para el torneado de piezas más bien planas se prepara una torta aplastada y circular (una preforma aproximada a la final) para reducir el trabajo de torneado. Este paso puede ser realizado manual o mecánicamente.
En piezas cóncavas se comienza echando en el molde un trozo de pasta extrudada y cortada en una cantidad aproximada. A continuación se hace descender el perfil gradualmente, efectuando un trabajo de amasado: presiona contra el molde y a la vez arranca y retira el material sobrante.
Cuando la pieza está totalmente moldeada se eleva el perfil, se detiene el torno y el molde se retira y se pone a secar con la pieza sobre él.
Los defectos de las piezas torneadas son alturas de bordes irregulares y fondos cóncavos y convexos. Estos se deben a las diferentes densidades

producidas durante el moldeo, con la consecuente diferencia de contracción durante el secado. Esto puede solucionarse modificando el diseño y ángulo de la herramienta y también combinando el efecto de corte y compresión de la misma.

Torneado por rodillos

El lugar del perfil es reemplazado por un rodillo metálico. Este rodillo gira sincronizadamente con el cabezal comprimiendo la pasta y produciendo una pieza sin tensiones. El rodillo se detiene en la última fase del moldeo para dar una mejor terminación superficial.
Este método evita la preparación de la torta, pudiéndose fabricar a partir del taco de arcilla como sale de la extrusora.

Torneado semi y totalmente automático

El principio básico es el mismo que el del torneado con molde, pero automatizando algunas etapas del proceso.
En los torneados semiautomáticos, el sistema es alimentado por un operario no especializado que también retira manualmente los moldes.
Automáticamente se realiza la preparación de la torta, la operación del moldeo, pulverización de agua para lubricación y corte de rebabas.
Estas máquinas llevan dos o más cabezales que aceleran la velocidad de producción (34 ó 120 docenas de tazas por hora).
Un tipo de torno invierte los papeles del cabezal del torno y el perfil, y una mesa giratoria lleva los moldes cargados manualmente hacia una cabeza de moldeo única que consta de tres perfiles.
Los tornos totalmente automáticos se alimentan por una boquilla que corta las porciones en la cantidad exacta necesaria; se premoldea en caliente una forma aproximada; recibe una pulverización de agua, y se tornea. Luego pasa a un secador, y al salir de él las piezas se sacan del molde manualmente. Al terminar el ciclo los moldes vuelven al punto de partida.
Es conveniente citar aquí, además, algunas otras observaciones relacionadas con los procesos de torneado. Para que una pasta cerámica pueda ser moldeada al torno debe tener buena plasticidad y estar constituida por materiales de grano fino. La plasticidad se obtiene principalmente por influencia del contenido de agua que oscila entre 20 y 30%. Se han desarrollado muchos métodos de laboratorio para medir la plasticidad, los que facilitan el ajuste de un mínimo contenido de agua para que impacte favorablemente en la posterior contracción de la pieza.

Tratamientos superficiales

Existen distintos métodos de decoración de las piezas de cerámica que se pueden dividir entre los que se refieren a la pasta y al vidriado.

Engobe

Gran número de materias primas cerámicas contienen agentes colorantes que comunican colores característicos a los productos fabricados con ellos. Esto se ve particularmente en los ladrillos y baldosas de construcción color rojo, en los cuales el agente colorante es el hierro.
También se emplean arcillas coloreadas en objetos más finos. Es importante una fina molienda de la materia prima si se desea obtener un color uniforme. Puede emplearse material de pasta coloreado o teñido para decorar la superficie de una pieza. Por ejemplo, pueden fabricarse objetos gruesos a partir de una pasta cuyo color sea indeseable y cubrirse luego con un engobe o suspensión de pasta, de mejor calidad e igual color. Se aplica a la pasta en estado de dureza de cuero por inmersión, pulverización o a pincel.

Impresión bajo vidriado

Los agentes colorantes cerámicos se elaboran en forma de pintura o tinta con cargas, vehículos, aceites, etc., y pueden aplicarse a continuación a los objetos mediante pulverización, pintado a pincel, espolvoreo, calcomanía o serigrafía. Posteriormente se aplica el vidriado sobre esta decoración y la pieza se somete finalmente a la cochura del vidriado. Este es el método más duradero de aplicación de una gráfica, pero la interacción de los agentes colorantes tanto con la pasta como con el vidriado, junto con la elevada temperatura de la cochura del vidriado restringen el campo de colores disponible.

Impresión sobre vidriado

En este método los agentes colorantes mezclados con un fundente vítreo de bajo punto de fusión se aplican objetos que ya han recibido su cochura de vidriado y se fijan a ellos por una cochura ulterior a menor temperatura. También en este caso puede conseguirse cualquier combinación de color y dibujo mediante pintado a pincel, a pistola, espolvoreo y serigrafía. Como la temperatura y la duración de la cochura son menores que en una cochura de vidriado, el campo de colores para la decoración sobre el vidriado es mucho más extenso que para decoraciones bajo el mismo. La resistencia mecánica de la decoración sobre el vidriado es desde luego menor que la correspondiente bajo vidriado.

Vidriado

Los vidriados son capas finas de vidrio fundidas sobre la superficie de la pasta. Se aplican para hacerlas impermeables, de mayor resistencia mecánica y al rayado, más inertes químicamente. Se realiza por los métodos de inmersión o por soplete dejando sobre la pasta seca, cruda o en biscocho, una suspensión acuosa que contiene los componentes finamente molidos: fundentes y agentes colorantes.

El vidriado debe estar preparado de manera tal que pueda fluir a un vidrio viscoso y homogéneo pero sin llegar a escurrir por las partes verticales o inclinadas de la pieza.

Por otra parte los coeficientes de expansión del vidriado y la pasta deben ser compatibles, es decir, próximos entre sí, para evitar defectos de cuarteado o incluso fisuras en el enfriamiento.

Vidriado agrietado

Antiguamente, el agrietado se producía de forma accidental en pastas de gres y porcelana china, pero más tarde fue controlado para conseguir efectos en la textura.

Estos vidriados tienen altos coeficientes de dilatación y al enfriarse, aparecen en ella grietas capilares. El tamaño de la malla es regulable, las grietas pueden ser rellenadas con algún colorante para que se destaquen y recubrirse con otro transparente para que la superficie quede lisa brillante.

Vidriado crudo de plomo

Estos vidriados fluyen bien en el horno a baja temperatura, pero el óxido de plomo es altamente tóxico, por lo que su uso esta restringido a la cerámica artística.

Vidriado crudo sin plomo

Este tipo de vidriado es de una temperatura de maduración inferior a la de otros vidriados y no tienen el brillo ni el poder cubritivo de los vidriados de plomo.

Vidriados de sal

Estos no solo se diferencian por su composición, sino también por su forma de aplicación. El vidriado se deposita sobre la pasta en el horno por medio de la evaporación de las sales.

Compuestos

Compuesto, sustancia obtenida por la combinación de dos o más materiales diferentes. Un material compuesto (composite) puede presentar propiedades mecánicas y físicas especiales, ya que combina las mejores propiedades de sus componentes y suprime sus defectos. Por ejemplo, el plástico reforzado con fibra de vidrio combina la alta resistencia de las delgadas fibras de vidrio con la ductilidad y la resistencia química del plástico; sin embargo, la fragilidad que presentan las fibras de vidrio aisladas no se manifiesta en el material compuesto.

La oportunidad para desarrollar productos para la industria del motor y la ingeniería aeroespacial, así como otros usos recreativos han mantenido el interés en este tipo de materiales. Pero los materiales compuestos también se utilizan en muchas otras aplicaciones, como en las obras públicas para construir puentes o reforzar pilares, y en productos biomédicos, como las prótesis.

Los materiales compuestos suelen elaborarse con fibras sintéticas integradas en una matriz, material que las rodea y las fija. El tipo de material compuesto más utilizado es el compuesto de matriz polímera que consiste en fibras de un material cerámico, como el carbono o el vidrio, insertadas en una matriz plástica. Por lo general, las fibras ocupan alrededor del 60% del volumen en los compuestos de este tipo. También se utilizan matrices metálicas y cerámicas para sustituir a la matriz plástica; así se obtienen materiales más específicos llamados compuestos de matriz metálica, y compuestos de matriz cerámica respectivamente. El componente fibroso de refuerzo de estos materiales puede consistir en fibras continuas o en segmentos cortos. Si se utilizan fibras cortas, estas deben ser de mayor diámetro. Se suelen utilizar fibras largas continuas para elaborar materiales destinados a estructuras de alto rendimiento. La resistencia específica (relación entre resistencia y densidad) y la rigidez específica (relación entre elasticidad y densidad) de los compuestos de matriz polímera de fibras de carbono continuas, por ejemplo, pueden ser muy superiores a las de muchas aleaciones metálicas convencionales. Los compuestos también pueden tener otras propiedades, como la alta conductividad térmica o eléctrica o un bajo coeficiente de dilatación. Además, de acuerdo con la orientación de las fibras o la forma en que estén entretejidas en la matriz, pueden fabricarse con propiedades estructurales específicas para usos concretos. Otra ventaja muy importante es el bajo peso, ya que el material utilizado en el compuesto es mínimo y responde específicamente a los esfuerzos requeridos de cada pieza.

A pesar de presentar ventajas considerables sobre los materiales convencionales, estos materiales tienen algunos inconvenientes. Por ejemplo, los materiales compuestos de matriz polímera y otros tienden a ser muy anisotrópicos, es decir, su resistencia, rigidez y otras propiedades físicas son diferentes de acuerdo con la orientación del material. Por ejemplo, si se fabrica un material compuesto de matriz polímera de manera que queden paralelas todas las fibras, el material será muy rígido en paralelo a las fibras, pero muy poco en perpendicular a ellas. Estas propiedades anisotrópicas constituyen un reto importante para el diseñador que utilice estos materiales en estructuras que apliquen fuerzas multidireccionales a sus componentes. También es complicada la elaboración de uniones resistentes entre piezas de material compuesto.

Cuadro 4. MATERIALES TERMOESTABLES COMPUESTOS

RESINAS	FIBRAS					COMPLEMENTARIOS	
De Siliconas	Naturales	Inorgánicas	Tejidos y Fieltros de Amianto	Crisolito (Blanco)		Aditivos Especiales	Polvo de aluminio
				Cricidolita (Azul)			Grafito
				Amosita			Limaduras de acero, sílice, dióxido de titanio, polvo de pizarra.
			Tejidos y fieltros de asbesto				
Etoxilínicas (Epoxi)		Orgánicas	Algodón				
			Lino				Trióxido de Antimonio
			Sisal				Ceras cloradas
			Yute				
	Sintéticas	Carbono Boro	Silicio				
			Cerámicas				
			Hilados Metálicos	Acero			
Fenólicas				Acero inoxidable			
				Cobre			
				Titanio		Agentes Desmoldantes	Ceras
				Berilio			Soluciones acuosas de alcohol polivinílico
Furánicas				Tungsteno			
				Molibdeno			Soluciones en solventes de rápida evaporación
		Poliméricas	Acrílicas				
			Copolímeros de cloruro de vinilo				Películas como las de acetato
Melamínicas			Poliamídicas				
			Poliésteres de cadena lineal				Desmoldantes permanentes o semipermanentes
		Vidrios	Silionne				
			Verranne				
Modificadas			Tejidos y fieltros				
			A-glass	C-glass			
			D-glass	E-glass			
			ECR-glass	S-glass			
			R-glass				
Poliésteres no saturados		Whiskers	Carbono			Cargas	Alumina
			Carburo de silicio				Barita
			Cinc				Caolín
			Hierro				Carbonato de calcio
			Oxido de alúmina				Carbonato y óxido de magnesio
			Oxido de magnesio				
			Titanato de potasio				Microesferas de Saran

La utilización generalizada de materiales compuestos no es posible aún debido a su elevado costo de fabricación. En la actualidad el proceso de producción de estos materiales es muy laborioso. Sin embargo, a medida que se desarrollen y mejoren estas técnicas, será posible producir grandes volúmenes de materiales compuestos con menor costo, lo que ampliará la utilización de estos materiales en muchos otros campos.

Materiales termoestables compuestos

Los materiales termoestables compuestos poseen características estructurales que los hace estables o permanentes ante el aumento de temperatura, sin prevalecer el tipo de polímero usado. Esta propiedad depende de la combinación de resinas, fibras y otros materiales complementarios que conforman el compuesto.

Resinas

Contrariamente al vidrio, un material tan antiguo como la civilización misma, las resinas que se emplean en los plásticos reforzados son, en cambio, típicos exponentes actuales de los más modernos procesos de síntesis de la química macromolecular. En su origen, el término «resina» estaba reservado a ciertas sustancias naturales, especialmente de origen vegetal y de apariencia vítrea, duras o más o menos pegajosas.
La analogía de ciertos productos sintéticos, generalmente en un estado intermedio entre cristalino y amorfo, con tales resinas naturales, dio el origen al nombre «resinas sintéticas» o más simplemente resinas, con el que se los denomina hoy corrientemente.
1. Desde un punto de vista práctico, las resinas se dividen en dos grandes grupos:
2. Resinas termoestables o termoendurentes: se presentan en forma de líquidos más o menos viscosos; por efecto de un agente especial iniciador, tiene lugar una reacción de polimerización que provoca el endurecimiento de las resinas de manera irreversible. También se conocen como resinas autoendurentes;
3. Resinas termoplásticas: se presentan en estado sólido, generalmente bajo forma de polvos, gránulos o perdigones (pellets); se ablandan o funden con el calor y pueden por lo tanto moldearse bajo presión, conservando su nueva forma al enfriarse.

Resinas etoxilínicas (Epoxi)

Estas resinas se obtienen normalmente por reacción de un fenol. Análogas a las resinas poliésteres, endurece por la acción oportuna de un agente catalizador o endurecedor.
Las epoxirresinas se diferencian de las demás especialmente por su exigua contracción y su fuerte poder adhesivo sobre numerosos materiales, inclusive metales, vidrio, varios plásticos, etcétera. Poseen además una excelente resistencia química a los solventes orgánicos y compuestos inorgánicos, como también a los ácidos y álcalis, que conservan hasta temperaturas del orden de los 200°C. Sus propiedades mecánicas y en particular su resistencia en húmedo, debido a su mejor adherencia al refuerzo (vidrio por ejemplo) y a su exigua absorción de agua, aventajan por lo general a las que corresponden a las resinas poliésteres comunes; sobresaliendo también, con respecto a estas últimas, por su mejores cualidades eléctricas, su resistencia al arco y por su escasa inflamabilidad, con la desventaja de un costo sensiblemente más elevado.

Resinas de siliconas

Se trata de polímeros o compuestos sintéticos semi-inorgánicos constituidos por largas cadenas de átomos de silicio y de oxígeno dispuestas alternativamente, entre las cuales y bajo la acción del calor solamente, pueden crearse ligaduras transversales para formar estructuras tridimensionales. Frecuentemente, la reacción que lleva al endurecimiento se logra con el agregado de un agente catalizador constituido por una sustancia alcalina, por ejemplo la trietanolamina, o por un compuesto órgano-metálico.
Las resinas de siliconas se presentan comercialmente en forma de soluciones en tolueno o en otros solventes aromáticos, que deben eliminarse antes de la laminación. Según los tipos, el moldeo puede realizarse a presión de tan solo 3 ó 4 kg/m² o a alta presión (70-100Kg/cm²), con temperaturas de 175 a 200°C y un sucesivo período de poscurado a 250°C que le imparte su estado definitivo. Las propiedades más destacadas de estas resinas son, indudablemente, su muy buena estabilidad térmica y sus excelentes calidades eléctricas, que se mantienen elevadísimas hasta muy altas

temperaturas.
Además pueden soportar perfectamente la acción de casi todos los reactivos inorgánicos corrientes, como también la de los alcoholes alifáticos inferiores, de los aceites minerales, etcétera.

Resinas fenólicas

Estas resinas sintéticas son, por lo general, materiales que resultan de la condensación en proporción variable del fenol y del formaldehído, acelerándose la reacción por medio de catalizadores ácidos o básicos. Aunque las resinas fenólicas hayan sido las primeras en usarse como aglomerantes de las fibras de vidrio (para paneles aislantes termoacústicos), su desarrollo en los PRFV es relativamente reciente.
También se diferencian de las poliésteres ya que solo admiten, por el momento, la polimerización en caliente, a temperaturas de unos 120 a 150ºC, exigiendo a veces períodos posteriores de curado a temperaturas de hasta 200ºC.
Además, las resinas fenólicas de baja presión se condensan poniendo en libertad cierta cantidad de agua; por lo tanto su empleo requiere algunas precauciones para lograr productos homogéneos y de buenas características mecánicas, que no son necesarias cuando se opera con resinas que endurecen sin desprendimiento de subproductos volátiles.
Las principales ventajas de estas resinas, que parecen adquirir cada vez mayor importancia, residen esencialmente en el hecho de que su empleo permite realizar elementos en PRFV de mayor rigidez que con cualquier otra resina y en su capacidad de conservar sus excelentes propiedades mecánicas, incluso a temperaturas muy elevadas, sensiblemente superiores a las admitidas por la mayoría de los poliésteres. Las resinas fenólicas son además resistentes a la llama, y son auto extinguibles.

Resinas furánicas

Con esta denominación se conoce una clase de polímeros formados por condensación del alcohol furfurílico o por reacciones con el furfural.
Comercialmente se presentan bajo forma de líquidos fluidos que se conservan perfectamente bien y polimerizan por adición de un ácido tal como el fosfórico, transformándose en una materia sólida, negra, termoestable; la reacción puede realizarse también en frío, pero para obtener propiedades finales óptimas será siempre necesario completar la operación con un curado en caliente a 120ºC aproximadamente.
Las características más interesantes de estas resinas residen, esencialmente, en su resistencia a los productos químicos y en particular a los álcalis, a los solventes orgánicos y a los ácidos inorgánicos. Con excepción de la dureza de sus superficies, resistentes al roce, las resinas furánicas poseen, sin embargo, medianas condiciones mecánicas, aun cuando, por su muy escasa absorción de agua, conservan mejor sus propiedades después de la inmersión que los estratificados con poliéster.

Resinas melamínicas

Se obtienen por reacción de la melamina con el formaldehído (formol) en proporciones variables; la condensación tiene lugar en presencia de un catalizador básico, que puede ser soda cáustica o trietanolamina cuando se desea lograr altas cualidades en el orden eléctrico.
Se trata esencialmente de resinas para moldeo de alta presión (de 70 a 140 kg/cm^2), que se presentan bajo la forma de una solución estabilizada cuyo solvente no interviene en la reacción y, como en el caso de las resinas fenólicas, debe eliminarse antes de iniciar el proceso que conduce al endurecimiento.
La temperatura de precondensación y moldeo oscila entre los 100º o poco más y los 140-150ºC para el curado definitivo.

Las características que más se aprecian en estas resinas son su estabilidad dimensional y su buena resistencia al calor, que las sitúan ventajosamente en el rango de las de temperatura de empleo en continuo de 150ºC, con posibilidades de soportar por largos períodos temperaturas de hasta 200ºC. Además, presentan muy buena rigidez dieléctrica, gran resistencia de aislamiento y especialmente, excelentes cualidades de resistencia al arco superficial, dentro de condiciones mecánicas plenamente satisfactorias.
Las resinas de melamina no propagan las llamas, y los productos de la combustión no son tóxicos.

Resinas modificadas

Además de las numerosas variantes que pueden introducirse en la formulación de cada tipo de resina (reemplazando algunos de sus componentes o alterando su composición o el sistema endurecedor, etc.), casi todas las resinas termoestables que se encuentran en el comercio, excepto las de silicona, son normalmente resinas más o menos modificadas, como por ejemplo, resinas poliésteres a las que se les ha agregado un cierto porcentaje de resinas etoxilínicas con el objeto de lograr determinadas propiedades específicas o un determinado equilibrio en sus características, por lo que resulta muy grande el número de combinaciones posibles.

Resinas poliésteres no saturadas

Por ser las más usadas por razones técnico-comerciales, estas resinas forman la base de toda la industria de los plásticos reforzados.
Esencialmente, las resinas poliésteres se definen como unos compuestos orgánicos no saturados, que encierran varios grupos ésteres y que pueden polimerizar o copolimerizar con otros monómeros no saturados, originándose una estructura tridimensional con ligaduras transversales y por lo tanto termoestables, de resistencia mecánica muy elevada.
Estas resinas endurecen a temperatura ambiente o, más rápidamente, con aporte de calor; y pueden moldearse o estratificarse sin presión, o en todo caso a presiones muy reducidas, generalmente inferiores a 10 kg/cm².
En el comercio se presentan normalmente como preparados líquidos incoloros o ligeramente amarillos, en una amplia gama de viscosidades.
En cuanto a las propiedades químicas, más difíciles aún de definir en términos de validez general, puede indicarse, sin embargo, que es posible preparar resinas con muy buena resistencia al agua, a los ácidos acuosos no oxidantes, a las soluciones de álcalis y de sales metálicas, a numerosos solventes (con excepción de ciertos solventes clorados y cetonas), a diferentes compuestos tales como agentes de blanqueo, glicoles, formaldehídos, líquidos de consumo humano en general, etc.

Fibras

Las fibras largas son inherentemente mucho más resistentes que el mismo material en bruto. Entonces, la geometría de una fibra es crucial en la evaluación de su resistencia y debe ser considerada en aplicaciones estructurales. La paradoja de que la fibra de un material tenga más resistencia que el mismo material en bruto, se debe a una estructura mejor compuesta. En el caso del vidrio, los cristales se encuentran alineados en la dirección axial de la fibra y, además, la fibra tiene menor cantidad de defectos internos (dislocaciones, por ejemplo).

Fibras naturales

Entre las fibras de aplicación en los materiales termoestables compuestos, se establece una clasificación entre las de origen orgánico e inorgánico.

Fibras inorgánicas

El refuerzo de determinadas resinas fenólicas con

tejidos y fieltros de amianto o asbesto, permite obtener materiales compuestos altamente resistentes al calor, a la llama, al choque y a una extensa serie de agentes y agresivos químicos; a su vez las combinaciones amianto-resina de melamina dan lugar a estratificados de excelente robustez y óptima resistencia a la chispa y al arco eléctrico.
Las variedades de amianto que interesan como refuerzo son: la denominada crisolito (amianto blanco), la crocidolita (amianto azul) y la amosita.
Los mejores resultados se obtienen con el empleo de fieltros orientados de fibras largas; importante es también el empleo de fibras sueltas en compounds para estampado.
Prácticamente, los refuerzos de amianto son compatibles con todas las resinas con las que forman una buena unión; en los premixes para estampado en los que pueden usarse fibras muy cortas, es posible alcanzar contenidos de amianto de hasta el 80% del peso total.
Con excepción de determinadas aplicaciones en el campo de la electricidad, el empleo de las fibras de amianto o asbesto debe considerarse, sin embargo, complementario de los refuerzos de vidrio, sobre todo para alcanzar valores más elevados de rigidez, un mejor comportamiento superficial a la abrasión o una mayor resistencia a la propagación de la llama. Por lo tanto, además de su empleo en la electrónica, estos materiales encuentran su principal aplicación en las fabricaciones aeronáuticas y aeroespaciales, y en la producción de algunos elementos para la industria y la química en particular.

Fibras orgánicas

Incluyen principalmente el yute, el sisal, el lino y desde luego el algodón; este último es el único que se usa bajo forma de tejidos para refuerzo de resinas fenólicas en laminados para electrónica, en la fabricación de ciertos elementos mecánicos como engranajes, cojinetes, palancas, cuñas, etc. y otros de la industria automotriz, la construcción de locomotoras y de vehículos ferroviarios.
Todas las fibras naturales presentan alguna forma de rugosidad o anfractuosidad superficial que favorece el enganche y la adhesión con las resinas, pero no la impregnación. Estas fibras no son aptas para el conformado por contacto; pueden en cambio utilizarse con cualquier otro método de formación bajo presión.
El sisal se utiliza generalmente en forma de hilazas y mats, pero raramente se emplea solo. En la mayoría de los casos participa junto a fieltros o tejidos de vidrio en combinaciones híbridas con el propósito de reducir costos.
Frecuentemente, se utiliza en forma de fibras cortadas en la preparación de compounds, aguantando muy bien las operaciones de mezclado sin deterioro apreciable; sin embargo, su elevada absorción de agua (más del 20%), desaconseja su empleo en productos destinados a operar al exterior o en húmedo.

Fibras sintéticas

Fibras de carbono – boro

Se trata de fibras industriales, expresamente desarrolladas en un programa de investigación sobre materiales compuestos destinados a lograr en los productos las más elevadas relaciones de resistencia / peso y mayor rigidez específica, además de otras propiedades.
Otras propiedades de las fibras de carbono son: su estabilidad térmica en un rango muy amplio de temperaturas (desde criogénicas hasta 3000ºC), solo limitado por el material al que se incorporan; ninguna plasticidad; inercia química prácticamente total, bajo coeficiente de fricción y una escasa resistencia al roce.
Los refuerzos de carbono se hallan disponibles en todas las formas comerciales necesarias tales como: hilos, rovings, tejidos, cintas, etc., ya sea

solos o fabricados mixtos conjuntamente con las fibras de vidrio.
Pueden utilizarse en la estratificación a mano o de acuerdo con cualquier otra modalidad o técnica de formación. Su empleo permite realizar estructuras muy livianas y extraordinariamente robustas, de especial interés en la producción aeronáutica y vehículos submarinos. Como refuerzos complementarios de estructuras vidrio-resina, las fibras de carbono correctamente utilizadas constituyen un medio muy importante para aumentar la rigidez del PRFV en varios sectores de consumo. Lamentablemente, el precio elevado obstaculiza una mayor difusión de sus aplicaciones.
En una categoría análoga pueden también situarse las fibras de boro, que se obtienen fundamentalmente según el proceso de deposición sobre una subcapa incandescente constituida en general por un filamento de tungsteno extremadamente delgado; y se presentan bajo forma de tejidos o cintas unidireccionales preimpregnadas, o de hojas unidas a un liviano tejido de vidrio, que se sobreponen según distintas orientaciones. El costo elevadísimo de estas fibras limita su empleo a sectores muy restringidos.
Otras fibras como el silicio (99% de pureza) y cerámicas han sido desarrolladas en escala más bien experimental o piloto, para determinados propósitos y por lo tanto no existe demasiada experiencia.
En cambio los hilados metálicos de muy pequeño diámetro, de acero, acero inoxidable, cobre, titanio, berilio, tungsteno, molibdeno, etc., cuyo empleo en los plásticos reforzados tiende principalmente al aprovechamiento de algunas de sus características específicas, como ser su elevada resistencia mecánica, su buena conductibilidad térmica y eléctrica, etcétera. Su empleo se realiza casi siempre en combinación con los refuerzos habituales de vidrio, en elementos tales como matrices de estampado de resinas etoxilínicas (buena evacuación del calor, buena resistencia al desgaste), en cuerpos de revolución, en antenas parabólicas, y otros.

Fibras poliméricas

Son las que se obtienen de sustancias producidas sobre la base de polímeros sintéticos, pudiéndose emplear entre ellas las acrílicas, las poliamídicas, las de poliéster de cadena lineal, las constituidas por un copolímero de cloruro de vinilo, etcétera.
Además de su origen, tienen en común algunas propiedades que condicionan su empleo: buena resistencia química y a los agentes atmosféricos, muy baja higroscopicidad, buena resistencia a la abrasión y un alargamiento a rotura relativamente importante.
La principal aplicación de estos materiales bajo formas de fieltros, velos o de tejidos livianos se dan casi exclusivamente como refuerzos de gel coats y liners químico-resistentes o en productos especiales destinados al trabajo en húmedo o en condiciones de humedad variable, como también para obtener superficies lisas y brillantes con buena resistencia a la abrasión.
Tejidos más pesados, particularmente de la familia de las poliamidas, en combinación con determinadas formulaciones de resinas fenólicas o epoxídicas modificadas, se aplican en importantes componentes de los vehículos espaciales.

Vidrios

Técnicamente, el vidrio puede definirse como un producto inorgánico de fusión, enfriado al estado sólido sin presentar cristalización; y desde el punto de vista físico, como un líquido subenfriado, ya que presenta la estructura amorfa de los líquidos. Sus propiedades se hallan relacionadas con su composición y, por lo tanto, las variaciones cualitativas y cuantitativas de sus componentes

influyen directamente sobre su curva de viscosidad en caliente; sobre su temperatura de fusión; su coeficiente de dilatación; su resistencia superficial y profunda al ataque de la humedad, sobre su resistencia química en general, etcétera.
Varios son los procedimientos que conducen a la producción de tales fibras pero, en general, el principio sobre el cual se basan es siempre el mismo, o sea el estiramiento a muy alta temperatura por tracción mecánica o por la acción de fluidos en movimiento.
Análogamente a otras clases de fibras, el vidrio textil se presenta de dos maneras distintas: en forma de un hilado formado por filamentos elementales continuos, de constitución similar a la del rayón de celulosa y denominado silionne, o como un hilado formado por hebras discontinuas, con una estructura análoga a la fibra artificial, denominado verranne o staple.
Sin embargo, los hilados de vidrio del tipo verranne, son de escasa importancia para la aplicación en los plásticos reforzados, ya que su producción es casi insignificante en comparación a de los hilados tipo silionne.
Aunque fueron desarrolladas muchas composiciones de vidrio, solo unas pocas son usadas comercialmente en gran escala para producir fibras continuas. Las cuatro más usadas son la A-glass (de alto contenido de álcali), la E-glass (de calidad eléctrica), una modificación de E-glass es la ECR-glass (químicamente resistente), y las S-glass (de alta resistencia).
La fibra de vidrio E se usa en ventanas, cajas y aquellas aplicaciones que requieren buenas propiedades de refuerzo junto con buena resistencia química; en aplicaciones que requieren excelentes propiedades eléctricas y durabilidad. Por ello es usada en circuitos impresos.
La fibra E-glass es la más usada como refuerzo en matrices plásticas y en aplicaciones textiles por su bajo costo.
El vidrio ECR es usado en aplicaciones que requieren buenas características eléctricas con mejor resistencia química.
La fibra de vidrio tipo S se usa en aplicaciones que requieren mayor resistencia y mejor estabilidad térmica. De las cuatro composiciones, la S es la de mayor módulo de elasticidad y mayor resistencia a la tracción. Su temperatura de retención de propiedades también es la mejor de las cuatro. Tiene una excelente resistencia a absorber humedad. Sin embargo, es de elevado costo y se usa en aquellas aplicaciones donde la relación costo / performance lo justifica, como en la industria aeronáutica y aeroespacial.
Otras composiciones de aplicación específicas son la C-glass (químicamente resistente); la R-glass (de alta resistencia y alto módulo); la basada en óxido de berilio de muy alto módulo de elasticidad; el vidrio opaco para protección contra radiación; D-glass (de baja constante dieléctrica), y la basada en óxido de litio transparente a los rayos X. De estas composiciones solo la C y la R son comercializadas a pequeña escala.

Whiskers

Con esta denominación inglesa whiskers (pelos), se conoce una categoría de fibras microscópicas de refuerzo constituidas, principalmente, por monocristales en forma alargada de agujas, con una elevada relación longitud / sección.
Los pelos se obtienen en determinadas condiciones y por medio de distintos procedimientos tecnológicos, a partir de varios elementos y compuestos tales como el hierro, el cinc, el carbono, el óxido de alúmina (zafiro), el óxido de magnesio, el titanato de potasio, el carburo de silicio y otros óxidos, nitruros, boruros, etc. Sus diámetros varían normalmente desde menos de un micrón hasta 30 micrones, con un largo de hasta 10 mm.
Los whiskers se caracterizan esencialmente por su

tremenda resistencia a tracción, hasta 10 veces mayor de la que poseen las fibras de vidrio, acompañada por un módulo de elasticidad igualmente elevado, conservando estas propiedades también a temperaturas sumamente elevadas. Se hallan comercialmente disponibles sueltos o en forma de mat y el porcentaje que se emplea como refuerzo adicional en los PRFV depende de los resultados que se quieren obtener.

Complementarios

Entre los materiales de aporte complementarios, se incluyen básicamente tres grupos: los aditivos especiales, los agentes de separación o desmoldantes y las cargas (fillers).

Aditivos especiales

Se trata de agentes destinados a proporcionar determinadas propiedades a las resinas, por ejemplo: color, tixotropicidad, calidades ignífugas, mayor resistencia a la luz, etc.

Aun cuando no existen algunas resinas muy resistentes a las llamas y auto extinguibles porque en su formulación entran monómeros especiales, las resinas poliésteres más corrientes son generalmente combustibles y solo pueden adquirir caracteres ignífugos (y por lo tanto cierto grado de garantía contra chispas, colillas, fósforos encendidos, etc.), mediante el agregado de productos químicos especiales como por ejemplo el trióxido de antimonio en polvo y ciertas ceras cloradas.

Por propiedad tixotrópica de un resina se entiende: la particularidad por la cual, mientras en estado de quietud aparenta tener cierta viscosidad, que una vez puesto en movimiento con un medio cualquiera (brocha, pincel, rodillo, etc.), se comporta como un líquido dotado de fácil movilidad; o sea, mientras su fluidez no impide una rápida y perfecta impregnación de los refuerzos de vidrio, aplicada sobre superficies verticales o muy inclinadas y en ausencia de toda agitación mecánica, no se desliza o cuela, quedando firme hasta su curado.

La elección del aditivo apropiado para lograr un determinado efecto tixotrópico se hace sobre la base de la variación de la viscosidad aparente de la mezcla en función del movimiento; prefiriéndose, naturalmente, esos productos que, agregados en cantidades mínimas, aseguren el mayor intervalo en la viscosidad de la resina con una modesta agitación. El más conocido es una forma coloidal de sílice, que se usa en la proporción del 1 al 3% del peso. También se han propuesto agentes tixotrópicos como algunos óxidos metálicos.

Debido a la importancia que tiene la coloración de las resinas para PRFV se ha desarrollado una amplia gama de colorantes especiales, transparentes, opacos, que se encuentran comercialmente en forma de pastas o de pigmentos solubles. Como norma general, estas sustancias deberán estar dotadas de una óptima resistencia a los rayos ultravioletas, de una mayor estabilidad química y al calor y no influir sobre el curso de curado, ni en las propiedades de la resina a través del tiempo.

Sin embargo, algunos de estos aditivos suelen provocar ciertas alteraciones en el proceso que lleva al endurecimiento, retardándolo o acelerándolo o provocando la formación de pequeñas burbujas de gas en la masa de resina por reacciones debidas a su acidez residual. Se aconseja siempre realizar algunos ensayos preliminares antes de pasar a operar sobre grandes cantidades, más aún en el caso de emplear colorantes orgánicos de menor estabilidad, que pueden cambiar profundamente en el curso de la polimerización por acción de los compuestos usados como iniciadores, o por defecto del calor de reacción.

Las resinas, que fácilmente pueden ser coloreadas en una delicada variedad de matices y tonalidades, son en primer término las epoxídicas, luego las

poliésteres, las de melamina y las silicónicas; en cambio el color oscuro, de trigueño a tostado, de las resinas fenólicas, limita mucho las posibilidades de su coloración. Las proporciones en que se usan los colorantes dependen, desde luego, de su naturaleza y concentración y del efecto que se quiere lograr; variando entre un 0,5% del peso para los laminados translúcidos, a cantidades entre el 1 y el 5% para colores opacos, y hasta un 10% o más para las capas superficiales de resina.
Entre los aditivos especiales pueden, en fin, enumerarse algunas cargas destinadas a modificar determinadas propiedades de los laminados, por ejemplo de orden térmico o eléctrico, como lo son: el polvo de aluminio y otros metales que proporcionan mayor conductibilidad térmica; el grafito que aumenta la conductibilidad eléctrica; la limadura de acero para núcleos magnéticos; la sílice, el dióxido de titanio y el polvo de pizarra para obtener resistencia al arco superficial, etcétera.

Agentes desmoldantes

Los agentes desmoldantes, también conocidos como agentes de despegue o separadores, son una especie de intermediarios que se aplican sobre la superficie de los moldes o de las matrices, para facilitar la separación de la pieza una vez terminada la polimerización. El empleo de estos agentes resulta siempre necesario porque la mayor parte de las resinas que se utilizan en la fabricación de los PRFV poseen un alto poder adhesivo y tienden, por lo tanto, a quedarse unidas a las superficies con las que entran en contacto, dificultando la remoción de los productos.
Pero debido a la gran diversidad de resinas y de materiales con los que pueden ser construidos los moldes (madera y derivados, yeso, cemento, metales, plásticos, etc.), y considerando que hay distintos métodos de fabricación (con o sin presión, con calor, etc.), no existe un desmoldante universal para todas las situaciones y clases de trabajo, sino que deberá elegirse en cada caso el separador o la combinación más adecuada en relación con los distintos factores en juego.
A grosso modo los agentes de despegue pueden agruparse en las siguientes categorías:
1. Ceras (generalmente de carandaí) y emulsiones de ceras;
2. Soluciones acuosas de alcohol polivinílico, de agar-agar, de caseína, de alginato sódico, de metilcelulosa, de silicona, etcétera;
3. Soluciones en solventes de rápida evaporación, tales como el acetato de celulosa o acetato de etilo, etcétera;
4. Películas como las de acetato o triacetato de celulosa, el Cellophane, las de alcohol polivinílico, de polietileno, de poliéster saturado (Mylar, Terphane), de politetrafluoroetileno (Teflon, Fluon, Algoflon), etcétera;
5. Desmoldantes permanentes o semi- permanentes y agentes de despegue internos.
La cera de carandaí es sin lugar a dudas un desmoldante ideal para cualquier tipo de molde, metálico, en PRFV, etc., y para temperaturas de curado de hasta 95°C; muy a menudo, la capa de cera se complementa con una mano de solución acuosa de alcohol polivinílico; pero, debido a la lentitud de su aplicación, su conveniencia disminuye sensiblemente a medida que aumentan las dimensiones de los productos o la rapidez del ciclo operativo.
Poco aconsejable parece en cambio el empleo de los productos comunes para pisos, por contener muchos de ellos ciertos mordentes alcohólicos de difícil evaporación, y a menudo ceras blandas que resultan atacadas y disueltas por el estireno contenido en las resinas poliésteres.
Aun cuando de aplicación también lenta, pues debe aguardarse la evaporación del agua, las soluciones del tipo 2 encuentran sin embargo,

amplia aceptación, particularmente sobre moldes de yeso, madera o PRFV, solas o como separadores primarios aplicados en combinación con una capa de cera empleada en función de tapa poros. Resultan excelentes, las soluciones en solventes de rápida evaporación para moldes porosos (madera, yeso, etc.), pero subordinando su aplicación sobre matrices metálicas o de plástico reforzado a la posibilidad de garantizar la total evaporación del solvente como condición indispensable para la correcta realización del moldeo.
En cuanto a las películas mencionadas, su empleo queda reservado preferentemente a la formación de laminados planos y ondulados, de tubos, paneles y otros elementos de ciertas dimensiones a los que los films y cintas de varios anchos pueden adaptarse fácilmente.
Interesantes resultan, finalmente, los agentes de despegue de la última categoría, del tipo permanente o semipermanente como las emulsiones de hidrocarburos fluorados, o los barnices y pastas de siliconas, por la posibilidad que ofrecen de acelerar las operaciones de moldeo, en la fabricación en serie.
Como complemento de todos estos y para usarse en combinación con cualquiera de los agentes de despegue mencionados o independiente de los mismos, se han desarrollado recientemente y puesto en el mercado algunos tipos de desmoldantes internos de formulación más bien sofisticada, que agregados en pequeña proporción a las resinas (entre el 0,1 y el 1%), mejoran las condiciones del desmolde facilitando un trabajo rápido y seguro, aún en el caso de formas complejas.

Cargas

Cuando no se requiere que los productos de PRFV tengan la propiedad de transmisión de la luz, es posible agregar a la resinas cargas apropiadas para ello.
También existen cargas minerales, destinadas a:
1. Reducir los costos de fabricación.
2. Darle al producto determinadas cualidades físico-mecánicas.
En principio y desde un punto de vista general, una buena carga deberá presentar las siguientes características:
1. Inercia química.
2. Máxima pureza y bajo peso específico.
3. Porosidad y absorción mínimas, para no aumentar la viscosidad de la resina.
4. Amplio intervalo en las dimensiones de los granos para facilitar su acomodación.
5. Fácil dispersabilidad y el más reducido costo posible.
Entre las cargas más comúnmente usadas pueden mencionarse las siguientes:
1. Alumina (óxido de aluminio).
2. Barita (sulfato de bario).
3. Caolín, arcilla.
4. Carbonato de calcio (precipitado o ventilado); tiza.
5. Carbonato y óxido de magnesio.
6. Microesferas de Saran (copolímero de cloruro de vinilideno acrilonitrilo) y productos análogos.
7. Microesferas de vidrio.
8. Piedra pómez molida.
9. Polvos de pizarra, mica, amianto.
10. Polvos metálicos: aluminio, hierro, cobre, etc.
11. Sílice, cuarzo, tierra diatomea calcinada, talco, etc.
Las ventajas de carácter general que tales cargas permiten obtener, además de una cierta reducción en los costos, pueden resumirse de la siguiente forma:
1. Aumento de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad.
2. Mayor resistencia en las zonas más ricas de resinas y menor peligro de grietas.
3. Mejor aspecto y terminación de las superficies.
4. Disminución de la contracción de la resina que pue-

Tabla 1. RELLENOS Y REFUERZOS: CONTRIBUCIONES EN TERMOESTABLES COMPUESTOS

Propiedades mejoradas / *Relleno o refuerzo*	Aislamiento eléctrico	Conductividad eléctrica	Conductividad térmica	Dureza	Estabilidad dimensional	Lubricidad	Procesabilidad	Resistencia a la tracción	Resistencia a la humedad	Resistencia al calor	Resistencia al impacto	Resistencia química	Rigidez
Alfa celulosa	●				●			●					
Algodón (fibras cortadas y maceradas)	●			●	●			●			●		●
Alúmina tabular					●					●		●	
Asbesto	●			●	●					●	●	●	●
Aserrín de madera	●				●			●					
Bronce		●	●	●									●
Caolín				●	●	●	●		●	●		●	●
Caolín (calcinado)	●			●	●		●		●	●		●	●
Carbón, en polvo									●			●	
Carbonato de calcio				●	●		●			●			●
Celulosa				●	●			●			●		●
Corteza de pino							●						
Fibra de carbono		●	●										
Fibras de sisal (pita)				●	●			●			●	●	●
Grafito		●	●	●	●	●		●				●	●
Metasilicato de calcio				●	●					●		●	●
Mica	●			●	●	●			●	●		●	●
Negro de humo		●	●		●					●			●
Nylon (fibras cortadas y maceradas)	●			●	●	●	●	●		●	●	●	●
Orión	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Polvo de aluminio		●	●										
Rayón	●			●	●			●			●		●
Silicato de calcio				●	●					●			●
Sílice, amorfa	●						●		●				
Talco	●			●	●	●	●		●	●		●	●
TFE - fluorocarbono				●	●	●							●
Vidrio fibroso (en fibra)	●			●	●			●	●	●	●	●	●
Yute											●		●

de ser, en ciertas condiciones, totalmente anulada (la contracción de una resina poliéster pura es del orden del 7 a 8% y de una epoxi del 2 a 3%, del volumen).
Con respecto a la elección de las cargas no es posible, sin embargo, proporcionar indicaciones fijas. Normalmente la elección es el resultado de una valoración comparativa entre el costo y las propiedades físico-químicas y mecánicas del producto a producir, especialmente en lo que respecta a su comportamiento en determinadas condiciones de trabajo y particularmente en húmedo.
Otros factores importantes que deberán tenerse siempre presentes en la adopción y selección de las cargas son: por un lado, la influencia que estas puedan tener sobre el proceso que conduce al endurecimiento de la resina y, por el otro, la naturaleza del medio con el cual habrá de permanecer en contacto el material compuesto.
Teniendo presente la gran diversidad de resinas y de métodos de fabricación, será oportuna la realización de algunos ensayos previos en las condiciones reales de la aplicación antes de pasar a la fabricación definitiva.
Tampoco existen normas generales en lo que respecta a las cantidades admisibles, pudiendo variar la proporción desde un 10 hasta más del 100% con respecto al peso de la resina empleada, depende de la naturaleza de la carga y del efecto sobre la viscosidad resultante de su mezcla con la resina; además, las propiedades que pudieran interesar alcanzar en las piezas terminadas.

Procesos de conformado de los materiales termoestables compuestos

Los procesos de moldeo de los PRFV cubren una amplia gama de posibilidades, desde piezas de máximo tamaño y peso a piezas pequeñas, desde procesos enteramente manuales a procesos mecanizados y automatizados.
Los sistemas de fabricación de los plásticos reforzados son relativamente numerosos y dependen no sólo de las dimensiones, de la forma y de la terminación superficial del elemento a producir, sino también de las características mecánicas de éste y del programa de fabricación, o sea de la cantidad de piezas que deban producirse y del ritmo de trabajo previsto.
Ningún elemento en PRFV puede, en efecto, ser producido en condiciones técnicas y económicamente convenientes si el sistema de fabricación no es exactamente el que corresponde a las necesidades del caso específico y sin un suficiente conocimiento de las propiedades que se requieren de las piezas terminadas.
En realidad, la flexibilidad de los procesos tecnológicos que pueden adaptarse para la producción, constituye a menudo el único factor económico verdaderamente significativo sobre el cual actuar. Si por ejemplo tuviera que producirse una cantidad muy grande de una misma pieza (5.000, 10.000, 100.000 unidades), es probable que el menor costo global coincida con el empleo de un equipo de producción importante, integrado por matrices relativamente sofisticadas, prensas hidráulicas y otros dispositivos tendientes a una alta mecanización en el manejo de los materiales.
En cambio, si tuvieran que fabricarse únicamente unas pocas piezas o una serie muy limitada de las mismas, no hay duda que resultará más conveniente apoyarse en un sistema de producción de tipo artesanal o casi artesanal y, en todo caso, en un proceso de formación que requiera un mínimo de inversiones en moldes y otras herramientas, aun cuando ello tuviera que significar un mayor costo unitario en concepto de materiales y mano de obra.
Por otra parte, determinados métodos de forma-

Cuadro 5. PROCESO DE CONFORMADO DE LOS MATERIALES TERMOESTABLES COMPUESTOS		
MOLDEOS	MANUAL	
	ASPERSIÓN	
	CON SACO ELÁSTICO	Por Presión
		Por Vacío
	CENTRIFUGADO	
	COLADA	
	CON PISTÓN FLEXIBLE	
	ENROLLAMIENTO	
FABRICACIONES ESPECIALES		Chapas Planas y Onduladas
		Estructuras Sándwich
		Poltrusión
		Revestimiento
INYECCIÓN		
ESTAMPADO / PRENSADO		

ción en continuo de perfiles, cañerías, paneles, etc., pueden mejorar sensiblemente el aspecto económico de la producción contando con un mercado consumidor de suficiente volumen, a pesar de las grandes inversiones iniciales en maquinaria y dispositivos altamente especializados que generalmente se acompañan a estas tecnologías.

Moldeos

Moldeo manual (hand lay-up)

Este es el primer y más antiguo sistema usado para la fabricación de los plásticos reforzados y todavía uno de los más difundidos por su sencillez y versatilidad. Su esquema simple ha contribuido poderosamente a fijar en la mente del público la noción, no siempre totalmente exacta, de una extremada facilidad en la fabricación de los estratificados vidrio-resina.

Se trata de un método esencialmente de tipo artesanal y por lo tanto lento y que requiere, como todos los de su clase, alguna habilidad manual para lograr resultados satisfactorios; pero muy valioso en otros aspectos, porque permite realizar prácticamente cualquier pieza pequeña, mediana o de grandes dimensiones, en un único o muy pocos ejemplares y también, bajo determinadas condiciones, en series de cierta importancia.

Para la formación a mano se requiere un solo molde (molde abierto negativo), eventualmente compuesto por dos o más partes para facilitar la extracción de la pieza; solo la superficie del laminado en contacto con el molde resultará perfectamente acabada, mientras que la terminación de la otra dependerá de la habilidad del operador, pero resultará siempre un poco rústica.

Por consiguiente, se elegirá un molde hembra cuando se desea una superficie externa bien terminada y un molde macho en el caso opuesto, o sea cuando se requiere una superficie interna bien terminada.

Los moldes u hormas pueden fabricarse con materiales comunes como el yeso, madera, chapa de hierro, etc. Y también con determinados elastómeros (moldes flexibles), pero más frecuentemente

y en particular para trabajos en serie de hasta algunas centenas de unidades, se prefieren moldes de resinas poliéster o epoxi reforzada con fibras de vidrio. Estos moldes se recaban fácilmente con el procedimiento de formación por contacto, de hormas o modelos positivos en yeso, madera, etc., reproduciendo exactamente la pieza a fabricar. Asimismo, pueden usarse como modelos positivos los mismos elementos que se quieran reproducir, si se dispone de ellos, no importa el material con que estén hechos.

Los moldes, además de una suficiente rigidez, que puede obtenerse con la ayuda de bastidores, soportes u otras estructuras, o con apropiadas superficies y bases de apoyo para los moldes flexibles que aseguren su indeformabilidad durante la laminación, han de presentar una superficie absolutamente lisa y lo más perfecta posible, teniendo presente que ésta será reproducida fielmente en todos sus detalles por el plástico reforzado y, por lo tanto, cualquier defecto o imperfección aparecerá inevitablemente en las piezas moldeadas, lo que no siempre será fácil o factible de corregir a posteriori.

Una vez preparados los moldes, si es necesario y de acuerdo con sus dimensiones y forma, pueden montarse sobre marcos, caballetes, armazones o estructuras corredizas, giratorias, basculantes, etc., a fin de presentarlos siempre en la posición más cómoda para el operador; se procede a la aplicación del agente separador (ceras, alcohol de polivinilo, acetato de celulosa, etc.), en una capa delgada y lo más uniforme posible, sin grumos o discontinuidades de ningún tipo que podrían echar a perder no sólo la pieza en fabricación sino el molde mismo.

Una vez realizado esto, ya puede iniciarse la laminación propiamente dicha, que consiste en la colocación y adaptación sobre el molde de las distintas capas de refuerzo previstas y su impregnación con resina. Para ello puede procederse a la aplicación con pistola o pincel de una primera mano de resina debidamente preparada, y a continuación colocar encima el refuerzo (mat, tejido, etc.), cortado de la medida y forma necesarias; o en caso del tejido, proceder primero a su impregnación sobre una mesa de trabajo para luego trasladarlo ya impregnado al molde.

Menos aconsejable parece, en cambio, colocar primero el refuerzo seco y sobre él la resina, por la posibilidad de desplazamientos y por la mayor dificultad de expulsar el aire que durante todo el trabajo de impregnación habrá de ser la principal preocupación del operador.

Para hacer penetrar bien la resina en el refuerzo, pueden utilizarse pinceles duros manejados de punta con pequeños golpes; rodillos metálicos, de plástico (Nylon, teflón), de piel de cordero, etc., de varios tipos y dimensiones según las necesidades del trabajo a realizar, puesto que las resinas una vez catalizadas y aceleradas empiezan a fraguar

Moldeo por aspersión

Las condiciones del moldeo por aspersión son iguales que las de moldeo manual en cuanto a moldes, tamaño de las piezas, calidades de las mismas, etc., ya que solo cambia la forma de aplicar la resina y la fibra de vidrio sobre el molde. La forma de aplicación de gel-coat sigue igual. El sistema de aspersión está basado en una máquina denominada aspersora, que sopletea o deposita conjuntamente sobre el molde la fibra cortada y la resina.

Obviamente no se usa fieltro sino bobinas de mechas continuas (roving) que son cortadas y proyectadas por la máquina.

La aspersora está compuesta por:

1. Tanque de resina preacelerada.
2. Bomba que impulsa la resina a presión hasta el cabezal o soplete y la pulveriza sobre el molde.

3. Bomba pequeña, que funciona en relación variable con la resina y que dosifica e impulsa el catalizador hasta el cabezal donde se combina con la resina.
4. Cabezal o soplete con el cual se aplica la resina por pulverización sobre el molde.
5. Algunos equipos tienen un tanque extra de acetona, que es enviada al pico del soplete para limpiarlo, accionando un gatillo.
6. Sobre el soplete se ubica una pequeña cortadora de fibra, accionada por un motor neumático, que corta la fibra a una longitud de 25 mm y la proyecta contra el molde convergiendo con la resina e impregnándose en esta.

Una vez rociada la cantidad de resina/fibra o bien a medida que está siendo aplicada, se debe laminar con rodillo/pincel en la misma forma que cuando se trabaja con fieltros.

Las ventajas de este proceso sobre el manual usando fieltros son:

1. Mantiene la adecuada relación vidrio/resina y la correcta catalización de esta.
2. No es necesario realizar plantillas ni cortes de fieltro, evitando desperdicios.
3. Es más rápido que ubicar y laminar fieltros.
4. Es más económico, no solo por los menores desperdicios, sino porque el roving es más barato que el fieltro.
5. Uniformidad. Al estar la máquina equipada con una balanza (opcional) donde se coloca la bobina de roving, es posible ajustar más exactamente el peso de las piezas.

Moldeo con saco elástico

Es esencialmente una mejora o una variante del sistema de moldeo manual que también utiliza un molde abierto, macho o según el caso, y representa un estado intermedio, entre la formación por contacto de corte prácticamente artesanal y los procedimientos de compresión altamente mecanizados.

En principio, este método consiste en reemplazar parcialmente la impregnación a mano, con pincel o rodillo, por una limitada presión uniformemente distribuida y transmitida al laminado en formación por medio de un saco o membrana elástica. Ello proporciona algunas ventajas que se traducen en un mejoramiento del ritmo de producción y de las características de las piezas en general.

La aplicación de alguna presión y el eventual empleo de una moderada calefacción para acelerar el proceso de polimerización de la resina, requiere la adopción de moldes suficientemente rígidos y robustos de poliéster o epoxi, obtenidos por laminación a mano de modelos en yeso, madera, etc.; o también metálicos, provistos a menudo de pestañas y canaletas periféricas y relativos dispositivos de sujeción de cierre rápido (pinzas, agarraderas, mordazas, mariposas, etc.).

Por vacío

La técnica operativa del sistema es la siguiente: una vez dispuesto sobre el molde el refuerzo de fibras de vidrio, parcialmente impregnado, se coloca sobre éste un diafragma de PVC, neopreno 11, polietileno, alcohol polivinílico, etc., de 1 a 2 mm de espesor, que se cierra herméticamente según su contorno. A veces, el molde completo con el laminado se coloca en el interior de una bolsa o saco que lo envuelve totalmente.

Luego se conecta el espacio entre el molde y el diafragma o la bolsa, a un equipo de vacío por medio de una trampa para resina (recuperador del exceso de resina). La depresión así creada puede ejercer sobre el molde una presión de 0,5 a 1 kg/cm1/2 aprox., que permite expulsar bien el aire del laminado en formación, lo que deberá favorecerse por algún medio destinado a abrirle camino, como por ejemplo una hoja porosa puesta en contacto con el estratificado.

Por presión

Más simple todavía y más fácil de controlar que el sistema por vacío resulta el de presión directa que puede aplicarse colocando sencillamente el molde mismo, con su bolsa o diafragma, en un autoclave, o creando una cavidad por encima del molde, en la que se aplicará la presión por medio de aire comprimido (comúnmente entre 0,5 a 3 kg/cm^2). En cualquier caso deberán preverse oportunos dispositivos de drenaje para el exceso de resina y la evacuación del aire.

Si se emplea calor para el curado, acelerando así el desmolde para una mejor utilización de los medios de producción disponibles, puede resultar conveniente, a fin de evitar la gelación prematura, realizar la impregnación del refuerzo por separado, fuera del molde, pudiendo luego adaptarlo más rápidamente a éste y acomodar en seguida la membrana elástica para el nuevo ciclo operativo.

Este sistema, con sus numerosas variantes, presenta el doble inconveniente de que sólo una cara del laminado ofrece la superficie acabada, igual que en los estratificados a mano y, además, no permite la fabricación de piezas relativamente complicadas o con pequeños radios de curvatura. Para mejorar la terminación de la cara que no está en contacto con el molde o cuando el diafragma elástico o la bolsa no pudieran adherirse convenientemente sobre toda la superficie del producto, pueden usarse contramoldes totales o parciales, directamente en contacto con la resina (previo tratamiento con un agente de despegue apropiado) y ejercer sobre éstos la acción de vacío o de presión neumática según los casos.

Moldeo por centrifugado

Es un procedimiento que sólo puede usarse, para la producción de tubos y cuerpos cilíndricos. La operación se realiza utilizando como molde un caño metálico que se hace girar sin vibraciones a velocidad variable a fin de lograr, por medio de la fuerza centrífuga, una buena impregnación. Lo primero que se introduce en el molde, luego de aplicado el agente separardor, es el refuerzo, que puede ser un tejido roving, normal o direccional, o también un mat o una combinación de ambos. Una vez que el molde está en movimiento y las capas de refuerzo se han adaptado a la pared, se vierte y distribuye la resina en el interior de la forma por medio de un aplicador especial; un anillo metálico desarmable puesto en cada extremidad del molde, impide que la resina se escurra.

La polimerización se realiza por lo común con suministro de calor, que puede ser aplicado ya sea exteriormente (infrarrojos, gas, etc.), como asimismo por medio de un calefactor colocado en el interior del molde. La misma contracción de la resina facilita el desmolde, una vez finalizado el proceso de endurecimiento.

La velocidad de rotación con el diámetro del molde y la viscosidad de la resina, y que debe mantenerse permanentemente bajo control durante la formación, oscila entre las 500 y 3.000 RPM aproximadamente; manteniéndose velocidades relativamente reducidas durante la introducción de la resina, para aumentarlas luego paulatinamente según necesidad. Debido a la elevada fuerza centrífuga que debe obtenerse y el problema que crea la distribución de la resina en el interior del mandril, es difícil lograr tubos largos de diámetro inferior a los 100 mm con un suficiente contenido de vidrio.

Este método admite normalmente el agregado de pigmentos y colorantes en la resina, pero no el de cargas, debido al elevado peso específico de casi todos los materiales de relleno, los que serían proyectados por tal motivo hacia la superficie externa del laminado. La tierra diatomea, las harinas fósiles y otras substancias con un peso específico conveniente determinan, por su parte, porosidades

que las hacen poco recomendables.
Las superficies que se obtienen son muy buenas, no sólo la exterior en contacto con el molde, sino también la interior, debido a la mayor proporción de resina que se concentra en dicha zona por constituir el componente de menor peso específico (vidrio 2,55 - poliéster 1,10 - 1,20 gr/cm3). Este procedimiento permite, además, la aplicación previa de un gel-coat y también la incorporación de un velo de superficie si fuera necesario.

Moldeo por colada

Este tipo de proceso se utiliza para producir piezas decorativas, botones, mármol sintético, etc.
Como cada tipo de producción requiere técnicas diferentes se analizarán por separado, al igual que las formulaciones de resinas requeridas.
Existen diversos tipos de piezas decorativas inclusiones, estatuillas, cuadros en relieve, etc.
Inclusiones, se denominan así a objetos varios, insectos, flores, monedas, etc., incluidas dentro de un bloque de resina transparente. En algunos casos, como las flores, se requiere un tratamiento previo para mantener el color natural. Las resinas utilizadas en este trabajo, en algunos casos se proveen ya aceleradas.
En general se pueden utilizar moldes de cualquier material, adecuadamente tratados con desmoldantes, pero resulta conveniente el uso de moldes de materiales que no se adhieran a la resina poliéster, como ser polietileno, o polipropileno, o lo más usual en este tipo de trabajos, moldes de siliconas.
El procedimiento para realizar una inclusión es el siguiente: se vierte en el molde una capa de resina acelerada y catalizada, suficiente para formar la base. Se deja gelificar. Cuando comienza a endurecer se ubica la pieza a ser incluida y se vierte lentamente la resina necesaria para cubrirla, más un pequeño exceso. Se deja endurecer lentamente, esto es importante porque una reacción muy rápida provocaría una elevación de temperatura considerable que causaría el rajado de la pieza. Se desmolda, y posteriormente se puede hacer un poscurado a 60ºC para lograr una adecuada dureza.
Luego se procede al pulido con materiales cada vez más finos hasta lograr una superficie perfecta.
En las estatuillas se trabaja con resinas poliéster con cargas a fin de lograr una apariencia y peso imitando marfil o mármol, aparte de las posibilidades de bajar los costos.
Las cargas más usuales son: carbonato de calcio, que representa la ventaja de afectar poco el color en el caso de colorear la resina, caolín, cuarzo, mármol, etcétera.
Para colorear la resina se deben usar pigmentos en pasta, ya que en caso contrario sería muy difícil la dispersión y lograr una adecuada uniformidad.

Moldeo con pistón flexible

Es un método poco usado que deriva del moldeo con saco elástico, pero que se aproxima por su técnica al estampado con moldes acoplados, y que puede ser muy eficiente, especialmente para la producción de pequeñas piezas de forma cóncava simétrica.
El elemento nuevo es un pistón macizo hecho de un material flexible, generalmente neopreno u otro elastómero apropiado, que se comprime contra el molde por la acción de un balancín o prensa, con una presión del orden de los 5 kg/cm1/2 que excepcionalmente, puede llegar hasta los 10 kg/cm1/2.
Una vez acomodado debidamente el refuerzo sobre el molde, se vierte en el fondo la cantidad de resina necesaria, se cubre con una película separadora y se baja lentamente el pistón. La resina se ve entonces obligada a penetrar a través de las fibras de vidrio y a subir poco a poco a lo largo del refuerzo, mientras que el pistón va adquiriendo la forma del molde,

ejerciendo sobre sus paredes una presión cada vez mayor y más uniforme. Simultáneamente se suministra calor al molde, para iniciar y activar el proceso de endurecimiento.

Enrollamiento (filament winding)

Este sistema consiste en enrollar alrededor de una horma o mandril un refuerzo de fibras de vidrio (roving, cintas, tejidos), previa o sucesivamente impregnado con resina.

Este proceso es aplicado en los principales sectores de consumo de los plásticos reforzados y algunas de sus aplicaciones más importantes son: en contendores para fluidos líquidos o gaseosos bajo presión, cilíndricos, esféricos o de otra forma; tanques para el transporte y almacenamiento de líquidos; cañerías de conducción de cualquier tipo; misiles, cohetes, torpedos y tubos de lanzamiento; depósitos de combustibles, cámaras y toberas de salida de reactores y propulsores de vehículos espaciales; partes de satélites y cápsulas espaciales: submarinos y vehículos para investigaciones oceánicas; revestimientos de refuerzo o de protección de tubos, tanques, etc. realizados con distintos materiales; estructuras cilíndricas, cónicas, de doble cono, mixtas etc., y en general, cualquier otro elemento, pieza o cuerpo hueco de cualquier forma, cuya superficie se origine por revolución.

La importancia de este particular método de formación que, independientemente de algunas variantes más simples, permite la realización de estructuras dotadas de las mayores características mecánicas de tipo direccional, con relaciones vidrio/resina más elevadas que las obtenidas con cualquier otro procedimiento (hasta el 85% de vidrio).

El sistema incluye, también, el forrado con tejidos o cintas de vidrio de cuerpos cilíndricos o de sección elíptica, cuadrada, rectangular, etc., con una técnica operativa análoga a la de todo enrollado o encintado más o menos mecanizado que puede considerarse, bajo ciertos aspectos, como una adaptación o extensión especializada del método más general de la formación por contacto. Sin embargo, el enrollamiento automático con roving (filament winding) o con cintas direccionales o unidireccionales (tape winding) representa lo más avanzado en la tecnología de los PRFV, y a él se deben los resultados obtenidos por este procedimiento, así como la rápida difusión alcanzada por sus aplicaciones en la actualidad, en numerosos sectores de extraordinaria importancia.

Los principios, ya sea geométricos o cinemáticos, en que se funda este método de formación, son los mismos que utiliza la industria textil y, más exactamente, la hilandería, para la distribución de los hilados en conos, bobinas, cops, etcétera. En líneas generales, el enrollarlo puede realizarse según dos esquemas distintos: circunferencial o helicoidal. El primero es bastante simple: se enrolla el roving o la cinta sobre la plantilla o mandril en un ángulo de 90' aproximadamente, con respecto a una de sus generatrices, mientras que por medio de un lento movimiento de traslación recíproco entre el roving y la plantilla, paralelo a su eje, se regula la sobreposición del refuerzo y se va cubriendo paulatinamente toda la forma.

En la práctica, la realización de tal esquema puede hacerse de manera que sea el mandril el que gira, tirando directamente del refuerzo por medio de un dispositivo guía-hilos capaz de desplazarse longitudinalmente en una o ambas direcciones, para permitir, eventualmente, la repetición del cielo de forrado hasta completar el espesor de pared deseado; como también, haciendo girar la bobina roving o de cinta alrededor del molde en un plano perpendicular a su eje, quedando en este caso a cargo del mandril el movimiento de traslación axial.

La envoltura circunferencial, como puede fá-

cilmente suponerse, adolece de algunas serias limitaciones:

1. No permite obtener recipientes cerrados integrales, de una sola pieza, ya sea esféricos o cilíndricos con fondos semiesféricos.
2. No pueden obtenerse estructuras cónicas o similares, que presenten una pendiente superior a los 20º (a lo sumo 30º con el empleo de materiales preimpregnados especiales).
3. Es imposible producir elementos destinados a hacer frente a esfuerzos distintos de los puramente circunferenciales, salvo en el caso de usarse cintas tejidas o de contarse con refuerzos roving dispuestos longitudinalmente (envolvimientos bi-axiales o polares).

Aunque bastante más complejo, el sistema de enrollado helicoidal supera por completo tales limitaciones ya que permite obtener estructuras resistentes a todas las combinaciones de esfuerzos prácticamente posibles, así como también fabricar elementos de sección transversal variable, de forma esférica u otras.

En líneas generales este sistema incluye una forma o molde rodante, frente al cual se halla el dispositivo capaz de transmitir al soporte guía-hilos que lleva el roving, un movimiento relativamente rápido de vaivén en sentido paralelo al eje de rotación del molde.

Con una velocidad de rotación igual a 2 vueltas del mandril por cada desplazamiento completo de ida y vuelta del guía-hilos (relación base 2 a l), se obtiene sobre el molde una disposición del roving en forma de «8» que irá sobre-poniéndose exactamente en cada ciclo; pero si la relación entre el número de vueltas del mandril y los desplazamientos del guía-hilos fuera ligeramente menor o mayor que la relación base 2 a 1, por ejemplo 1,99 a 1 ó 2,01 a 1, las sucesivas figuras en «8» ya no se sobrepondrán sino que resultarán un poco desplazadas entre sí, tendiendo a cubrir progresivamente toda la superficie del molde. Este desplazamiento debidamente calculado, podrá coincidir o no con el grosor del roving o el ancho de la cinta de refuerzo.

Con distintas relaciones base, por ejemplo 3 a 1, 6 a 1, etc., se multiplican las figuras en «8» sobre el mandril y varía el ángulo de inclinación del refuerzo; para valores muy bajos de la inclinación del refuerzo sobre el eje de rotación, el roving tiende a pasar por encima de las extremidades del molde, pudiéndose realizar una envoltura en forma de ovillo.

Modificando la relación número de vueltas del mandril / número de desplazamientos completos del guía-hilos, es posible realizar enrollamientos con una angulación variable entre 20º o menos y 85º en vez de los 90º del sistema circunferencial y, mediante la reiterada repetición de los ciclos de envoltura hasta alcanzar el espesor proyectado, logrando estructuras mecánicas proporcionalmente resistentes para cualquier tipo de uso: de presión simple, de presión y flexión combinadas, etcétera.

Para una mejor apreciación de la importancia que en el orden técnico tiene la posibilidad de orientar la resistencia del laminado en sentido proporcional al esfuerzo, ya sea calculando debidamente el ángulo de inclinación del roving sobre el eje del mandril o bien por una oportuna combinación de refuerzos longitudinales y circunferenciales o por una apropiada selección del refuerzo tejido (cintas direccionales), será suficiente recordar cuanto se refiere al cálculo de los cuerpos cilíndricos, cañerías y conductos bajo presión.

Los PRFV obtenidos por el sistema winding, permite explotar racional e íntegramente su resistencia mediante una disposición diferenciada del refuerzo según la intensidad y dirección de los esfuerzos, con todas las ventajas que pueden fácilmente imaginarse.

Dentro de los principios descriptos, la gran diver-

sidad de formas y dimensiones de los elementos que con este procedimiento pueden fabricarse, como también las distintas exigencias propias de cada pieza, conducen a la consideración de una cantidad igualmente numerosa de disposiciones y soluciones posibles, que se traduce, finalmente, en medios y equipos de producción bastante diferentes entre sí, para responder mejor a las necesidades de cada caso; por ejemplo: sistemas continuos o discontinuos, verticales, horizontales, de mandril rotativo y guía-cinta deslizante o viceversa; con mando del desplazamiento longitudinal por cadena, por palancas, por tornillos sin fin y dispositivos de inversión automáticos, mecánicos, eléctricos, electromagnéticos, etcétera.

Fabricaciones especiales

Los distintos procesos de fabricación a los que pueden someterse los plásticos reforzados, según las necesidades técnico-económicas y prácticas de la producción, son siempre aplicaciones o adaptaciones de uno o más de los sistemas o principios antes detallados y tienen todos ellos un denominador común que consiste en:

1. Impregnación del refuerzo (roving, mat, tejidos, etc.).
2. Control más o menos estricto de la relación vidrio-resina.
3. Modelado de la pieza según la forma prevista (a mano, con moldes metálicos, etc.).
4. Polimerización (en frío, en caliente, bajo presión, etc.).

A pesar de la invariabilidad de tal esquema, ciertos detalles y diferencias relativas a su realización nos hacen considerar algunas de los conformados más significativos, lo que podrá servir de guía para otras producciones específicas.

Revestimientos

Los revestimientos vidrio-resina han alcanzado, paralelamente con las producciones en PRFV, un lugar destacado en la solución de innumerables y graves problemas de corrosión e impermeabilización, convirtiéndose incluso en un insustituible medio de mantenimiento para muchos e importantes sectores industriales (bebidas, alimentos, construcción, química, electroquímica, etc.).

Ello se debe a la naturaleza misma de los plásticos reforzados; a la facilidad de realización de tales revestimientos; a su perfecta adherencia sobre cualquier superficie (madera, cemento, metales, etc.); a su duración prácticamente ilimitada; a su resistencia frente a una gran variedad de agresivos y, desde luego, a su conveniencia económica.

Uno de los sectores donde más se han difundido los revestimientos vidrio-resina es, indudablemente, el de la náutica, que comprende ya sea la producción mixta, proyectada desde un principio como lo indica su denominación sobre la base de una estructura de madera terciada revestida de plástico reforzado, como asimismo el forrado de cascos existentes, de madera o metálicos (aleaciones livianas, acero).

Debido al interés de esta última aplicación, que puede ser encarada también por personas no familiarizadas con la producción de unidades en PRFV, es evidente que, a los efectos prácticos, la forma de operar será substancialmente la misma en cualquier otro caso.

Ante todo conviene aclarar que un revestimiento de plástico reforzado no es un mero subrogado del calafateado o de un recubrimiento con barnices protectores, sino que agrega a la estructura resistente de los barcos nuevos valores que, a menudo, hacen posible recuperar para el servicio activo cascos desechados por sus malas condiciones de conservación o por su edad, o bien permite la instalación a bordo de motores más potentes para

mejorar las prestaciones de la unidad, etc. Además permite eliminar por largos años cualquier ulterior operación de mantenimiento.
Es importante recordar que en una madera para usos marinos la resistencia a la tracción y a la flexión oscila alrededor de los 900 kg/cm^2 (mediciones en estado seco), en un revestimiento realizado, por ejemplo, con tejidos de vidrio y resina poliéster es posible alcanzar normalmente, aun en un trabajo a mano (en frío, sin presión), resistencias a la tracción y a la flexión del orden de hasta 2.200 y 3.000 kg/cm^2 respectivamente.
Además, y como es bien sabido, la fuerte absorción de agua por parte de la madera, reduce notablemente su resistencia original, contribuyendo a ello la degradación progresiva debido a la acción solar, a los fenómenos de podredumbre, al ataque de la micro fauna marina, etc. Esto no ocurre con el plástico reforzado, prácticamente exento de todos estos factores de destrucción como también de numerosos otros problemas de corrosión.
Cualquier casco que no esté totalmente podrido puede, por lo tanto, ser acondicionado a nuevo con un revestimiento apropiado casi con las mismas brillantes características de una embarcación completamente en PRFV.

Poltrusión

La producción de varillas, perfiles y cañas de pesca, se hace generalmente a partir de refuerzos roving o cintas tejidas, utilizando distintos procedimientos según se trate de fabricaciones continuas o discontinuas. En este último caso, los métodos usados pueden ser sencillamente el de contacto a mano, para elementos que han de producirse en pequeña cantidad, pero más frecuentemente se usa el de moldes metálicos acoplados, que proporcionan mejor terminación y mejores características finales.
Para la producción en continuo, el sistema que normalmente se emplea es la poltrusión que recuerda un poco la trefilación de la industria metalúrgica. Los refuerzos (rovings o cintas unidireccionales) pasan primero por un baño de resina y en seguida por un dispositivo exprimidor que controla la cantidad de resina incorporada; luego, entran en una trefila o molde-hilera que le da forma y donde empieza la gelificación, completándose el ciclo de polimerización en un horno a temperatura adecuada. Un equipo de tracción mecánica emplazado a la salida del horno, provee al desplazamiento de las varillas que, a continuación, se cortan del largo previsto, por medio de un disco cortante. Con este procedimiento es posible obtener normalmente un contenido de vidrio muy elevado, del orden del 70 al 80% y características mecánicas muy elevadas, con módulos de elasticidad, del orden de los 300.000 kg/cm^2.
Además de un sinnúmero de perfiles para una multitud de usos en la industria (mecánica, eléctrica y electromecánica, textil, etc.) y en la construcción, este procedimiento se presta particularmente para la fabricación de cañas de pescar macizas, a partir de varillas cilíndricas que se terminan luego por medio de máquinas rectificadoras sin centro fijo, especiales para conificar.
Uno de los sistemas de fabricación de cañas huecas de pescar consiste en disponer a lo largo de un mandril cónico de acero, sostenido verticalmente, una serie de refuerzos roving longitudinales sobre los cuales se hace un enrollamiento espiralado también con roving. Todo ello debe estar impregnado de resina y luego polimerizado en caliente dentro de contramoldes metálicos, previo encintado con una película de Cellophane o Mylar como agente de despegue.
Otro sistema de fabricación, todavía más difundido, se basa en el empleo de tejidos de vidrio direccionales, especialmente fabricados al efecto, con una relación de resistencia cadena/ trama del orden, a veces, de hasta 10 a 1. Cortado el tejido en forma de una «V» trunca o trapecio, con

uno de los lados más largos paralelo al tejido, se impregna con resina, aunque resulta mejor si se usan directamente tejidos preimpregnados; y se empieza por envolverlo a mano o con uno de los varios dispositivos que pueden adaptarse al efecto, sobre un mandril cónico en el que se ha aplicado, como siempre, el desmoldante apropiado.
También pueden usarse cintas preimpregnadas sin orillo, que se envuelven a hélice sobre el mandril cónico, primero en un sentido y luego en sentido inverso para cubrir y compensar las juntas. En ambos casos se termina recubriendo el estratificado con una fuerte película de tipo termocontraíble (polietileno o PVC) o una cinta apropiada en función separadora, la que se aplica con la mayor tensión posible (cinta gruesa de Cellophane o Mylar), completándose la operación con la aplicación del calor.
Según otras variantes, la polimerización se realiza en moldes metálicos calentados (entre 110 y 150ºC aproximadamente, de conformidad con la clase de resina empleada o bien en saco elástico bajo presión (autoclave), en equipos de centrifugación, etc., que constituyen todas ellas ingeniosas adaptaciones de los conocidos métodos básicos de formación de los plásticos reforzados.
Con procedimientos análogos se realizan también soportes de antenas, en una o varias piezas de un largo unitario a veces considerable, como también distintos elementos para hilanderías, tintorerías y otras aplicaciones de carácter industrial. Las resinas que más generalmente se emplean en estas fabricaciones son la poliéster para cañas de pescar macizas, la fenólica de baja presión y la epoxídica para las cañas huecas y para antenas y puentes de radio y de TV.

Chapas planas y onduladas

Constituye por su volumen una de las más importantes aplicaciones de los PRFV, especialmente en el campo de la construcción, de la industria, y como laminados para usos eléctricos.
De acuerdo con las necesidades de la producción, los métodos de laminación pueden variar desde la simple formación por contacto a la estratificación discontinua o semicontinua en prensas de platos múltiples, a baja o media presión, hasta la fabricación continua y totalmente automática en máquinas especial-mente diseñadas para ello.
La formación a mano es muy simple: sobre la superficie de trabajo normalmente constituida por una gruesa chapa de cristal se dispone el elemento separador formado por una película u hoja de acetato de celulosa de unos 20 x 1.000 mm aproximadamente; sobre ésta se distribuye la resina debidamente preparada, incluyendo la pasta colorante si es necesario, y en seguida se coloca el refuerzo previsto de mat o tejido, que se tratará de impregnar completamente por medio de un rodillo.
La cantidad de resina depende del tipo de refuerzo y se calculará sobre la base de una proporción vidrio-resina del orden del 25 a 75 en peso para el mat, y entre 40 a 50% de vidrio por cada 60-50% de resina, en el caso de los tejidos.
Se dispone entonces sobre el refuerzo una segunda hoja de separación, y empezando por el centro se realiza una última operación de aplanamiento con un rodillo o tubo tan largo como sea posible, para llevar hacia los bordes el exceso de resina y eliminar eventuales burbujas de aire residual. Usando un rodillo algo más largo que la medida correspondiente al ancho del laminado, sostenido en sus extremos por medio de varillas o guías, a una distancia del plano de trabajo igual al grosor que habrá de tener el estratificado, y haciéndolo pasar todo a lo largo de éste, empezando la primera vez por el centro, es posible mantener una aceptable uniformidad en el espesor de los laminados hechos con este sistema.
Para una mejor terminación de ambas superficies

puede, finalmente, apoyarse sobre el estratificado un segundo cristal con algunos pesos adicionales encima; o bien, en el caso de las chapas onduladas, trasladar y acomodar el laminado así obtenido, con sus dos hojas separadoras, sobre un molde (chapa metálica, de fibrocemento, etc.), prensándolo ligeramente con otro molde igual o por medio de tubos distribuidos a lo largo de cada depresión formada por las ondulaciones. El endurecimiento puede hacerse a temperatura ambiente, con infrarrojos, al horno, etc., según el tipo de resina y el sistema catalizador empleado.

Los moldes, planos, ondulados o de distinto perfil son, en este caso, siempre metálicos (comúnmente de acero inoxidable pulido o cromado) y la polimerización se realiza en pocos minutos bajo presión y en caliente, lo que permite obtener ciclos operativos bastante rápidos.

En los sistemas continuos, la formación y los sucesivos procesos de polimerización y corte de las chapas terminadas, resultan totalmente mecanizados y se desarrollan en máquinas especiales. Las diferencias más notorias que pueden observarse en estos equipos se refieren al sentido de la ondulación, en algunos paralelo a la marcha del laminado y en otros perpendicular a ésta, y al tipo de refuerzos que utilizan (roving, mat o ambos indistintamente); además, el agente de separación está generalmente constituido por un doble film relativamente grueso (generalmente Mylar o Terphane) que se recupera al final de la cadena para volver a utilizarse.

En todos los casos, las resinas y los colorantes a emplear en la fabricación de estos laminados, deberán ser especialmente formulados y seleccionados no sólo en relación al proceso de producción elegido, sino también teniendo presente su principal campo de aplicación.

En efecto, a las habituales características físicas, químicas, mecánicas, de resistencia a las intemperies y al envejecimiento etc., tales productos deben agregar asimismo una elevadísima estabilidad a los rayos directos del sol y propiedades ópticas convenientes para asegurar una buena transmisión de la luz que, en un laminado de 1,2 mm aproximadamente de espesor, con un 25-30% de vidrio, debería ser del orden de 80-85%, con un coeficiente de difusión alrededor del 40-45% sobre el total de la luz incidente. Para ello es necesario que el índice de refracción de la resina polimerizada que se emplea resulte lo más próximo posible al de 1,55, que corresponde a las fibras de vidrio.

Estructuras sándwich

Los PRFV y en mayor medida los demás materiales plásticos y en especial los termoplásticos, presentan el inconveniente de un módulo de elasticidad relativamente muy bajo, que los pone en desventaja con los metales en la realización de determinadas formas simples, de reducido grosor y gran desarrollo superficial, como por ejemplo las obtenidas en chapas.

Esto sugiere la aplicación de procesos, con los cuales es posible mejorar la rigidez de una pieza de plástico reforzado, sin necesidad de recurrir a exagerados y antieconómicos aumentos de espesores:

1. Incorporar a la estructura elementos realizados con materiales dotados de un elevado módulo de elasticidad propia.
2. Adoptar formas complejas (dobles curvaturas, estrías, acanaladuras, bordes más gruesos, sobre espesores, etc.), capaces de proporcionar la debida rigidez sin requerir cantidades de materiales sensiblemente mayores de una forma simple.
3. Aumentar el momento de inercia de la sección, dividiendo el material resistente en dos capas superficiales separadas entre sí y enlazadas hacia afuera por medio de un elemento distanciador de baja densidad, construyendo lo que se llama una

estructura sándwich.
La primera solución es demasiado intuitiva y familiar, en la que se trata de aumentar la rigidez de los productos plásticos mediante el uso de elementos tales como tubos o perfiles metálicos o mejor aún de PRFV, piezas o costillas de madera, etc., directamente incorporados durante la formación como parte integrante del producto, o fijados a posteriori de manera apropiada.
En cuanto a las soluciones que propone el punto 2, será suficiente observar que el fondo o las paredes nervuradas de un recipiente, el reborde de una bandeja, una claraboya en forma de cúpula, una estructura del tipo paraguas y las mismas chapas onduladas translúcidas para techos, representan justamente tan sólo algunos de los miles de ejemplos de elementos realizados que podrían citarse.
Las extraordinarias posibilidades de formación de los PRFV y la facilidad con que pueden re-producirse y realizarse las formas más complejas con la misma sencillez, casi de una figura simple cualquiera, ofrecen al diseñador industrial uno de los caminos más cómodos y económicos para transponer la barrera de la rigidez y anular la desventaja que el escaso módulo de elasticidad del plástico reforzado podría representar para ciertas aplicaciones, en competencia con los metales y otros materiales.
Basadas en los mismos principios del punto anterior, en que se busca la mayor rigidez mediante un incremento del momento de inercia de la sección transversal del elemento, las estructuras de tipo sándwich difieren sin embargo sensiblemente de las anteriores ya que, para lograrlo, no recurren a configuraciones geométricas especiales, sino a un tipo de construcción formado por dos láminas o chapas de plástico reforzado, de espesor relativamente reducido y paralelas entre sí, adheridas a un medio distanciador muy liviano que constituye el núcleo del estratificado.
La resistencia ofrecida a un esfuerzo o a un componente lateral de corte en el plano de unión entre las láminas de superficie y el alma o relleno de separación, representa normalmente el único factor límite de la carga aplicable. Se pueden lograr, de esta manera, valores de rigidez y condiciones estructurales realmente sorprendentes en relación con el exiguo peso de tales elementos.
Las aplicaciones abarcan actualmente sectores tan diversos e interesantes como investigación espacial, la aeronáutica, la marina, los transportes por riel y carretera, la náutica deportiva, la fabricación de tanques, la edificación civil de tipo prefabricado y, en general, una multitud de otras construcciones de toda clase, especialmente de grandes dimensiones.
El material que constituye la parte central de los laminados combinados puede proporcionarles, además, algunas cualidades complementarias de notable interés, tales como un alto poder aislante termo-acústico, efectos decorativos variados, una absoluta y total flotabilidad en el agua, etc., pudiendo mencionarse entre los muchos materiales que se usan para ello, los siguientes:
1. Madera de balsa.
2. Paneles rígidos de fibras de vidrio aglomeradas.
3. Productos alveolares diversos, generalmente una resina expandida (cloruro de polivinilo, poliestireno, poliuretano rígido, acetato de celulosa, resina poliéster, resina fenólica, etcétera).
4. Productos celulares tipo panal de abejas (honeycomb), de papel, aluminio, tejido de vidrio, etcétera.
5. Estructuras varias como anillos o enrejados de cartón o de madera, perfiles distanciadores paralelos, chapas onduladas y otras.
La fabricación de una estructura sándwich puede realizarse de distintas maneras, según sean los medios disponibles, el destino y las necesidades del objeto a fabricar. La primera de ellas y la más simple, que puede usarse para paneles planos o de forma sencilla, es la de hacer adherir bajo ligera presión las dos chapas o cáscaras de plástico

reforzado sobre ambas caras del núcleo central, por medio de un adhesivo apropiado.
También pueden realizarse los estratificados exteriores del complejo, ya sea a mano o con un equipo de aspersión, directamente sobre el núcleo, primero de un lado y luego del otro, polimerizando luego en caliente y bajo prensa, o con el sistema de saco elástico.
Una tercera forma de operar, derivada de la combinación de los dos métodos anteriores y generalmente usada, por ejemplo en la construcción de embarcaciones, es la de realizar en primer término y de la manera acostumbrada en molde, la laminación de la parte exterior del casco; luego se adapta y adhiere el material destinado a formar el relleno del sándwich, constituido en este caso siempre por un elemento de células cerradas resistentes al agua de mar, y sobre éste, finalmente, se procede a laminar el forro interno, con tejidos o mats o con ambos tipos de refuerzos y resina, según lo previamente calculado. De esta manera se obtiene una estructura monolítica rígida, de alta resistencia y a la vez extremadamente liviana y absolutamente insumergible, aun en el caso de grandes desgarraduras.
También con el sistema de formación por enrollamiento es factible realizar sándwich; para ello será suficiente envolver sobre el mandril primero una capa de refuerzo impregnado del espesor previsto, luego hacerle adherir el elemento distanciador central, generalmente del tipo panal de abejas o constituido por un plástico expandido y, por último, envolver sobre éste con la capa exterior vidrio-resina.
En estos casos, y en general cuando se pretende laminar directamente sobre un núcleo alveolar, debe advertirse que el empleo de algunos productos plásticos expandidos puede resultar incompatible con la estratificación, por existir la posibilidad de que algunos componentes o solventes contenidos en las resinas ataquen y disuelvan la espuma.
Una situación de este tipo se presenta, por ejemplo, con el poliestireno expandido, sobre el cual no es posible verter directamente la resina poliéster porque el monómero de estireno que ésta contiene disuelve el poliestireno. Por lo tanto, salvo que se requiera limitar el uso de estos productos alveolares a su colocación entre chapas de plástico reforzado totalmente curadas (uniéndolos por medio de adhesivos apropiados), será necesario recurrir a un intermediario, o sea a una capa de protección impermeable que adhiera igualmente bien al material expandido y a la resina poliéster. Resultados plenamente satisfactorios sobre espuma rígida de poliestireno han sido obtenidos en este sentido con una mano de emulsión de acetato de polivinilo, aplicada antes de la estratificación.
Otras aplicaciones tecnológicas facilitan la expansión local de determinados tipos de resina, de las que las poliuretánicas son un típico exponente; han encontrado aplicación en esta clase de estructuras combinadas que se realizan mediante la introducción y expansión del producto destinado a constituir el núcleo del sándwich, directamente en el hueco formado por las superficies o paredes resistentes del laminado exterior de PRFV.
En todos los casos, será particularmente importante tener presente que la resistencia mecánica final de un elemento de construcción sándwich depende siempre no sólo de la resistencia combinada de sus dos capas exteriores y de la del núcleo interno de sostén, sino esencialmente de la solidez de la unión entre los laminados externos y el núcleo; o dicho de otra manera, cualesquiera que sean los materiales que forman estos tipos de estructuras, su calidad estará siempre vinculada de manera decisiva a la posibilidad de lograr una buena unión, entre el núcleo y los estratificados exteriores, lo que de ser necesario deberá asegurarse por medio de un pretratamiento de las superficies internas de los laminados para su mejor anclaje al núcleo.
En cuanto a la elección del material más con-

veniente para la parte central del sándwich, es evidente que dependerá sobre todo del destino que habrá de tener la estructura. Por ejemplo, un expandido muy rígido, que proporciona en construcciones sometidas a cargas estáticas la mejor resistencia a compresión, podría no ser muy apropiado para trabajar en presencia de continuas vibraciones a causa de su fragilidad. Para una estructura combinada, destinada entre otras cosas a proporcionar un muy buen aislamiento térmico o frigorífico, sería un error usar un núcleo tipo panal de abejas en vez de un panel aislante de lana de vidrio o de un material sintético como el poliuretano dotado del coeficiente de conductividad más bajo posible.

Tampoco sería aconsejable el empleo de un núcleo expandido del tipo células abiertas para la producción de embarcaciones, por adecuadas que pudieran parecer sus otras características; porque en el caso de un desgarramiento del casco, el agua invadiría totalmente el espacio entre las dos cáscaras de PRFV separadas por un material de tal naturaleza.

También la temperatura de empleo puede ser, obviamente, un factor determinante para la elección del núcleo, inclusive en aplicaciones donde parecería no interesar, tales como los llamados curtain walls (elementos prefabricados para edificios). Esto es debido a que varios de los productos utilizados de la familia de los termoplásticos, ya a los 50 ó 60ºC empiezan a perder parte de la resistencia mecánica que tienen a temperatura ambiente, lo que puede perjudicar seriamente las prestaciones previstas, aun en aplicaciones como las mencionadas, en las cuales no es difícil alcanzar temperaturas del orden de los 70-80ºC, por efecto de los rayos directos del sol en condiciones particularmente desfavorables de exposición y ventilación.

Si bien la diversidad de las combinaciones posibles y de los diferentes problemas que deben resolverse, no permite generalizar excesivamente en lo que se refiere al cálculo, al proyecto y a la realización de estas estructuras, puede resultar útil para una primera orientación mencionar que la observación y la experiencia prácticas han puesto de relieve ciertos parámetros que ponen en relación entre sí el espesor del núcleo, en el caso de expandidos rígidos, y el de las dos chapas de PRFV que lo recubren.

Para los usos más corrientes en función estructural, excluyendo aplicaciones especiales, se indicaría como más equilibrada y conveniente una proporción sobre el espesor total de alrededor de 1/8 a 1/5 y de 7/8 a 4/5 para ambos laminados en conjunto y el núcleo respectivamente; o sea que en un elemento sándwich de por ejemplo, 25 mm de espesor total, cada estratificado debería tener un grosor de 1,6 a 2,5 mm, con un alma liviana central de unos 20-22 mm aproximadamente. Al mismo tiempo el espesor total de la estructura sándwich debería ser alrededor de 3,5 a 4 veces mayor que el espesor de una pieza normal de plástico reforzado a los efectos comparativos de la equivalencia de sus respectivas prestaciones, siempre para casos medianos y corrientes y para espesores de PRFV no mayores de unos 10 mm.

Para otros tipos de aplicaciones, como en el caso de prestaciones acentuadamente termo aislantes, tales proporciones podrían variar de manera considerable, hasta 1 a 10, 1 a 12 entre el espesor de los dos laminados de superficie y el grosor del núcleo.

Inyección

Es un sistema en el que se utilizan todavía resinas de polimerización en frío o a muy baja temperatura, y aun cuando no se requiere la aplicación de presiones, se precisa el empleo de dos moldes, macho y hembra (molde cerrado), realizados generalmente en vidrio-poliéster o epoxi, con los bordes reforzados.

La impregnación puede hacerse por separado, sobre una hoja de acetato de celulosa o sobre cualquier otra película análoga. Una vez aplicada la resina se coloca encima del estratificado una segunda película transparente y mediante un rodillo se completa la eliminación de las burbujas de aire. Hecho esto se traslada el conjunto a uno de los moldes, adaptándolo a su forma; se encima el contramolde y se sujetan firmemente las dos partes entre sí con la ayuda de pinzas de presión u otros dispositivos apropiados de cierre rápido.
De no ser posible el empleo de películas separadoras, por los pliegues que en una forma relativamente compleja podrían producirse, la impregnación se realiza directamente sobre el molde, previa aplicación de un agente de despegue, pero cuidando de manera muy especial durante el cierre de las dos partes la buena repartición de la resina, y de asegurar la salida del aire. Generalmente, la forma más simple de lograrlo es trabajar con un exceso de resina que, luego de escurrida, se recupera al cerrar el molde.
En el caso de grandes piezas, haciendo uso de moldes separables en varios elementos, es posible realizar la laminación por sectores y, asimismo, combinar este método con la formación a mano por contacto, a fin de lograr en algunas zonas en que fuera necesario, un mayor control del espesor y una mejor terminación.
Dentro del mismo sistema de doble molde, puede mencionarse para la impregnación el método que utiliza la aspiración o inyección por presión de aire. Estos moldes presentan la particularidad de tener en su periferia una canaleta para la resina y uno o más orificios, estratégicamente distribuidos, para ser conectados a una bomba de vacío.
Los moldes se cierran solamente con el refuerzo seco adentro. Luego se vierte en la canaleta la cantidad necesaria de resina que, por efecto de la succión, se ve forzada a subir por medio del refuerzo repartiéndose poco a poco hasta rellenar por completo la cavidad del molde. Al alcanzar la resina los visores de los orificios de salida, se cierra la llave de paso y se deja polimerizar, con o sin aporte suplementario de calor.
Una variante o un perfeccionamiento de esta tecnología es el de la inyección directa de resina, bastante difundida en la actualidad por ser relativamente rápida en la producción, apropiada para series medianas y piezas de casi cualquier forma y dimensiones, siempre que no requieran excesivas proporciones de vidrio/resina.
En este caso, la resina debidamente preparada, viene forzada por medio de un aplacador volumétrico a pistola de enchufe cónico, dentro de la cavidad del molde en la que ya se ha dispuesto el refuerzo seco; uno o más respiraderos, estratégicamente distribuidos mientras dan salida al aire que poco a poco queda totalmente reemplazado por la resina, sirven al propio tiempo de testigos. Este procedimiento requiere el empleo de resina relativamente de baja viscosidad; el refuerzo debe ser colocado de manera que no pueda sufrir desplazamientos durante la inyección, lo cual se consigue generalmente con una correcta repartición del mismo y, si es necesario, aprisionando su contorno entre las pestañas periféricas del molde y contramolde.
El método que de por sí asegura una buena terminación superficial, permite también la aplicación del gel coat, lo cual se hace con una técnica apropiada, distribuyéndolo previamente sobre la superficie interna de uno o de ambos semimoldes según la necesidad; iniciada la polimerización se coloca el refuerzo previsto y se cierra para la inyección.

Estampado / prensado

Es un método rápido de tipo industrial, que admite altos índices de mecanización y ciclos de

fabricación de tan solo 1 a 2 minutos, destinado a la producción en gran escala de cualquier tipo de pieza (en cantidades lo menos del orden de algunos miles de ejemplares). La formación se realiza con presiones de hasta 30 Kg/cm^2, pero más frecuentemente entre 3 y 10 Kg/cm^2 para la resina poliéster, con temperaturas de polimerización de 110 a 130°C (hasta 100 Kg/cm^2 y 180°C para otras familias de resinas).

Las matrices que se emplean son habitualmente de acero pulido y cromado, pero también puede usarse aluminio fundido, ligas especiales de zinc (Kirksite), hierro colado, etcétera. A menudo los bordes de estas matrices son especialmente tratados para cortar por cizallamiento la fibra de vidrio sobrante, además de retener la resina en la cavidad del molde en la fase final de la operación de prensado. Llevan topes de arresto y dispositivos de calefacción eléctricos, de vapor o aceite caliente.

Para hacer más rápido el ciclo de estampado especialmente cuando se emplean matrices de acero inoxidable o acero cromado, puede prescindirse de los agentes de despegue mediante el agregado a la resina de un desmoldante interno o un lubricante (generalmente estearato de zinc) que, aflorando a la superficie en el curso de la polimerización, forma una película continua separadora que facilita el desmolde de la pieza.

Los refuerzos, oportunamente recortados o preparados de manera apropiada (preformas), pueden colocarse en el molde en estado seco, agregándose seguidamente la cantidad necesaria de resina, o bien utilizarse preimpregnados. Las prensas para PRFV son casi siempre de dos velocidades: una, la más rápida, de acercamiento, necesaria para prevenir la gelación de la resina; y la otra, muy lenta, de tan solo unos pocos centímetros por minuto, para el cierre final, destinada a evitar el desplazamiento violento de la resina y asegurar su correcta distribución; el mayor esfuerzo se aplica al momento del cierre, cuando la matriz empieza a cortar los bordes del refuerzo de vidrio.

La presión relativamente baja que se requiere para la formación de los plásticos reforzados permite realizar también elementos de muy grandes dimensiones (varios metros cuadrados) con prensas de potencia comparativamente poco elevada, siempre que estén equipadas con platos o suplementos apropiados para ello. Las dimensiones de las piezas producidas con este sistema quedan limitadas en la práctica por el costo de las matrices y la posibilidad de su amortización.

Cabe en este punto destacar brevemente las principales diferencias que hacen al modus operandi de los distintos tipos de resinas, en comparación con las poliésteres. Estas últimas y las etoxilínicas son resinas líquidas al 100% (no soluciones) que polimerizan totalmente sin desprendimiento de productos secundarios de ninguna clase; por lo tanto, las únicas diferencias residen prácticamente, en la presión y temperatura de curado, algo mayores en las epoxi en comparación con las primeras (presiones entre 7 y 70 Kg/cm^2 y temperaturas entre 140 y 165°C aproximadamente).

En cambio, las resinas fenólicas, las de melamina y las de siliconas, se proveen siempre bajo forma de disoluciones (preferentemente en alcoholes o en soluciones acuosas de alcohol, las primeras; y en tolueno o en otros solventes análogos, las de siliconas); debiéndose, en una etapa preliminar al estampado, evaporar totalmente el disolvente. En estos casos el ciclo operativo completo incluye, en primer término, la impregnación del refuerzo de fibras de vidrio con la solución de resina; y luego, la eliminación del solvente en estufa con circulación de aire caliente, prolongándose el tratamiento hasta llevar la resina a un estado apropiado de prepolimerización, en cuyas condiciones pasa al molde para el estampado bajo prensa.

Materiales termoplásticos compuestos

Los termoplásticos reforzados actuales consisten esencialmente en el polímero termoplástico (polímero base) en el cual ha sido dispersada la carga de refuerzo. Las cargas más usadas son las fibras, predominando las fibras de vidrio y de asbesto. Puede haber además presencia de aditivos menores.

Es útil considerar la forma en que los termoplásticos que los originan lograron su importancia actual, y mencionar las ventajas que los llevaron a dejar rezagados a sus predecesores, los termoestables, en tantas aplicaciones.

Los compuestos termoestables, particularmente los materiales fenólicos de moldeo, y su elaboración por compresión, adquirieron importancia comercial a partir de 1920 aproximadamente; los materiales de moldeo de urea y melamina los siguieron en la década de 1930. Prácticamente todos los compuestos de moldeo termoestables consistían predominantemente en una resina y una carga. En los fenólicos la carga era normalmente aserrín, mica o vidrio; en los aminoplásticos, aserrín o celulosa. Estas cargas eran necesarias para impartir rigidez y estabilidad, y sin ellas no se podían lograr compuestos de moldeo útiles.

Los principales termoplásticos de preguerra eran los plásticos celulósicos y, en particular el acetato de celulosa. Estos materiales tenaces no necesitaban la inclusión de cargas para ser de utilidad como compuestos de moldeo. En realidad, se los empleaba a menudo en usos donde la transparencia era importante y ésta hubiera sido afectada por las cargas. Luego de la Segunda Guerra Mundial, el poliestireno ocupó el lugar del acetato de celulosa, como insumo principal en la industria de moldeo de plásticos. Era un material que se conformaba fácilmente y podía emplearse satisfactoriamente en una amplia gama de aplicaciones sin el agregado de cargas.

El poliestireno y los otros termoplásticos empezaron a procesarse con la técnica del moldeo por inyección, que, en esa época, no podía usarse con

Cuadro 6. MATERIALES TERMOPLÁSTICOS COMPUESTOS

POLÍMEROS	CARGAS DE REFUERZO
Acetales-Polímeros y Copolímeros	Alumina (zafiro)
	Amianto
	Antofilite
Cloruro de Polivinilo	Carbono tipo 1 (alto módulo)
Estirénicos	Carbono tipo 2 (alta resistencia)
Poliamidas	Crocidolite
Poliarilatos	Lubricantes
Poliésteres Termoplásticos	Nitruro de Silicio
Poliéter Clorado	Titanato de Potasio
Polímeros Fluorocarbonados	Vidrio E
Poliolefinas	Vidrio S
Poliuretano Termoplástico	Whiskers

los termoestables. Este método de fabricación ofrecía un mayor grado de automatización que el logrado por el moldeo por compresión, y los regímenes de producción eran también mayores. Esta gran ventaja en el procesado, unida a la tenacidad y flexibilidad del polietileno y al bajo costo y versatilidad del poliestireno y del poliestireno de alto impacto, motivaron que el volumen de termoplásticos que se procesaba sobrepasara a aquél de los termoestables.

En 1951, un norteamericano, R. Bradt, se enfrentó con la necesidad de proveer un material con propiedades cuidadosamente especificadas y encontró que se podía cumplir la especificación mediante la inclusión de fibras de vidrio en el poliestireno. El material reforzado con vidrio que él proveía era producido mediante una técnica de extrusión coaxial, similar a la utilizada en recubrimiento de cables; por ejemplo, hilos de vidrio continuos eran pasados a través de un cabezal de extrusión y recubiertos con el polímero. El hilo así formado se cortaba en gránulos de 12,7 ó 6,35 mm para el moldeo. Tales productos ofrecían casi el doble de resistencia a la tracción del poliestireno sin reforzar y eran cuatro veces más rígidos. La compañía formada para elaborar estos materiales, Fiberfil Inc., fue el primer proveedor de termoplásticos reforzados.

En la misma época, se estaba usando en Estados Unidos el Nylon 6.6 como material de moldeo para aplicaciones mecánicas, más que para usos decorativos, y fue éste el primero de los llamados «plásticos de ingeniería». Ofrecía buena tenacidad, unida a una alta resistencia al desgaste y bajo coeficiente de fricción. Esta combinación era ideal para aplicaciones como bujes, engranajes y elementos deslizantes de todo tipo. Sus principales desventajas: una mala estabilidad dimensional y una rigidez relativamente baja. Estas cualidades podían mejorarse con un refuerzo de vidrio. Fiberfil, usando la técnica de Bradt, comenzó a fabricar y a comercializar un nylon reforzado con fibra de vidrio que se convirtió rápidamente en su principal producto.

A comienzos de la década del 60, ICI en Inglaterra, Bayer en Alemania y la LNP Corporation en los Estados Unidos., desarrollaron nuevos grados de nylon reforzado. Éstos eran producidos con otra técnica, más antigua y convencional: extrusión de un compuesto. Algunos trabajos preliminares de DuPont, de 1946 en Gran Bretaña, habían demostrado que la inclusión de fibra de vidrio en el nylon, por vía de extrusión de un compuesto, daba por resultado un mejoramiento de las propiedades físicas de éste. El mejoramiento del proceso por ICI y Bayer dio como resultado la aparición comercial en el mercado de los primeros grados de los llamados «productos de fibra de vidrio corta». Dicha denominación se usaba para distinguir a estos materiales de los productos del tipo de Fiberfil, en los que las fibras estaban alineadas completamente a lo largo del grano, y de su misma longitud, (6,35 mm). Los productos obtenidos por extrusión de un compuesto podían tener longitudes promedio de fibra tan bajas como de 0,25 mm (0,010 pulgada). No ofrecían propiedades de resistencia iguales a los productos reforzados con fibras de vidrio «largas», pero eran lo suficientemente buenos como para cumplir con los requerimientos de las aplicaciones donde se usaban estos últimos. Aún más, ofrecían significativas ventajas en términos de acabado superficial y procesabilidad. Una vez que estos productos fueron aceptados en Estados Unidos y en Europa, aumentó el rango de los polímeros reforzados y sus fuentes se multiplicaron rápidamente.

En los Estados Unidos la producción de los principales plásticos de gran consumo, como el poliestireno y el polietileno, y los plásticos «casi de ingeniería», acrilonitrilo / butadieno / estireno

(ABS), estireno / acrilonitrilo (SAN) y polipropileno, en su versión reforzada, creció rápidamente en importancia debido a su utilización en la industria automotriz. En Europa estos materiales no adquirieron igual difusión, pero el nylon reforzado fue ampliamente explotado y, en un nivel de volumen mucho menor, el policarbonato se convirtió a su vez en el siguiente termoplástico reforzado de mayor utilidad.

Los principales proveedores de termoplásticos reforzados (muchos proveedores pequeños) se encuentran en Europa, Estados Unidos, Japón.

Los productores de termoplásticos reforzados pueden dividirse en dos categorías:

1. Grandes fabricantes de polímeros, muchos de los cuales ofrecen versiones reforzadas de algunos de sus productos.
2. Fabricantes independientes, que no están en la producción de polímeros básicos, pero que compran polímeros de los productores y los combinan con refuerzos adecuados.

Históricamente, en los U.S.A. los primeros proveedores de termoplásticos reforzados fueron los productores independientes, mientras que en Europa, los primeros en ofrecer versiones reforzadas fueron los fabricantes de polímeros. En este mercado los productores independientes han adquirido importancia comercial en los últimos 20 años. En Japón los principales proveedores son los fabricantes de polímeros.

Polímeros

Hasta la fecha se han usado unos 30 polímeros, como polímeros base en la fabricación de termoplásticos reforzados comerciales. Se desarrollarán a continuación los más significativos.

Cloruro de polivinilo

Debido a la amplia gama de variaciones de sus propiedades físicas, logradas mediante la plastificación, las aplicaciones del PVC son particularmente numerosas y su rango de empleo el más extenso entre los de todos los termoplásticos. Sin embargo, solamente los grados rígidos y semirrígidos son de interés para aplicaciones de ingeniería, y es esencialmente el PVC rígido el usado como polímero base para las versiones reforzadas. El refuerzo puede aumentar la resistencia y la rigidez en tres o más veces. Es lamentable que no pueda elevar la temperatura de distorsión, que es baja.

Las principales características ventajosas del PVC son su buena resistencia a los ácidos, álcalis y aceites, a muchos productos químicos inorgánicos corrosivos, al oxígeno y al ozono; sus buenas propiedades como barrera al agua y de aislación eléctrica, su no-inflamabilidad y la reducida deformación bajo carga (para un termoplástico), a temperatura ambiente. Las principales limitaciones son su ya mencionada baja temperatura de ablandamiento, su tendencia a degradarse a elevadas temperaturas y su susceptibilidad al ataque de cetonas, de algunos hidrocarburos aromáticos y clorados, de ésteres y determinados éteres aromáticos, aminas y compuestos nitrogenados.

Aparte de la producción de accesorios para cañerías (que van junto con el caño de PVC extrudado), se moldea por inyección comparativamente poco PVC. Muchos procesadores aún le huyen al material por la relativa dificultad del procesado debido a su propensión a la descomposición térmica. Las fibras cortas de amianto (crisotilo) se utilizan en gran cantidad como carga en los compuestos de PVC usados en recubrimientos de pisos (baldosas). En este caso la resina es usualmente un copolímero de cloro / acetato, y el rol del amianto es más bien el de una carga funcional que el de un refuerzo, aunque se logren algunas mejoras en las propiedades mecánicas.

Estirénicos

La clasificación bajo la denominación de «estirénicos» del poliestireno, el copolímero de estireno-acrilonitrilo y el terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno no es estrictamente sistemática desde el punto de vista químico, pero se justifica desde el punto de vista tecnológico. Al igual que las poliolefinas, las propiedades de ingeniería de estos polímeros no son lo bastante buenas como para incluirlos en esta clase de aplicaciones.

Dichos polímeros son, con la excepción parcial del terpolímero de ABS, materiales de consumo masivo. Sin embargo, y nuevamente en forma análoga a lo que acontece con las poliolefinas, la incorporación de refuerzos eleva sus propiedades lo suficiente como para permitir utilizarlos en aplicaciones de ingeniería.

En los sectores de consumo masivo los tres materiales comparten con las poliolefinas las ventajas de un costo comparativamente bajo. Su procesabilidad es también muy buena. Otras ventajas que ofrecen son la excelente claridad del poliestireno, la buena transparencia del estireno-acrilonitrilo, la resistencia a los solventes también comparativamente buena de este último, y la tenacidad del ABS.

La desventaja principal, compartida por los tres materiales, consiste en su baja temperatura de ablandamiento. Mientras que la resistencia a los solventes del estireno-acrilonitrilo resulta la mejor dentro del grupo, los tres materiales son susceptibles al ataque por solventes. La resistencia del poliestireno y del ABS es comparativamente baja y la fragilidad del poliestireno representa una desventaja bien conocida.

Poliamidas

Las poliamidas (nylons) se hallan entre los mejores termoplásticos de ingeniería. Son tenaces, resistentes a la abrasión y fuertes, comparadas con muchos otros termoplásticos. Su resistencia a los agentes químicos y al ataque microbiológico es muy buena.

Las mayores diferencias de comportamiento entre los distintos tipos químicos residen en el punto de fusión, la temperatura de ablandamiento y la absorción de humedad. Existen también diferencias en la resistencia y en el módulo en condición de saturación de agua, por la acción plastificante que ésta tiene sobre las poliamidas.

La incorporación de un refuerzo puede aumentar en tres veces la temperatura de distorsión bajo carga de estos materiales, así como mejorar su resistencia a la compresión, a la tracción, y la rigidez. Los nylons reforzados con vidrio constituyen el grupo de termoplásticos que más ha progresado mundialmente. Comparado con el de otros termoplásticos de ingeniería, el volumen de producción de los Nylons 6 y 6.6 es muy alto. Ello se debe a que tales polímeros se producen en grandes cantidades para uso textil. La situación se ve reflejada favorablemente en el precio de estos dos tipos de nylon, más baratos si se los compara con otras poliamidas y polímeros de ingeniería de un nivel de propiedades similar.

Poliarilatos

Conviene agrupar a los tres «poliarilatos», dos de los cuales (la polisulfona y el policarbonato) están basados en el bisfenol A, y el tercero, en el óxido de fenileno.

Los tres son polímeros lineales y se caracterizan por tener puntos de ablandamiento relativamente altos para los termoplásticos. El policarbonato bisfenol A, el de más antigua data de los tres, es también el que brinda transparencia similar al agua, aunque debe recordarse que el policarbonato bisfenol A es cristalizable, o puede cristalizar bajo la influencia de calor y/o solventes, en cuyo caso se desarrolla una opacidad. La polisulfona,

aunque clara, tiene un tinte amarillento. El óxido de polifenileno se comercializa como una mezcla con poliestireno endurecido (Noryl) para facilitar el procesado. Además de sus altos puntos de ablandamiento, los tres materiales son fuertes y el policarbonato es particularmente tenaz, sobre todo en secciones delgadas. La polisulfona es todavía el material con la clasificación más alta del Underwriters Laboratory (UL) en cuanto a resistencia térmica. La sobresaliente estabilidad a la hidrólisis que tiene la mezcla de óxido de polifenileno con poliestireno endurecido (Noryl) es también destacable, así como su retardo a la propagación de la llama.

Las desventajas de los poliarilatos son su susceptibilidad ante algunos solventes (principalmente hidrocarburos clorados y cetonas) y su tendencia a fallar en presencia de éstos. Asimismo, sus características frente al desgaste son comparativamente pobres, y la resistencia a la abrasión no muy buena. También hay disponible una mezcla de polisulfona con acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), que se comercializa bajo la marca registrada Arylon (Uniroyal). El material es, en general, de propiedades similares a la polisulfona bisfenol A; se le agrega el ABS a fin de mejorar el procesado y la resistencia al impacto, pero, lo que quizás resulte sorprendente, la mejoría en las condiciones de procesado, no se hace evidente bajo todas las condiciones.

Poliésteres termoplásticos

Estos son materiales de moldeo comparativamente nuevos. Se los puede considerar estructuralmente como productos de condensación lineal del ácido tereftálico y glicoles lineares. Históricamente, el primer poliéster termoplástico usado como material de moldeo por inyección fue el tereftalato de polietileno (el Arnite, comercializado por AKZO Plastics de Holanda). Muy poco tiempo después apareció en el mercado el FR-PET japonés, que es un grado de tereftalato de polietileno reforzado con fibra de vidrio y no existe el grado correspondiente sin reforzar. Ambos materiales hicieron su aparición comercial a mediados de la década del 60. Hacia fines de esa década apareció la segunda generación de poliésteres, como el tereftalato de politetrametileno, también llamado tereftalato de polibutileno. Estos productos son una muestra significativa del aumento de las propiedades de un material comparativamente mediocre con ayuda del refuerzo, hasta lograr un plástico de ingeniería bueno y versátil. Ello queda demostrado por la diferencia de casi 140ºC entre la temperatura de deflexión bajo carga del tereftalato de polibutileno sin reforzar (unos 50ºC) y la del mismo material reforzado con fibras de vidrio (unos 190ºC). La resistencia a la tracción puede ser duplicada (de unos 560 a 1120 kg/cm^2).

Con la excepción del FR-PET japonés y del Arnite T, que sólo se proveen en forma reforzada, todos los demás poliésteres termoplásticos se pueden conseguir tanto en forma reforzada como sin reforzar.

Muchos de estos polímeros se ofrecen con distintos niveles de refuerzo de vidrio y en la forma reforzada, también con retardante de llama.

A excepción de la exigua temperatura de deflexión bajo carga, en el caso del tereftalato de polibutileno, los poliésteres termoplásticos son en general buenos plásticos de ingeniería y se convierten en excelentes cuando se los refuerza con vidrio. Si bien su resistencia a tracción es apenas inferior a la del nylon 6.6, tienen buena resistencia a la fatiga y tenacidad. Su estabilidad dimensional en presencia de agua es muy superior a la de los nylons, debido a la absorción considerablemente menor de los poliésteres. Su procesabilidad es muy buena, permitiendo lograr ciclos rápidos de moldeo. En este aspecto, el tereftalato de polibutileno es particularmente conveniente.

Entre las desventajas podemos citar un cierto grado de sensibilidad a las entalladuras si son sometidos a impacto, y la hinchazón que sufren por acción de los solventes de hidrocarburos clorados, aunque la resistencia química sea buena en general. Los grados normales son combustibles, pero también se proveen grados con la clasificación más baja de combustibilidad (V-0), medida según el sistema del American Underwriters Laboratory.

Poliéter clorado (Penton)

Este material era fabricado en forma reforzada, pero el polímero base no está más disponible desde que la Hércules cesó su producción. Por lo tanto, no se incluyen datos.

Polímeros fluorocarbonados

El politetrafluoroetileno (PTFE) es el más antiguo y en determinadas aplicaciones especiales todavía el polímero fluorocarbonado más ampliamente utilizado. No se comporta como un termoplástico en cuanto a su procesado, porque la viscosidad de su masa fundida es tan alta que no cae dentro de los rangos abarcados por los métodos comunes de procesamiento de termoplásticos. Su punto de fusión es también muy alto (327°C). Se ha demostrado que, cuando se funde por primera vez, la temperatura de fusión es aún más alta (342°C); luego, como resultado de un reordenamiento morfológico, el polímero funde a una temperatura algo menor.

El FTFE no es moldeable por inyección ni por extrusión en forma convencional, y su conversión térmica depende, principalmente, del sintetizado más que de una verdadera fusión homogénea del polímero.

Estos compuestos tienen importancia en sus aplicaciones particulares, pero el volumen del polímero base de PTFE que se utiliza en forma reforzada es comparativamente pequeño en términos absolutos; el alto precio del polímero, así como el alto costo y las dificultades del procesado, contribuyen a esta situación. El altísimo punto de fusión del PTFE, una de las causas que dificultan su procesamiento, es una ventaja para su utilización, así como la estabilidad del polímero a bajas temperatura. El rango de las temperaturas de servicio va normalmente de –200°C hasta los 250°C. Otras propiedades útiles del PTFE son su excepcional resistencia a los agentes químicos, las excelentes propiedades eléctricas, su bajo coeficiente de fricción y su propiedad adhesiva (baja energía superficial).

Las principales desventajas del PTFE surgen de su resistencia comparativamente baja y de su rigidez. La resistencia al desgaste también es pobre. La incorporación de las cargas no eleva normalmente al PTFE a la categoría de un termoplástico de ingeniería; sin embargo se pueden lograr mejoras de hasta tres órdenes de magnitud en la resistencia al desgaste.

Desde principios de la década del 60 ha habido polímeros fluorocarbonados moldeables por inyección, como por ejemplo el polímero de clorotrifluorotileno (Kel-F), el fluoruro de polivinilideno, y el copolímero fluorado de etileno / propileno (Teflon FEP). Se han incorporado cargas de relleno a estos materiales, pero no dieron como resultado mejorías significativas en sus propiedades. Puede decirse que recién apareció en escena el primer fluoropolímero reforzado, con el agregado del refuerzo al copolímero etileno / tetrafluoroetileno (ETFE).

El contenido del comonómero en este copolímero es lo suficientemente alto, alrededor de 25%, como para permitir un moldeo por inyección fácil y rápido. También brinda una mejora (en relación con el PTFE) en dureza, resistencia, rigidez y resistencia a la abrasión. De todos modos, el porcentaje mencionado resulta suficientemente bajo como para preservar las propiedades características de

los polímeros florados, en especial su resistencia química y su buen desempeño eléctrico, aunque la temperatura de servicio continuo es comparativamente baja (unos 150ºC). La misma puede ser aumentada apelando al entrecruzamiento de cadenas mediante radiación hasta unos 180ºC, y, en algunos grados reforzados con vidrio, hasta unos 200ºC.
El ETFE, representado por Tefzel de DuPont, es el polímero base de lo que actualmente constituye el más típico y conocido fluorocarbono reforzado comercial. Otro fluoropolímero inyectable de aparición a fines de los años 70, el perfluoroalkoxi (PFA), procesado en forma corriente. En algunos aspectos sobrepasa al PTFE, por ejemplo en resistencia y rigidez. Sus propiedades en cuanto a resistencia se conservan hasta unos 280ºC.

Acetales – Polímeros y Copolímeros

Las principales propiedades de este grupo de polímeros, particularmente útiles en las aplicaciones de ingeniería, son su alta resistencia y rigidez, su resistencia a la deformación bajo carga y su elasticidad y estabilidad dimensional dentro de un amplio rango de temperaturas. Todo ello, combinado con una buena resistencia a la fatiga. Su comportamiento frente a los agentes químicos y al agua también es bueno. El mejoramiento de sus propiedades de resistencia y rigidez, mediante la incorporación de un refuerzo fibroso, hace que los poliacetales puedan ser competitivos con los metales para ciertas aplicaciones.
La característica más desventajosa de los polímeros acetálicos es su tendencia a la descomposición a elevadas temperaturas, especialmente en el caso del homopolímero. Esto puede ocurrir, por ejemplo, durante el procesado, en cuyo caso se requiere un estabilizante. Otra desventaja es su inflamabilidad y una adhesión al refuerzo de fibra de vidrio no particularmente buena.
El homopolímero acetal puede ser diferenciado del copolímero calentando el material a 200ºC en trietanolamina. El homopolímero, mucho menos resistente a la descomposición en estas severas condiciones, se vuelve marrón, y luego casi negro, con la aparición de formaldehído luego de unos pocos minutos. El copolímero puede tomar un color amarillento pero no sufre mayores cambios.

Poliolefinas

Estos materiales, con la excepción del poli-4-metilpenteno-1, son esencialmente productos de consumo masivo, con propiedades «de ingeniería» comparativamente pobres, aun cuando ostentan el mayor volumen de producción entre los termoplásticos. Los principales rasgos de las poliolefinas de batalla, por ejemplo del polietileno (de alta, media y baja densidad) y del polipropileno son: una fácil procesabilidad, inercia química, resistencia al agua y buenas propiedades eléctricas, todo ello combinado con un bajo peso específico. Puede notarse que el polietileno de baja densidad carece de importancia comercial como polímero base para productos reforzados, pues sus propiedades de ingeniería son demasiado pobres y no se logra mejorarlas lo suficiente mediante la incorporación de refuerzos.
Por el contrario, la rigidez, la resistencia y la temperatura de deformación del polietileno de alta densidad (AD), y del polipropileno se ven notablemente mejoradas con la incorporación de un refuerzo, especialmente de fibras de vidrio, y alcanzan valores comparables a aquellos de los mejores plásticos de ingeniería (sin reforzar), como el nylon o el poliéster. La deformación bajo carga del polipropileno con el 30% de fibra de vidrio es realmente muy pequeña.
Los dos miembros restantes de este grupo pueden considerarse casos aparte. Así, el poli-4-metilpenteno-1, cuyas propiedades más sobresalientes

son una alta temperatura de ablandamiento y la claridad, es un material especial. Mientras que el agregado de un refuerzo mejora sus propiedades mecánicas, obviamente arruina la transparencia del polímero. Hay disponibles comercialmente grados reforzados de este material, pero no son muy usados. Originalmente su único proveedor, bajo la marca TPX, era la ICI. En 1973 le fue transferida la operación completa, incluyendo la tecnología, a Mitsui en Japón.
Al igual que el poli-4-metilpenteno-1, hay disponibles grados reforzados de polibuteno para su venta comercial, pero tampoco son muy usados, aun cuando el polímero base tiene mejores características de deformación bajo carga que las principales poliolefinas.
Cabe mencionar además a los llamados ionómeros, representados comercialmente por el Surlyn (DuPont). Son copolímeros de etileno con enlaces cónicos entre cadenas. Se fabrican planchas de Surlyn reforzado con fibra de vidrio, pero con una importancia comercial muy limitada.

Poliuretano termoplástico

Las propiedades sobresalientes de este material son su tenacidad (resistencia al impacto) y su resistencia a la abrasión. En la forma reforzada, estas propiedades alcanzan en el compuesto niveles mayores que en cualquier otro termoplástico. No deberían usarse estos materiales donde se requiere buena rigidez y alta resistencia.

Otros materiales

Un polímero termoplástico, propiedad de la Uniroyal, el Arylon descrito como un poliarilato, ha sido producido en su versión reforzada con vidrio. Se cree que este material es una mezcla de polisulfona y ABS. Las ventajas que se le atribuyen con respecto a la polisulfona son su mejor fluidez en el moldeo por inyección y una mejor resistencia al impacto. El volumen utilizado, así como las posibilidades de aplicación de Arylon, son demasiado exiguos.

Las poliamidas inyectables se han fabricado también en versión reforzada con vidrio, pero en vista de sus bajos volúmenes de producción y de su alto costo, su importancia comercial resulta ínfima.

Cargas de refuerzo

Por definición, la función principal de una carga de refuerzo es la de mejorar las propiedades mecánicas del polímero base. De ellas, la rigidez y la resistencia son, en ese orden, las más importantes entre las de «corto plazo» para aplicaciones de ingeniería. Las principales propiedades a largo plazo son la resistencia a la deformación bajo carga y la resistencia a fallas por fatiga. El efecto del calor sobre ambos grupos de propiedades, como se refleja en la temperatura de deflexión bajo carga y en la temperatura máxima de servicio continuo, es también de suma importancia, así como la estabilidad dimensional. Todas ellas pueden ser mejoradas con la adición de cargas de refuerzo.
En muchas aplicaciones, el balance adecuado del conjunto de las propiedades es de tanta importancia como las mejoras en los valores de cada una. Por su parte, las propiedades no mecánicas del polímero base, por ejemplo las eléctricas, la resistencia a la abrasión, la inflamabilidad, pueden verse sumamente modificadas por la presencia de cargas de refuerzo.
Para un nivel razonable del contenido de carga y dado un buen contacto de interfase y una suficiente adhesión entre carga y matriz, las mejoras en la rigidez y en la resistencia serán función de las propiedades de la carga. Además, con cargas fibrosas, las mejoras pueden resultar incremen-

Tabla 2. RELLENOS Y REFUERZOS: CONTRIBUCIONES EN TERMOPLÁSTICOS COMPUESTOS

Relleno o refuerzo / *Propiedades mejoradas*	Aislamiento eléctrico	Conductividad eléctrica	Conductividad térmica	Dureza	Estabilidad dimensional	Lubricidad	Procesabilidad	Resistencia a la tracción	Resistencia a la humedad	Resistencia al calor	Resistencia al impacto	Resistencia química	Rigidez
Alúmina tabular					●					●		●	
Asbesto	●			●	●					●	●	●	●
Bisulfuro de molibdeno				●		●	●		●				●
Caolín				●	●	●	●		●	●		●	●
Caolín (calcinado)	●			●	●		●		●	●		●	●
Carbonato de calcio				●	●		●			●			●
Celulosa				●	●			●			●		●
Fibras de sisal (pita)				●	●			●			●	●	●
Grafito		●	●	●	●	●		●				●	●
Mica	●			●	●	●			●	●		●	●
Negro de humo		●	●		●					●			●
Nylon (fibras cortadas y maceradas)	●			●	●	●	●	●		●	●	●	●
Orión	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sílice, amorfa	●						●		●				
Talco	●			●	●	●	●		●	●		●	●
TFE - fluorocarbono				●	●	●							●
Trihidrato de alúmina, en partícula fina	●						●		●				●
Vidrio fibroso (en fibra)	●			●	●			●	●	●	●	●	●

tadas por la influencia de la relación longitud / diámetro de la fibra y por el efecto anisotrópico de la orientación de la misma.
Por eso las cargas de refuerzo más efectivas son las fibras de alto módulo y de alta resistencia. Las de vidrio, que son no-cristalinas, o de amianto (fibra cristalina) constituyen el refuerzo de elección para la mayoría de los termoplásticos comerciales reforzados. Las de carbono y los whiskers (monocristales) son las otras fibras cristalinas usadas como refuerzo. En igualdad de factores, la rigidez de la fibra tiende a aumentar con la cristalinidad. De las últimas mencionadas, las fibras de vidrio tienen el módulo más bajo, así como el módulo específico más bajo.
En general, la resistencia de un material se determina por su estructura química y por su morfología (estructura fina) que incluye el orden molecular (siendo lo último la cristalinidad perfecta) y la orientación (de las moléculas individuales o de cristales). Partiendo de datos estructurales básicos, se puede determinar la máxima resistencia y rigidez teórica del material, con la ayuda de conceptos tales como la densidad de energía cohesiva. La resistencia y el módulo real de la mayoría de los materiales son normalmente más bajos (por lo general en varios órdenes de magnitud) que los valores máximos calculados teóricamente. Esto se debe a dos clases de factores: irregularidad de la estructura interna e imperfecciones de superficie. En los materiales no-cristalinos, la disposición de las moléculas es más o menos irregular y puede haber vacíos estructurales, o formarse éstos bajo tensión. En los materiales policristalinos, las fronteras intercristales pueden constituir líneas o planos de debilidad, mientras la no uniformidad en la orientación de los cristales individuales tiende a reducir la resistencia y la rigidez. Finalmente, los defectos y la dislocación dentro de los cristales individuales también afectan adversamente a las propiedades. Tales imperfecciones intracristalinas representan, pues, la principal razón por la cual la resistencia y el módulo de las estructuras de cristal único (whiskers) no alcanzan los valores teóricos. A su vez, las imperfecciones de superficie y las microfallas son los principales factores estructurales externos responsables de la disminución de la resistencia y del módulo, tanto de los materiales cristalinos como de los no-cristalinos.
Los materiales de alta resistencia y de gran rigidez potencial generalmente se acercan con más precisión a los valores máximos de esas propiedades, cuando están en forma fibrosa. Ello se debe a que en las fibras el orden molecular es normalmente mejor, la estructura fina más uniforme y las imperfecciones de superficie suelen ser menores que en el material en masa.
El mayor ejemplo está dado por un whisker (fibra monocristal) perfecto, sin daños en la superficie; tales cristales fibrosos pueden aproximarse bastante a la máxima resistencia y rigidez teórica. Las fibras pueden ser también tratadas (aprestadas) para reducir la formación de defectos que aparecen a medida que su superficie envejece y/o sufre deterioros durante el manipuleo. Estos efectos reducen seriamente la máxima resistencia de la fibra.
La amplia superficie específica (superficie por unidad de volumen) de las fibras delgadas y por consiguiente la mayor área de contacto entre el refuerzo y el polímero matriz, contribuye a su vez al aumento de la resistencia del compuesto, si la adhesión interfase es buena.
Algunos desarrollos recientes indican que se pueden incorporar cargas lubricantes en partículas (PTFE, MoS_2) junto con la carga de refuerzo, para reducir la fricción superficial del compuesto.

Cuadro 7. PROCESOS DE CONFORMADO DE LOS MATERIALES TERMOPLÁSTICOS COMPUESTOS		
CALANDRADO		
COMPRESIÓN		
ESPUMADO	Alta Presión	USM
	Baja Presión	Expansión de Gas Incorporado
		Método de Colada Reducida
	Otros Procesos	Allied de Termoplástico Espumado
		ICI Twin - Injection
EXTRUSIÓN		
INYECCIÓN		
ROTOMOLDEO		
SOPLADO		
TERMOCONFORMADO		

Procesos de conformado de los materiales termoplásticos compuestos

Los detalles completos de los procesos utilizados en la fabricación comercial de termoplásticos reforzados no son revelados por los productores de los mismos, pero los principios en que se basan tales técnicas son bien conocidos. Ya por el año 1946 la industria plástica trató de aplicar los métodos de incorporación de aditivos y cargas a los polímeros (basados principalmente en la incorporación por fusión) al refuerzo de poliamidas con fibras de vidrio (Patente Británica 618.094). Sin embargo, por un largo período posterior a este hecho, no se consideró a dichas técnicas como un medio práctico y útil para producir materiales de moldeo reforzados. El método Fiberfil-Bradt de extrusión coaxial quedó inicialmente limitado a los U.S.A., y dado que estaba protegido por la patente americana 2.877.501, los otros fabricantes no entraron en ese campo. Los comienzos de la década del 60 fueron testigos del resurgimiento y la expansión de los procedimientos de incorporación de refuerzos por fusión, aplicados particularmente por LNP en los Estados Unidos, ICI en Gran Bretaña y Bayer en Alemania.

Los dos principios generales (extrusión coaxial e incorporación por fusión) están aún ahora presentes en casi todos los procesos de fabricación comercial. En los títulos siguientes se delinean sus respectivas características, incluyendo el ya mencionado método Fiberfil-Bradt (única aplicación comercial de importancia de la extrusión coaxial), y las principales variantes del método de incorporación por fusión, o sea de extrusión de la masa fundida y de mezclado interno; esto tiene particular importancia para la incorporación de fibras de amianto a termoplásticos. Se describen además algunos métodos basados en otros principios de menor interés comercial.

Calandrado

El calandrado es esencialmente una operación de laminado en la que una masa de tipo plastilina

de un material termoplástico se pasa a través de rodillos calientes, que conforman una lámina de un espesor uniforme. El proceso también se utiliza para aplicar recubrimientos plásticos a otros materiales.

Compresión

En el moldeo por compresión se coloca un polvo o gránulos preparados (pellets) en la cavidad de un troquel, que se cierra y se calienta hasta que el plástico termoestable se ablande para tomar la forma de la cavidad, y luego se fragua o se cura. La pieza se retira mientras aún está caliente. Este método se utiliza muy esporádicamente para las resinas TP porque en este caso se debe enfriar el molde para que la pieza se pueda retirar.

Espumado

A mediados de los años 70 todavía existían ciertas diferencias entre Estados Unidos y Europa en la técnica y práctica de los expandidos estructurales en general, incluyendo las variedades reforzadas. Estas diferencias han dejado de existir con el desarrollo del sector automotriz y la tercerización de auto partes.
Puesto que virtualmente toda la producción del expandido estructural reforzado está dirigida a artículos moldeados por inyección, se restringirá aquí el tratamiento del tema a los métodos de esta clase de moldeo.
En los Estados Unidos la evolución de las técnicas de fabricación ha estado largamente asociada con procesos exclusivos y basada en ellos. En particular, el proceso de la Unión Carbide, que aplica la inyección directa de nitrógeno en el polímero en fusión, conformó la base de buena parte de la fabricación actual. Este método utiliza un equipo de inyección altamente modificado.
El desarrollo europeo, en cambio, se fundaba mayormente en el uso de máquinas de moldeo por inyección convencionales, comparativamente con pocas modificaciones: En la práctica europea, el expandido se logra por medios «químicos» mediante la descomposición de agentes generadores de gas incorporados al compuesto. Los métodos de moldeo de espumados pueden ser divididos, en general, en dos clases: de «baja presión» y de «alta presión», en relación con la presión en el molde del material inyectado.

Espumado de alta presión

USM

Proceso desarrollado en Estados Unidos por la compañía United Shoe Machinery. Utiliza la convencional incorporación de un agente «químico» en el fundido, por ejemplo, la descomposición dentro del polímero fundido de un aditivo capaz de liberar un gran volumen de gas, comúnmente nitrógeno. Es ampliamente aceptado que con este sistema el gas se encuentra en dispersión fina, posiblemente en solución, en el polímero fundido, hasta que la reducida presión en el molde permite al gas separarse y expandirse para formar la estructura celular requerida.
El método difiere radicalmente del de la Union Carbide. En efecto, en el anterior, el polímero fundido se expande dentro del molde, mientras que en el USM permanece inicialmente en él a alta presión, requiriéndose para ello gran fuerza de cierre en la primera etapa de la inyección.
El equipo básico usado en el proceso USM consiste en un inyector convencional con cierres para alta presión (capaces de soportar de 700 a 1400 kg/cm^2), pero se necesitan moldes especiales con una cavidad expandible (por ejemplo, un plato de base movible). Bajo una presión adecuada (alta) se

introduce una colada completa en el molde; luego la cavidad empieza a ampararse de manera que la carga, expandiéndose, a su vez llena ese nuevo espacio. Estos moldes especiales de expansión son costosos y sujetos a limitaciones de forma y tamaño.

Espumado de baja presión

Expansión de Gas Incorporado (Proceso Union Carbide, Estados Unidos)

Se basa en la introducción de nitrógeno bajo presión en el polímero en fusión y la inyección del fundido presurizado conteniendo el gas, en un molde mantenido a una presión significativa-mente menor, en cantidad suficiente como para llenarlo luego de la normal expansión de material que tendrá lugar por la diferencia de presión. El equipo consiste en una máquina inyectora con una unidad de extrusión continua alimentando un acumulador. El nitrógeno bajo presión es inyectado por una abertura en la masa de polímero fundida que, con el gas en dispersión fina o en solución, pasa en seguida al acumulador, donde se le eleva la presión a 350 kg/cm^2. Esta carga es inyectada luego por medio de un émbolo en el molde que se encuentra a baja presión (alrededor de 21 kg/cm^2) en el cual finalmente se expande hasta llenarlo. El volumen de la colada debe adecuarse en relación con la densidad requerida por el producto terminado.

El enfriamiento y el desmolde se hacen por procedimientos convencionales. La mayor ventaja de este proceso es claramente la de que posibilita el empleo de polímeros sin modificar, o sea que no es necesario añadirles agentes químicos para generar gas; esto mejora substancialmente el costo del material.

Sin embargo, tiene la desventaja de requerir una mayor inversión en el equipo en comparación con el sistema convencional de inyección. Más aún, puesto que se trata de un método exclusivo patentado, debe pagarse una licencia para su uso.

Método de colada reducida

En este método el gas es generado químicamente por la descomposición de un agente contenido en el polímero fundido. Se inyecta una «colada corta» (menor cantidad de compuesto que el requerido para llenar el molde), iniciando así la expansión bajo presión reducida en un molde estable que puede ser mantenido frío para promover la formación de una piel.

Esto hace posible usar equipos convencionales de inyección y moldeo con ligeras modificaciones, que incluyen, esencialmente, la provisión de una boquilla de escasa longitud para el cilindro, equipada con una válvula de cierre operada mecánica, neumática o hidráulicamente. Esta última es probablemente la modificación más importante. La pequeña válvula corta el material en la boquilla, limita su tiempo de permanencia allí, y al cerrarse previene el escape del fundido presurizado por la descomposición del gas en el cilindro. El tornillo puede también ser modificado y el gradiente calórico ajustado para asegurar un correcto control sobre la plastificación y gasificación del material. Como la velocidad de inyección debe ser muy alta, es recomendable la adopción de las siguientes técnicas para aumentarla:

1. El uso de un circuito «booster» (elevador) o de aceite derivado del sistema de cierre.
2. El empleo de bombas inyectoras de sobre tamaño para la máquina de que se trate.
3. El agregado de un conmutador de presión para postergar el movimiento hacia delante del pistón y producir un llenado violento y abrupto del molde.

En Europa, más del 90% de los moldeadores de espumado usan la técnica de colada reducida que ofrece la ventaja adicional de no tener restricciones de patente.

Otros métodos

Siempre se anuncian otros métodos sin que tengan un inmediato impacto práctico comercial. La mayoría son variantes de los descriptos precedentemente. Pueden mencionarse dos a manera de ejemplo:

ICI Twin-Injection (de doble inyección), este proceso para el moldeo por inyección de expandidos estructurales patentado por ICI, incluye la inyección separada y sincronizada del compuesto normal para formal la piel, y del polímero expandible para formar el corazón de la pieza.

Allied de Termoplástico Espumado, en este método se emplea un múltiple especial integrado al molde. Inicialmente, el múltiple es presurizado con un gas inerte y abierto luego una vez que el polímero fundido conteniendo el agente expansivo ha sido inyectado, para permitir su expansión.

Extrusión

La extrusión en los materiales termoplásticos compuestos es similar a la extrusión en los metales excepto que el plástico TS o TP se empuja por una boquilla que tiene la configuración de la sección transversal deseada. El método también se puede utilizar para aplicar recubrimientos a los alambres o para producir perfiles complejos en una dirección transversal.

En la extrusión coaxial, las hebras continuas de vidrio, comúnmente en número de 6 a 8, pasan a través de la boquilla transversal de un extrusor, donde el polímero destinado a ser reforzado viene extrudado alrededor de las mismas: las hebras así recubiertas emergen de la boquilla del extrusor, consolidadas en un único hilo o cordel de polímero / vidrio. Este hilo es enfriado y cortado para formar los gránulos.

El diseño del extrusor es de importancia secundaria para esta técnica, dado que no se requiere procesar una mezcla de polímero y fibra de vidrio, sino que se extrude sólo el polímero. La geometría del tornillo puede ser tal que se adapte a una amplia gama de polímeros o puede optimizarse para un grupo específico de ellos o aun para un solo polímero.

Inyección

Para moldear termoplásticos reforzados se utilizan esencialmente los mismos equipos y métodos estándares, con algunas modificaciones necesarias debido a la mayor viscosidad y al más rápido enfriamiento del polímero reforzado fundido.

Aunque muchos termoplásticos reforzados pueden moldearse en máquinas de inyección a pistón, son más adecuadas y generalmente preferidas las de tornillo directo. Ello se debe a que estas modernas máquinas ofrecen en el procesado ventajas deseables e importantes para el moldeo de termoplásticos reforzados, pudiéndose mencionar entre las principales la mejor y más rápida homogeneización de la masa fundida (incluyendo la dispersión del refuerzo en el polímero cuando no se usa para la alimentación el compuesto preformado), mejor control de la temperatura, medición automática de la cantidad o porción de masa fundida inyectada (la «tanta») y piezas más uniformes.

Los elementos del proceso de moldeo por inyección se pueden resumir de la siguiente manera: el material de moldeo (gránulos de compuesto ya formado o una mezcla de polímero y refuerzo) alimenta, a través de la tolva de carga, el cilindro calefaccionado de la máquina, donde el polímero es fundido (plastificado) y la masa fluida llevada a la temperatura deseada por la acción combinada del calentamiento externo y del calor generado por la acción del tornillo. La carga de refuerzo forma como una suspensión en la masa fundida, en la

cual debería hallarse uniformemente dispersa. En algunas máquinas se utilizan dos tornillos o husillos paralelos. La rotación del tornillo lleva el material en fusión (y finalmente fundido) hacia adelante, hasta lograr, una «tanta» o carga de un volumen predeterminado en la parte frontal del cilindro.

Esta carga es luego inyectada con un movimiento axial del tornillo hacia adelante, controlado por presión hidráulica, dentro de las cavidades del molde, a través de la boquilla del cilindro y de los canales de conducción a los orificios de entrada. El molde («utensilio») se halla a una temperatura inferior a la de fusión del polímero, de modo que la masa fundida se solidifica y el objeto moldeado resultante («pieza») retiene permanentemente la forma de la cavidad en que ha sido formado. Los moldes diseñados para abrirse a lo largo de un plano conveniente («línea de separación») permiten que las piezas así moldeadas se pueden separar mediante expulsores.

El proceso de moldeo por inyección ofrece alta velocidad de producción a un costo relativamente bajo. Pueden producirse centenares de miles de piezas a partir de un molde de inyección y operarse en forma automática o semiautomática. Las piezas factibles de producirse pueden variar en tamaño y peso, desde objetos pequeños de pocos gramos, a estructuras de muchos kilogramos.

Tradicionalmente se ha clasificado a estas máquinas de acuerdo con su capacidad de inyección o sea en relación al peso de material plástico que puede ser inyectado en un golpe. En esta última década se ha empezado a clasificarlas por su fuerza de cierre: la fuerza, expresada generalmente en toneladas, que puede ser aplicada para mantener cerradas ambas mitades del molde contra la presión del material que se inyecta. Así, una máquina pequeña puede tener una capacidad de inyección de 60 gr con una fuerza de cierre de 45 tn, y una grande con capacidad de inyección de 23 kg y una fuerza de cierre de 2.000 tn.

Reprocesado (utilización de molienda): como en el caso de los termoplásticos sin reforzar, los canales y piezas de rechazo de material reforzado se muelen normalmente y se vuelven a usar mezclándolos con el material virgen.

El reprocesado de un termoplástico reforzado podría influir negativamente sobre las propiedades (especialmente las mecánicas), ya sea por medio de una reducción en la longitud de las fibras (que constituyen el refuerzo en la mayoría de los casos), o bien de una cierta degradación térmica del polímero base, o por ambas circunstancias a la vez. En la práctica los efectos varían con el material y con las condiciones de procesado. Si estas últimas son debidamente controladas, la degradación del polímero base no llega a constituir un problema. Por ejemplo, el copolímero de ETFE (Tefzel) puede ser reciclado varias veces sin una excesiva caída de sus propiedades, aunque el color pueda alterarse en forma considerable.

Las precauciones a tomar con este material incluyen la prevención de la contaminación (que puede promover la descomposición) y el uso de maquinaria limpia y resistente a la corrosión.

Pero sin lugar a dudas, la reducción en la longitud de las fibras de refuerzo es la causa más importante de los cambios en las propiedades del material reciclado y, en consecuencia, de las piezas moldeadas con proporciones significativas del mismo. Sin embargo, mucho depende del compuesto y de las condiciones del proceso: en algunos termoplásticos reforzados los efectos del reciclado pueden ser despreciables. Por ejemplo, se ha molido y reprocesado varias veces PPO modificado y reforzado con fibra de vidrio (Noryl), sin que hubiera un cambio substancial en las propiedades mecánicas.

Para Nylon 6.6 reforzado con fibra de vidrio,

Filbert encontró que la longitud de las hebras y la distribución de las longitudes (y por lo tanto las propiedades mecánicas) se veían reducidas a causa del reprocesado, la velocidad del tornillo y la temperatura de la zona trasera del cilindro de la máquina de inyección.

Rotomoldeo

En el moldeo rotacional se vierte dentro de un molde una cantidad medida de material TS o TP. Se cierra el molde, se calienta y se gira sobre dos ejes hasta que el material se endurezca sobre las paredes del molde, dejando una cavidad interior del tamaño deseado. Por este método se pueden producir piezas grandes y huecas, pero la producción es lenta.

Soplado

El moldeo por soplado de los polímeros es similar al moldeo por soplado del vidrio. Se coloca un tubo extrudado (parison) del termoplástico caliente, entre las dos mitades de un molde, se cierra el molde y el parison se sopla contra las paredes del molde. Luego se retira la pieza en forma de botella.

Termoconformado (Vacum)

También llamado termoformado, este proceso involucra el uso de vacío, presión de aire o energía mecánica para forzar la lámina termoplástica caliente dentro de un molde que le da forma deseada. Después de enfriar, la pieza de plástico se retira del molde, se corta y se pule. Las aplicaciones van desde empaques en forma de burbujas o de ampollas para alimentos o artículos domésticos hasta planchas para forrar guardabarros de automóvil.

Maderas y derivados

Se sabe que la madera es el producto que se obtiene de los troncos y ramas gruesas de los árboles. Su variedad es grande tanto por su aspecto y vistosidad como por sus propiedades.
La madera, junto con la piedra, es el material más natural y de uso más antiguo.
Las maderas se clasifican en duras y blandas según el árbol del que se obtienen. La madera de los árboles de hoja caduca se llama madera dura, y la madera de las coníferas se llama blanda, con independencia de su dureza. Así, muchas maderas blandas son más duras que las llamadas maderas duras. Las maderas blandas suelen ser resinosas; muy pocas maderas duras lo son. Las maderas duras suelen emplearse en ebanistería para hacer mobiliario y parqués de calidad.
El aspecto de la madera es una de las propiedades más importantes cuando se utiliza para decoración, revestimiento o fabricación de muebles. Algunas maderas, como la de nogal, presentan vetas rectas y paralelas de color oscuro que le dan una apariencia muy atractiva, lo que unido a su dureza la sitúan entre las más adecuadas para hacer enchapados. Las irregularidades de las vetas pueden crear atractivos dibujos, por lo que a veces la madera se corta a propósito en planos oblicuos para producir dibujos ondulados y entrelazados. Muchas chapas se obtienen cortando una fina capa de madera alrededor del tronco, haciendo un rollo. De esta manera, los cortes con los anillos se producen cada cierta distancia y el dibujo resultante tiene vetas grandes y espaciadas.
Las propiedades principales de la madera son resistencia, dureza, rigidez y densidad. Ésta última suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, es más fuerte y dura. La resistencia engloba varias propiedades diferentes; una madera muy resistente en un aspecto no tiene por qué serlo en otros. Además, la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros cortes como postes y mangos se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura. La alta resistencia a la compresión es necesaria para cimientos y soportes en construcción. La resistencia a la flexión es fundamental en la utilización de madera en estructuras, como viguetas, travesaños y vigas de todo tipo. Muchos tipos de madera que se emplean por su alta resistencia a la flexión presentan alta resistencia a la compresión y viceversa; pero la madera de roble, por ejemplo, es muy resistente a la flexión pero más bien débil a la compresión, mientras que la secuoya es resistente a la compresión y débil a la flexión.
Otra propiedad es la resistencia a impactos y a tensiones repetidas. El nogal americano es más rígido que el fresno, se suele utilizar para mangos finos, como los de palos de golf.
Otras propiedades mecánicas menos importantes pueden resultar críticas en casos particulares; por ejemplo, la elasticidad y la resonancia de la picea la convierten en el material más apropiado para construir pianos de calidad.
Hay algunas maderas que, por su constitución, refuerzan y transmiten los sonidos, y se emplean en la fabricación de cajas de resonancia de los instrumentos musicales. Las maderas más sonoras empleadas en dichos instrumentos, son: fresno, arce, cedro, picea, ébano, abeto, boj, etc. También se emplea la madera para el aislamiento acústico, es decir, para impedir o dificultar el paso del ruido o sonido. La madera que más se emplea en estos casos es la de pino.
La madera es un buen aislante térmico, gracias a

la propiedad y discontinuidad de su materia. Por eso el corcho es un gran aislante. Las maderas ligeras y blandas y con mucha porosidad, son las más aislantes del calor; y las duras, densas, y compactas, las menos aislantes.
Las maderas arden, consideradas como combustibles, lo cual constituye una cualidad; pero es un defecto para las maderas empleadas en la construcción y en la decoración. Las maderas más inflamables y combustibles son: pino, abeto, sauce, chopo, aliso, etc.; las medianamente combustibles son: haya, caoba, castaño, y tuya; y las menos inflamables son: encina, ébano, boj y alerce.
Esta propiedad las hace aptas para el pirograbado, que es el grabado al fuego, y se hace en las maderas combustibles, duras, de color claro y uniforme, y desprovistas de nudos.

Duración de la madera

La madera es, por naturaleza, una sustancia muy duradera. Si no la atacan organismos vivos puede conservarse cientos e incluso miles de años. Se han encontrado restos de maderas utilizadas por los romanos casi intactas gracias a una combinación de circunstancias que las han protegido de ataques externos.
La duración de la madera varía mucho, no solo según la especie, la forma de apeo, de secado, etc., sino principalmente según el medioambiente y condiciones de la ubicación.
La intemperie, con las alternativas de sequedad y humedad, es la causa principal de la destrucción. La duración de madera, empotrada o enterrada en el suelo, depende de la naturaleza del terreno: en la arcilla y en la arena húmeda es donde más dura; menos, en la arena seca, y muy poco, en la caliza. Sumergidas continuamente en agua caliente, las maderas de encina, roble, caoba y haya, llegan incluso a durar cientos de años.
De los organismos que atacan a la madera, el más importante es un hongo que causa el llamado desecamiento de la raíz, que ocurre sólo cuando la madera está húmeda. La albura de todos los árboles es sensible a su ataque; sólo el duramen de algunas especies resiste a este hongo. El nogal, la secuoya, el cedro, la caoba y la teca son algunas de las maderas duraderas más conocidas. Otras variedades son resistentes al ataque de otros organismos. Algunas maderas, como la teca, son resistentes a los organismos perforadores marinos, por eso se utilizan para construir embarcaderos. Muchas maderas resisten el ataque de la terme, como la secuoya, el nogal negro, la caoba y muchas variedades de cedro. En la mayoría de estos casos las maderas son aromáticas, por lo que es probable que su resistencia se deba a las resinas y a los elementos químicos que contienen.
Para conservar la madera hay que protegerla químicamente. El método más importante es impregnarla con creosota o cloruro de cinc. Este tratamiento sigue siendo uno de los mejores, a pesar del desarrollo de nuevos compuestos químicos, sobre todo de compuestos de cobre.
También se puede proteger la madera de la intemperie recubriendo su superficie con barnices y otras sustancias que se aplican con brocha, pistola o baño. Pero estas sustancias no penetran en la madera, por lo que no previenen el deterioro que producen hongos, insectos y otros organismos.

Secado

La madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, de un tercio a la mitad de su peso total. El proceso para eliminar esta agua antes de procesar la madera se llama secado, y se realiza por muchos motivos. La madera seca es mucho más duradera que la madera fresca; es mucho más liviana y por lo tanto más fácil de transportar; tiene mayor poder calorífico, lo que es importante si va a emplearse

como combustible, además, la madera cambia de forma durante el secado y este cambio tiene que haberse realizado antes de aserrarla.
La madera puede secarse con aire o en hornos; con aire tarda varios meses; con hornos unos pocos días. En ambos casos, la madera ha de estar apilada para evitar que se deforme y el ritmo de secado debe controlarse cuidadosamente.

Nuevas aplicaciones

Nuevos productos se obtienen mezclando la madera con ciertos compuestos químicos; la mezcla resultante tiene propiedades mecánicas similares a las de la madera, pero es más fuerte y resistente desde el punto de vista químico. Los métodos más importantes para realizar estas mezclas consisten en impregnar la madera de ciertos compuestos, como fenol y formaldehído; después se calienta la madera impregnada y los productos químicos reaccionan con las células de la madera formando una capa plástica. La madera tratada de esta forma se llama impreg; es muy duradera y resiste el ataque de los insectos perforadores; su densidad relativa es mayor, aunque su dureza es casi la misma. Otro producto, llamado compreg, se obtiene comprimiendo la madera impregnada en una prensa hidráulica. Se la somete a una determinada presión mientras se produce la reacción química exterior. Esta madera tiene una densidad relativa de 1,35, su dureza es muy superior a la de la madera sin tratar y su resistencia un poco mayor, aunque su rigidez puede ser un poco inferior.

Clases de madera

Existen innumerables clases de árboles maderables y forestales. Se cuentan por millares las variedades que hay en la Tierra.
Aquí solo se tratarán aquellos que se aplican en la producción de bienes durables, los cuales son de importancia para el Diseñador Industrial. Seguidamente aparecen las clases de maderas divididas en tres grupos: duras, blandas y resinosas.

Maderas duras

En general proceden de árboles de lento crecimiento y larga vida, que alcanzan grandes dimensiones; son las de mayor dureza, resistencia y duración. Están fuertemente coloreadas y son las más numerosas.

Abebay, madera semidensa, de tipo caoba, de color rojizo oscuro; fina de poro, con irisaciones, cambiantes de color y de brillo en la zona del corazón, semejantes al Sapelly; fácil de aserrar y barnizar.

Acacia, de color blanco amarillo o amarillo verdoso. Su estructura es fina, dura, flexible y de fibras gruesas. Resiste a la carcoma y se endurece en el agua. Crece rápidamente.

Acana, madera uniforme de crecimiento lento, de color blanco amarfilado o ligeramente pardo, con finísimas lentejuelas. Retiene intensamente el agua absorbida.

Afo, madera de textura suave, fácil de aserrar y barnizar. De color rosado; de poros muy visibles y marcados.
Aloma, madera semidura, de color amarillo dorado y de fibras jaspeadas; fácil de aserrar y muy útil para la decoración.

Amaranto, llamada también palo-violeta; es de gran desarrollo. Madera compacta, con vasos muy visibles. La madera recién cortada es de un color gris oscuro, pero, en contacto con el aire se oxida y da un hermoso color violáceo.

Cuadro 8. CLASES DE MADERAS (a-m)			
Abebay	Aromo Negro	Chopo Negrito	Guayaco o Palo Santo
Abedul Americano	Ayap	Chopo Negro	Gurica o Gudica
Abet	Ayous	Chopo Temblón	Hay
Abete	Balsa	Ciprés Arizónica	Haya
Abeto Común o Blanco	Bet	Ciprés Calvo	Incienso
Abeto Rojo	Boj	Ciprés Italiano	Inga
Abura	Bubinga	Ciprés Lambertiana	Iroko
Acacia Amarilla	Calabo	Ciprés Lusitánica	Jatoba
Acacia Amarillo-verdosa	Caldén	Cohiue	Jicaranda
Acacia Blanca	Caoba	Coral	Kevazingo
Acacia Negra	Caoba Colonial	Curupay	Kossipo
Acana	Carballo	Doussie	Kotibe
Acebo	Carballo Blanco	Dussie	Lapacho Amarillo
Afo	Carbayo	Ébano	Lapacho Negro
Álamo Blanco	Cardón	Embero	Lapacho Rosado
Álamo Carolino	Caroba	Encina	Laurel
Álamo Carolino Híbrido	Carupay	Enebro	Laurel Amarillo
Álamo Criollo	Casse	Erable	Lauro
Álamo Mussolini	Castaño	Eucalipto Blanco	Lawan
Alerce	Casuarina	Eucalipto Citriedora	Lenga
Algarrobo Blanco	Cauropixa	Eucalipto Colorado	Ligustro
Algarrobo Chileno	Cedro	Eucalipto Rosado	Limba
Algarrobo Europeo	Cedro Duro	Eucalipto Saligna	Limoncillo
Algarrobo Negro	Cedro Goya	Eucalipto Sideroxslón	Lingue
Aliso	Cedro Misionero	Eucalipto Tereticornis	Loro Blanco
Aliso Europeo	Cedro Salteño	Fago	Mañio
Alo del Cerro	Ceibo	Faig	Mansonia
Aloma	Cerejeira	Faix	Melis o Pino Tea
Amaranto	Cerezo	Faya	Meranti
Amboina	Chicaranda	Frake	Merban
Andiroba	Chopo	Framire	Mimbre
Angelim	Chopo Blanco	Fresno	Mokaly
Arce	Chopo Bordils	Fresno Americano	Mongoy
Arce Duro	Chopo Canadiense	Fresno Blanco	
Aromo	Chopo de Pinseque	Fresno Europeo	
Aromo Centenario	Chopo Lombardo	Guatambú Blanco	

Cuadro 9. CLASES DE MADERAS (n-y)			
Niagon	Pino de la Tierra	Pino Salgareño	Satén
Nogal	Pino de Landas	Pino Serrano	Satén Colonial
Nogal Colonial	Pino de las Canarias	Pino Silvestre	Sauce Álamo
Nogal Negro	Pino de Misiones	Pino Taeda	Sauce Americano
Oburo	Pino de Monterrey	Pino Tea Derribo	Sauce Colorado
Okumé	Pino de Neuquén	Pino Valsaín	Sauce Híbrido
Olivo	Pino del Cerro	Pino Vero	Sauce Llorón
Olmo Europeo	Pino del Norte (Flandes)	Pinsapo	Sauce Llorón Híbrido
Olmo Siberiano	Pino Doncel	Pisarrut	Sauce Mestizo
Ouengkol	Pino Eliottis	Pi Ve	Secuoya
Palo Hierro	Pino Galicia	Pi Ver	Secuoya (Pino de California)
Palo Blanco	Pino Gargalla	Plátano	Seibo
Palo Rosa	Pino Insigne o Insignis	Poplar	Sero
Paraíso	Pino Laricio	Quebracho Blanco	Sicómoro
Peral	Pino Maderero	Quebracho Colorado Chaqueño	Sipo
Peteriby	Pino Manso	Quebracho Colorado Santiagueño	Tatajuba
Pi Blancal	Pino Marítimo	Ramin	Tauri
Pi Bord	Pino Murruyana	Raulí	Teca
Pi Negre	Pino Nasarro o Nazarrón	Roble	Tejo
Pi Abet	Pino Negral	Roble Albar	Teka Mimosácea
Pibet	Pino Negrillo	Roble Albero	Temblón
Picea	Pino Negro	Roble Blanco	Tepa
Pinabete	Pino Nubial	Roble Colonial	Tiama
Pino Albar	Pino Oregón	Roble Colorado	Tilo
Pino Amarillo	Pino Piñonero	Roble Común	Tipa Amarilla
Pino Ampudio	Pino Ponderosa	Roble del País	Tipa Blanca
Pino Barde	Pino Pudio	Roble Europeo	Tuya
Pino Blanco	Pino Radiata	Roble Palustre	Ucola
Pino Blanquillo	Pino Real	Roble Pellín	Ukola
Pino Brasil o Paraná	Pino Rebordenco o Borde	Roura	Utile
Pino Bravo	Pino Rodeno	Roura Pénul	Viraperé
Pino Bunya	Pino Rodezno	Roure	Viraró
Pino Carrasco	Pino Rojal	S.P.F.	Wenge
Pino Cascalvo	Pino Rojo	Samanguila	Yatanza
Pino de Aledo	Pino Royo	Samba	
Pino de Flandes	Nogal Americano	Sapelly	

Arce, de vistoso color blanco, estructura fina y compacta, poco resistente a la intemperie. Usada en la ebanistería. Sus raíces se emplean para enchapados. Es atacada por la carcoma.

Ayap, madera de las mismas características que la Ukola y de igual utilidad.

Boj, es de color amarillento muy vivo. Madera muy compacta, dura, pesada y con anillos apenas visibles. Se pule muy bien.

Bubinga, madera semipesada, de color rosado, con vetas de color más subido, que le dan un bello aspecto. Tiene una gran semejanza con el palo rosa.

Caoba, albura estrecha, rojo-blancuzca y duramen pardo-canela o pardo-rosado. Sus anillos de crecimiento son irregulares. Es poco atacable por los insectos; pero, si no se cuida, una vez apeada se le pudre el corazón.

Caoba Colonial, (nombre indígena Bokapy) madera de mayor densidad y más fina de poro que la caoba de Cuba; de buen aserrar, siempre que se efectúe con sierra de triángulo. En una muestra en pequeño se confunde con la mejor caoba americana.

Castaño, color ocre rojizo. Estructura y fibras gruesas. Madera fuerte y elástica. Pleno desarrollo a los 80 ó 100 años. Se conserva bien en el agua, pero se vuelve quebradiza al aire. Es atacada por la carcoma.

Cedro, albura abundante, algo más blancuzca que el duramen, que es de color canela rosado, aunque menos rojizo que la caoba. Los anillos de crecimiento son irregulares. Es homogénea y fácil de trabajar.
Cedro Duro, (nombre indígena Eyo) madera densa, de color rosado pálido a rosado subido; fácil de aserrar, trabajar y barnizar. Después de barnizada, tiene el mismo aspecto que la caoba americana. Es dócil a la gubia, empleándose en talla. Su olor es igual al del cedro americano, pero más atenuado.

Cerezo, madera de color castaño claro. Se deja pulir y admite bien los tintes. Se presenta con veteados rectos y se contrae con facilidad.

Coral, madera semidensa, de color coral, fácil de aserrar. Con la luz, y a medida que transcurre el tiempo, oscurece tanto que llega a tener un color más subido que el corinto. Por ser madera de buena calidad tiene múltiples aplicaciones, en especial para construcciones a la intemperie, porque es prácticamente imputrescible y poco sensible a las variaciones de la atmósfera.

Ébano, albura abundante y blancuzca pero no apreciada; duramen oscuro, durísimo y muy estimado. Vasos finos, casi inadvertidos en la testa, pero visibles en secciones longitudinales. El color y el veteado varían según las especies; generalmente es negro intenso. Su estima para muebles ha sido tan extraordinaria que ha dado el nombre al oficio que los construye.

Embero, madera semidensa, de color grisáceo, más claro en unos troncos que en otros. Cuando se seca se unifica bastante el color. Fácil de aserrar, requiriendo un cuidadoso labrado por las irisaciones que contienen las piezas más centrales del tronco. Resiste bien a los agentes de pudrición. Al emplearse esta madera, debe tenerse en cuenta que, al igual que alguna clase de chopo, contiene una especie de cuevas en las que anida un gusano, el cual muere al ser cortado el árbol. Hay troncos que tienen muchos gusanos y otros pocos, siendo muy raro el que no tenga ninguno.
Encina, de color amarillento oscuro, con fibra plateada muy vistosa. Dentro del agua se oscurece.

Es notable por su dureza y por resistir gran peso. Difícil de pulir. Resiste la intemperie.

Enebro, de color blanco cuando joven y rojizo oscuro al envejecer. Estructura apretada; muy tenaz. Resiste bien la putrefacción y la carcoma.

Erable, tiene las mismas cualidades y características que el arce.

Eucalipto, madera de color pardo rosado pálido y fibras entrecruzadas. Es madera pesada y fuerte.

Fresno, de color amarillento claro, vetas muy vistosas, denso, duro y tenaz. Es una de las maderas más flexibles. Sólo resiste ambientes secos. Difícil de trabajar. Admite mal los tintes.

Guayaco, llamado también «palo-santo», tiene la albura clara, superficie mate, que es lisa recién cortada, y como untuosa después. Es madera que resiste mucho la flexión. La clase africana es de inferior calidad que la americana.

Haya, crece recta. Estructura homogénea. Pocos nudos; muchas mallas medulares; pesada y elástica. De color amarillento blanquecino cuando joven y rojo claro después. Es atacada por la carcoma. Se conserva bien en el agua y resiste al aire en ambiente seco. Sirve para muebles curvados. Es una de las maderas de mayor consumo. De las maderas de árboles frondosos es la que experimenta mayor contracción.

Limoncillo, (diminutivo de limón) es madera de color muy claro; con tendencia al color del limón. De fácil elaboración; su empleo es siempre para interiores de muebles y decoración.
Nogal, es una de las maderas más nobles y apreciadas. Expuesta a intensa contracción. Duramen claro cuando joven y pardo oscuro al envejecer. Estructura compacta, densa y fina. Se trabaja y barniza bien. Tiene tendencia a apolillarse. Se utiliza para fabricar chapas, muebles, etcétera.

Nogal Colonial, (nombre indígena Mongoy) madera de gran parecido con el clásico nogal, por su color, sus vetas y sus fibras.

Olivo, madera amarillenta con veteados oscuros. Estructura dura y compacta. Se pule muy bien. Se usa para trabajos artísticos y objetos de lujo.

Olmo, color rojo oscuro. De fibra más bien gruesa, pero tenaz y entrelazada. Propenso al alabeo y a agrietarse. No le ataca la carcoma. De difícil pulimento.

Palo Hierro, (nombre indígena Akoga) madera dura, tal pomo lo indica su nombre; de color rojo oscuro. Se asierra bien con dientes de triángulo y se utiliza principalmente para piezas que han de estar constantemente bajo el agua o con mucha humedad. Ausente de dicho elemento, se agrieta por su extrema dureza.

Peral y manzano, especies semejantes, de color castaño rojizo. Estructura fina y densa. Anillos apenas visibles y uniformes, que se trabajan y se pulen bien.

Plátano, similar a la haya, aunque inferior y de color más oscuro. Su madera es dura y pesada, con irisaciones pronunciadas. Es fácil de tornear. Se utiliza para recubrimientos.

Roble, de crecimiento muy lento. Es notable por su dureza y por la resistencia que opone al agua, dentro de la cual se endurece. Se conocen principalmente dos clases: blanco y rojo. El blanco es el

más apreciado, por ser más fino y no tan poroso. Es muy vistoso por sus espejuelos. Fibra fina en los cortes radiales. Es una de las maderas europeas de mejor calidad.

Roble Colonial, (nombre indígena Andon) madera densa como el roble; de fibra, textura y color muy parecidos al roble blanco americano. De buen aserrar, a pesar de su dureza. Puede emplearse como roble en cualquier trabajo, siempre que no exceda del grueso de 5 cm, porque en gruesos mayores se agrieta en el proceso de secado.

Satén, albura clara grisáceo-amarillenta. Duramen pardo claro, con veteados más oscuros. Huele a aceite de coco.

Satén Colonial, (nombre indígena Oburo) madera semidensa, de poros cerrados y finos. Color siempre uniforme, que va del rosado pálido al rosado amarillo. Útil para molduras, decoración y muebles en general.

Sicómoro, árbol procedente de Asia, aunque se da también en Europa; tiene una madera muy semejante al fresno liso, pero de color más claro, y de fibra muy suave, apenas perceptible; fácil de trabajar y muy empleada para muebles.

Tejo, albura estrecha, blanco-amarillenta, y de duramen marrón. Se considera imputrescible por su larga duración. Si se tiñe con sales de hierro, adquiere color negro.

Teka Mimosácea, (nombre indígena Miam). Madera dura, de color rojo oscuro; se aplica a la construcción de grandes estructuras y otros elementos donde se necesita gran seguridad, por sus formidables condiciones de resistencia dinámica.

Tuya, tiene el duramen pardo agrisado. Su aroma es alcanforado. Oscurece al contacto con el aire. Su raíz es muy apreciada en ebanistería.

Ukola, madera densa, de color rosado suave a encarnado subido, según la edad y el tamaño del árbol. Es una madera estable, fina de poro; la talla la enriquece, y se barniza bien.

Maderas blandas

Las maderas blandas proceden de árboles de crecimiento rápido. Son poco compactas, casi todas son de color claro, no muy resistentes y muy fáciles de trabajar.

Abedul, blanco, entre amarillento y rojizo. Vetas cortas y compactas. Es fuerte y se trabaja bastante bien. Se pudre pronto. Da buenas hojas para enchapados.

Acebo, es madera blanca y pesada, bastante fina, usada en marquetería y torno.

Aliso, color castaño claro, tirando a rojizo, con espejuelos oscuros y gruesos. Estructura igual, fibra fina y homogénea, sin nudos. Bajo tierra, resiste bien la humedad. Al aire se apolilla fácilmente. Se alabea poco.

Álamo, color entre blanco y gris. Estructura blanda, tenaz, muy fácil de trabajar. Bastante propenso a agrietarse y al alabeo. Poco resistente a la humedad y a la carcoma. Es de crecimiento rápido. En Europa, son corrientes dos especies: el álamo blanco y el álamo negro, llamado más comúnmente chopo.
Amboina, es de la misma familia que la caoba. Su color es rosado o cadmioso. Su aroma recuer-

da la vainilla. Son muy apreciadas sus lupias en ebanistería.

Balsa, (nombre indígena Nsasang) madera de color blanco pardo, extremadamente suave. Se aplica en aeromodelismo por su gran ligereza. El nombre de balsa proviene del Perú, pues los indios construyeron sus cayucos con dicha madera; y, como flota como una balsa, con tal nombre la denominan.

Chopo, madera de color blanco y poco consistente, en Europa se conocen diversas especies. Las más importantes son las siguientes:
- **Chopo Blanco,** se encuentra en casi todas las provincias españolas, aunque con más abundancia en Andalucía.
- **Chopo Bordils,** se cultiva en la provincia de Gerona, junto a la cuenca del río Ter. Hay magníficos ejemplares que dan resultados satisfactorios.
- **Chopo Canadiense,** madera de color muy blanco; compacta y escasa de nudos. Aunque es originario del Canadá y América del Norte, se cultiva en Europa y América del Sur en condiciones favorables; es el chopo de mayor rendimiento.
- **Chopo Lombardo,** árbol que se encuentra extendido en toda Europa. Su madera es bastante nudosa.
- **Chopo Negrito,** esta especie se cultiva mucho en la provincia de Granada, por toda la vega del Genil.
- **Chopo Negro,** este ejemplar, que se encuentra espontáneo o cultivado, se extiende por toda España. Madera algo nudosa.
- **Chopo de Pinseque**, esta especie es cultivada en Zaragoza.
- **Chopo Temblón,** su madera es compacta y con escasos nudos. Se extiende principalmente desde el valle del Lozoya (Madrid) hasta los Pirineos.

Limba,(nombre indígena Akom) madera semisuave, de color blanco amarillento, fácil de aserrar y trabajar. Apta para interiores de muebles y piezas de carpintería.

Okumé, madera de color rosado salmonado. Tiene gran resistencia a pudrirse y por su facilidad de labrado; es adecuada para tableros multilaminados, por ser fácil de desenrollar y por las dimensiones de sus árboles.

Samanguila, madera suave, tipo caobilla; de color rosado pálido, de buen aserrar y trabajar; para barnizarla es preciso un buen tapa-poro. Se emplea para construcciones navales de tipo deportivo. También es apta para tallar por ser dócil a la gubia.

Sapelly, madera semidensa, de tipo caoba, color y textura entre el abebay y la samanguila, esto es, un rosado acentuado, con irisaciones que cambian de brillo y color en la zona del corazón. De fácil aserrar, trabajar y barnizar. De variadas aplicaciones, desde la construcción de muebles hasta la decoración de buques.

Tilo, tiene propiedades parecidas al álamo. Color blanco rojizo. Se corta bien, se vicia poco, y no lo ataca la carcoma. Madera ligera; se trabaja bien. Apenas contrae, y sólo se conserva en ambiente seco.

Maderas resinosas

Son las maderas de especies vegetales impregnadas de resinas, lo que hace aumentar la cohesión de las fibras de la madera, y les da elasticidad y resistencia. Son las más usadas en la construcción de edificios, y en muchos casos sustituyen con ventajas a las maderas duras, ya que con ellas pueden obtenerse piezas de gran longitud, rectas y de bajo peso. Cuando los árboles resinosos han

sido sangrados para obtener la resina, su madera pierde cualidades que la caracterizan y, por lo tanto, valor. No son muchas, pero sí de gran importancia.

Es la Abeto, color blanco la más clara de las resinosas. Estructura de fibras largas y rectas. Anillos anuales gruesos, con diferencia notable entre la madera de primavera y la de otoño. Nudos oscuros y durísimos, que a menudo se desprenden y contrastan con la blandura de la madera. Se tuerce poco. De gran duración en ambiente seco, o bajo el agua. Se pudre pronto en ambiente húmedo y poco ventilado. Las clases más conocidas son: el abeto común o blanco y el abeto rojo.

Las dos especies principales que se encuentran, son:

- **Pinabete,** madera de color blanco, limpia, poco resinosa y elástica. Tiene poca duración y casi no resiste la intemperie. Existe en el valle del Irati (Navarra), con algunos ejemplares de poca importancia en Gerona.
- **Pinsapo,** es madera de color blanquecino, ligera y fácilmente alterable al aire libre. Es algo más resinosa y nudosa que el Pinabete. Se encuentra sobre todo en las Sierras de Tolox y Ronda (Málaga), y en las de Pinar y Grazalema (Cádiz).

Alerce, color rojizo. Estructura densa, apretada y rica en resina. De larga duración. Poco atacada por la carcoma. Es importante el alerce rojo de América o Pitch-Pine, usado en carpintería.

Ciprés, color pálido, con vetas rojizas. Estructura y anillos finos, debido a la lentitud de su crecimiento. La resina lo hace incorruptible.

Chicaranda, duramen marmoteado negruzco; los anillos de crecimiento son poco precisos, puesto que los veteados negruzcos son frecuentemente excéntricos a los círculos. Algo aromática. Es madera muy combustible, por la resina lustrosa que contienen sus vasos capilares.

Melis, tiene la corteza pardo-rojiza y pocas ramas. Algunas variedades contienen, mucha resina. Se la llama también pinotea, y arde con llama viva.

Palo Rosa, tiene la albura y el duramen de color rosa pálido. Sus radios medulares, apenas visibles, están llenos de resina acarminada. La especie brasileña tiene un color más asalmonado. Es madera muy empleada en la construcción de muebles de estilo Luís XV.

Pino, su madera es algo dura, muy resinosa, de color blanco amarillo con vetas rojizas. Despide olor a trementina.
Las principales variedades de pinos que se encuentran son las siguientes:

- **Pino Brasil,** proviene generalmente del litoral del Norte argentino y del Brasil. Es fácilmente aserrable. De color claro, con vetas de mucha consistencia; limpia de nudos y de fibra recta.
- **Pino de California,** ver Secuoya.
- **Pino de Canarias,** color blanquecino. Algo duro y resistente. Se emplea en la construcción y en carpintería. Vive espontáneo en las Islas Canarias; en la Península Ibérica sólo hay algún ejemplar cultivado.
- **Pino del Norte (Flandes)**, de color claro, con las vetas de color siena-ocre. Sus piezas son muy largas; muy empleada en carpintería.
- **Pino Carrasco,** madera de color blanco. Es poco estimada en la construcción, aunque algo en carpintería. Se extiende por toda la región mediterránea, y también se encuentran ejemplares en Navarra y Baleares.

- **Pino Insignis,** madera de color blanco; blanda, y poco resinosa.
- **Pino Laricio,** su madera es excelente, resinosa, de grano fino y duro. Tiene mucha albura, y el duramen es de color rojizo. Las masas más importantes de esta especie se encuentran en la Serranía de Cuenca y en las Sierras de Cazorla, Segura, y Alcaraz (Jaén, Albacete, y Granada). También se halla en Guadalajara, Lérida y Tarragona.
- **Pino Negral,** madera de color blanco y muy resinosa. La madera de los árboles resinados es de mejor calidad que la de los no resinados. Quizá, de todos los pinos españoles, es el de crecimiento más rápido. Esta especie se extiende por casi toda España y son pocas las provincias donde no existe. Merecen mención especial los grupos situados en las Sierras de Guadarrama y Gredos y en las de Cuenca y Segovia. Es muy abundante en Galicia.
- **Pino Negro,** color blanco en la albura y rojizo en el duramen. Es la madera menos resinosa de todos los pinos españoles. Vive en los Pirineos aragoneses y catalanes, y también en la Sierra de Gúdar (Teruel).
- **Pino Oregón,** muy resinoso y de mucha utilidad. La clase americana es de buena calidad, pero algo inferior al plantado en Europa.
- **Pino Piñonero,** madera de color blanco. Su estructura es de fibras torcidas y formas irregulares. Es resistente y elástica, aunque a veces presenta gran cantidad de nudos. Esta especie abunda en Huelva, Cádiz, Valladolid, Segovia y Madrid. En menor cantidad también se encuentra en Barcelona, Gerona, Sevilla y Jaén.
- **Pino Silvestre,** color blanco, a veces algo rojizo. Madera resistente, elástica y de mucha duración. Es la mejor de los pinos europeos. Existen importantes masas en los Pirineos, Burgos, Soria, Cuenca y Teruel. Merecen especial mención los pinares de Valsaín (Segovia), por sus pinos altos, rectos, y de excelente calidad.

Secuoya, madera procedente de California, por lo que también se la llama Pino de California. Su color es parecido al abeto, aunque más rosado y pardo claro. Con el tiempo se oscurece.

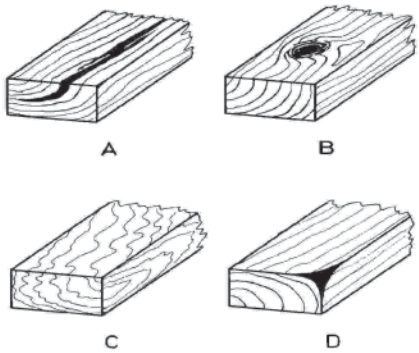
Formas comerciales de la madera

Las maderas se presentan generalmente en el mercado, cortadas en piezas de sección rectangular: tablas, tablones, etcétera. Dentro de la misma clase de madera se establecen distinciones entre las diversas piezas, según que estén o no libres de defectos, y si los tienen, según el tamaño y cantidad de los mismos.
En determinadas maderas, además, es considerado como defecto el que la pieza no esté perfectamente encuadrada, por corresponder a una parte cercana a la zona exterior del tronco. En otras clases de maderas, este defecto es admisible, pero dentro de ciertos límites.

Defectos de la madera

Cuando las piezas de madera deben estar sometidas a esfuerzos elevados, no pueden aceptarse en ellas defectos considerables o enfermedades que disminuyan su resistencia.
Como enfermedades de la madera pueden considerarse: la carcoma, insecto que se alimenta de la madera y la destruye, y las distintas formas de putrefacción (o sea, de pudrirse). Sobre esto, hay que tener en cuenta que la madera, a diferencia de los metales y la mayoría de los materiales, es un cuerpo orgánico (precisamente por eso, arde); puede considerarse un «cadáver de árbol», de ahí la posibilidad de putrefacción.
Las maderas «enfermas» no deben aprovecharse, ya que difícilmente puede lograrse su curación.

Como defectos locales, que no afectan más que parcialmente la resistencia y la imagen de la madera, se ven los siguientes ejemplos: las colainas (A), los nudos (B), la fibra revirada (C) y la gema (D) o falta de madera en una arista, por conservar parte de la corteza del árbol.



En el mercado, la madera se encuentra en dos formas fundamentales: *madera sin labrar*, ya sea en rollos, trozas, troncos descortezados, etcétera; y *madera labrada o escuadrada*, formando vigas, tablones, tablas y otros.
Según la medida de los troncos de los árboles, y otras características especiales, la madera recibe los siguientes nombres:

Madera en rollo o rollizo, es la obtenida después del descortezamiento del fuste. El rollo sin trocear es enterizo cuando se deja con toda la longitud del fuste; también se lo denomina poste.

Rollo grueso, son las piezas en redondo que tienen más de 30 cm de diámetro y una longitud entre 10 y 15 m.

Rollo semigrueso, son las piezas en redondo de 25 a 30 cm de diámetro y de 8 a 10 m de longitud.

Postes, son los troncos que miden de 12 a 25 cm de diámetro y de 7 a 12 m de longitud. Se emplean generalmente en andamiajes y estructurantes de alambrado.

Vigas redondas, son las piezas empleadas generalmente en los techos, con un diámetro de 15 a 25 cm, y de 3 a 6 m de longitud.

Maderos, son los troncos redondos que miden de 15 a 25 cm de diámetro en la cogolla y de 5 a 10 m de longitud.

Apeas, son los rollizos que tienen un diámetro inferior a los 10 ó 15 cm. Son usados para apuntalar.

Pilotes, son los despojos de rollizos y puntales de la parte superior de los árboles, cuyo diámetro máximo es de 10 a 14 cm.

Semirrollizos, son las piezas que resultan de partir un rollizo mediante un corte de sierra a lo largo del eje.

Cuartones, se llaman así las piezas que resultan de partir los rollos gruesos por dos secciones normales, dadas a lo largo del eje.

Madera escuadrada o de hilo, recibe este nombre cuando están labradas sus cuatro caras con el hacha, presentando así las aristas más o menos redondeadas.

Madera de sierra, cuando los troncos están escuadrados con sierra, teniendo las aristas vivas.
Madera de raja, es la que se obtiene desgajando o hendiendo en sentido longitudinal los troncos.

Tabla 3. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LAS MADERAS (a-c)

MADERAS	*DENSIDAD*		*DUREZA*	*ALTURA (m)*	*DIÁMETRO (cm)*	*CUALIDADES*	*DEFECTOS*	*APLICACIONES PRINCIPALES*
	Seca	*Verde*						
Abebay	750	850	Algo dura	40	140	Fácil de aserrar y barnizar		Mobiliario de lujo y decoración
Abedul	700	840	Algo dura	20	60	No se agrieta ni se carcome	En la humedad se apolilla	Muebles chapeados y curvados, talla
Abeto	450	635	Blanda	45	140	Indeformable y estática	Es atacable por hongos	Carpintería de armar, mástiles, instrumentos musicales
Acacia	700	950	Bastante dura	15	50	Resiste a la humedad		Carpintería y ebanistería
Acana	1000		Dura			Acepta el tinte, y muy sonora	Al secarse, se alabea	Construcciones hidráulicas y navales
Acebo	890		Dura	10	45	Fácil de pulir	Se alabea mucho al secar	Piezas de mecánica, tornería, incrustaciones, bastones, látigos
Afo	630	1050	Dura	40	160	Fácil de aserrar		Persianas arrollables y muebles de interiores
Álamo Blanco	500	900	Muy blanda	40	110	Seca sin agrietar	Dura poco a la intemperie	Armazones de muebles baratos, cajas de embalaje
Alerce	600	815	Algo dura	45	90	Apenas alabea	Adolece a veces de cáncer	Carpintería de armar, naval y de taller
Aliso	650	850	Algo dura	40	65	Fácil de pulir	Se altera pronto a la intemperie	Pilotajes, construcciones hidráulicas, estibaciones
Aloma	740	900	Bastante dura	40	150	Fácil de pulir y barnizar	Poco apta a los tornillos y clavos	Carpintería de taller, muebles de fantasía
Amaranto	920	1020	Muy dura			Fácil de pulir y barnizar		Ebanistería selecta, tornería, carrocería de lujo
Amboina			Blanda			Muy fácil de labrar		Ebanistería y muebles enchapados
Arce	750	875	Bastante dura	30	80	No se agrieta		Carrocería, carretería, mangos y herramientas, tornería
Ayap	950	1050	Bastante dura	50	150	Fácil de barnizar		Ebanistería selecta, tornería y talla
Balsa	300	600	Muy blanda	30	50	Es la menos densa		Construcción de avionetas, Aeromodelismo
Boj	912	1016	Muy dura	8	10	Fibra fina y maciza	Se altera por calentamiento	Tornería, incrustaciones marquetería
Bubinga	950	1100	Bastante dura			Se tornea bien		Ebanistería, tornería, revestimientos
Caoba	720	900	Dura	30	70	No se carcome ni se alabea	Algunas tienen el corazón podrido	Mobiliario de lujo
Caoba Colonial	900	1000	Bastante dura	30		No se carcome ni se alabea		Ebanistería de lujo, especialmente sillas
Castaño	580	720	Algo dura	40	80	Dura mucho bajo el agua	Apolillables al aire libre	Toneles, medidas de capacidad, tornería, mangos
Cedro	578	800	Algo dura	40	135	Aromática		Revestimientos lujosos, tallas, muebles macizos

Tabla 4. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LAS MADERAS (c-o)

MADERAS	*DENSIDAD*		*DUREZA*	*ALTURA (m)*	*DIÁMETRO (cm)*	*CUALIDADES*	*DEFECTOS*	*APLICACIONES PRINCIPALES*
	Seca	*Verde*						
Cedro Duro	850	950	Algo dura	40	200	Aromática		Muebles, lápices, embalaje de tabacos
Cerezo	689	800	Bastante dura	20	70		Padece la enfermedad de la goma	Instrumentos de cuerda, boquillas y pipas, sillas
Ciprés	620	700	Algo dura	30	80	Aromática, no se carcome		Carpintería de objetos finos
Coral	800	950	Bastante dura	35	150	Se pule bien		De sus ramas se extrae colorante
Chopo (Álamo Negro)	370	420	Muy blanda	40	80	Muy liviana		Embalaje, pasta de papel y carpintería barata
Ébano	936	1100	Dura	8	30	Inatacable por insectos		Ebanistería de lujo, incrustaciones marquetería, piezas de ajedrez
Embero	750	900	Algo dura	40	120	Fácil de aserrar		Carpintería selecta y ebanistería
Encina	873	1060	Muy dura	40	85	Madera muy compacta	Se alabea al secar	Carpintería de armar
Enebro	600	650	Algo dura	30	55	Olorosa, incorruptible	Fibras torcidas	Lápices, estuches, pipas y boquillas
Erable	570	630	Algo dura		60	Fácil de curvar		Enchapados y marquetería, interiores de muebles
Fresno	630	950	Bastante dura	40	60	Elástica y tenaz	Madera muy curvada	Culatas de fusil, tornería
Guayaco	1250	1400	Muy dura	10	35	Resiste al rozamiento		Poleas, rodillos, ejes de construcción naval
Haya	700	900	Algo dura	30	70	Resiste al calor	Se alabea y agrieta bastante	Carrocería, carretería, tornería, cajas finas
Jacarandá	830	900	Bastante dura	19	100	Aromática		Ebanistería de lujo y tornería
Limoncillo	800	900	Dura		120	Sin nudos		Interiores de muebles y decoración
Melis	850	1030	Algo dura	30	40	Inatacable por insectos, hidrófuga		Construcciones hidráulicas y en la intemperie
Nogal	670	810	Algo dura	20	200	Muy apreciada		Ebanistería, enchapados, talla, armería y estuchería
Nogal Colonial	900	1150	Dura	20	250	Fibra recta y sin nudos		Ebanistería, enchapados, talla, armería y estuchería
Oburo	750	900	Algo dura		200	Fibra recta y sin nudos		Útil para molduras, decoración, muebles en general
Okumé	486	500	Bastante blanda			Imputrescible		Fabricación enchapados, cajetería
Olivo	780	1100	Dura	10	60	Buena para tornear y pulir		Tornería, estuchería y grabado
Olmo	690	950	Bastante dura	40	80	Resiste a la humedad	Se cepilla mal y pule con dificultad	Sillas

Tabla 5. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LAS MADERAS (p-u)

MADERAS	*DENSIDAD*		*DUREZA*	*ALTURA (m)*	*DIÁMETRO (cm)*	*CUALIDADES*	*DEFECTOS*	*APLICACIONES PRINCIPALES*
	Seca	*Verde*						
Palo Hierro	1100	1250	Muy dura	10	70	Muy buena para el barniz		Construcciones hidráulicas, piezas de mecánica, arcos de violín
Palo Rosa	950	1100	Muy dura	10	40	Incorruptible		Ebanistería, enchapados de lujo, incrustaciones
Peral	730	830	Algo dura	10	40	Inatacable por insectos	Muy propensa a alabearse	Tornería, talla, útiles de dibujo, instrumentos de mecánica
Pino	540	750	Blanda	25	60	Fibra seguida y dulce		Carpintería de armar y de taller
Pino Brasil	560	850	Blanda					Mobiliario
Pino Flandes	500	900	Blanda	40	75	Fibra recta y seguida		Carpintería selecta de taller, armazones de muebles
Pino Negral	560	800	Blanda	20	30			Escultura, carpintería en general
Pino Oregón	480	670	Blanda	70	100	Veteado seguido		Carpintería artística y molduras
Plátano	580	1085	Algo dura	25	80	Bastante flexible	Se carcome con facilidad	Tornería, cajería fina, artículos de cocina
Roble	730	1085	Bastante dura	40	110	Resiste a la humedad	Es atacada por insectos	Ebanistería, carpintería artística
Roble Colonial	950	1150	Dura	40	150	De fibra recta		Escultura y tornería
Samanguila	650	750	Algo blanda		130	Fácil de aserrar	Algo repelosa	Talla y escultura
Sapelly	750	900	Algo blanda	30	100	Olorosa		Ebanistería y carpintería selecta
Satén	520	700	Algo dura		60	Fácil de trabajar		Ebanistería en general, tonelería y talla
Secuoya	430		Blanda	110	800			Carpintería de taller
Sicómoro	550	850	Algo dura	25	70	Acepta bien el tinte		Ebanistería, marquetería
Teca	1000	1100	Muy dura	10	40	Apta para rozamiento		Fabricación naval, carrocería y decoración
Tejo	700	970	Muy dura	8	40	Incorruptible		Modelos, arcos y ballestas, tornería
Tuya	500	650	Algo dura	18	50	Fácil de trabajar		Ebanistería, interior de muebles, talla
Tilo	700	800	Algo dura	30	65			Teclas de piano, zuecos, talla, lápices y bastones
Ukola	850	950	Dura	80	200	Fácil de aserrar, pulir y barnizar	Irrita la mucosa	Ebanistería, carrocería de lujo y pilotajes

Aunque la madera procede de los árboles maderables, en los cuales hay infinidad de dimensiones, en el comercio se vende según unos tipos de sección o escuadría normalizada.
A veces, para trabajos especiales en que las escuadrías no son normales, será conveniente enviar al aserradero una relación de las dimensiones de las piezas. Las medidas se anotan en cm netos, con una tolerancia de 5 mm. Y cuando se necesita una medida, es preciso especificar sobre las cotas las medidas en limpio.

Marcos, en el monte las maderas se venden en pie, o en rollo después de apeadas. Sin embargo, en los almacenes se encuentran escuadradas, con arreglo a unas dimensiones más o menos fijas, a cuyo conjunto se llama marco. Todas las piezas se miden en sus tres dimensiones: longitud (largo), anchura (tabla) y grueso (canto), tanto para la madera de hilo como para la de sierra.

Las piezas de madera, según su escuadría, reciben los nombres siguientes:
- **Vigas,** son las piezas de sección rectangular y aristas vivas, de 4 a 10 m de longitud, y de una sección de 15 x 20 cm a 25 x 35 cm.
- **Viguetas,** piezas de menor sección y longitud que las anteriores. Tienen de 8 x 8 cm a 15 x 15 cm de escuadría, y 5 m de longitud máxima.
- **Alfarjía o larguero,** madera de sección rectangular de 14 x 10 cm, empleada en carpintería para marcos de puertas y ventanas.
- **Tablones,** son las piezas de sección rectangular, con aristas vivas, espesores de 5 a 10 cm, anchuras de 10 a 30 cm, y longitudes de 2 a 10 m.
- **Listones,** piezas de sección rectangular y aristas vivas, con escuadrías de 2 x 4 cm a 5 x 8 cm.
- **Listoncillos,** de igual característica que los anteriores, pero con una escuadría de 1 x 2 cm a 2 x 4 cm.
- **Tablas,** son las piezas en las que predomina el ancho sobre el grueso. Tienen un ancho de 10 a 30 cm, y un grueso de 1 a 3 cm.
- **Tarimas,** tablas machihembradas, de 5 m de longitud, de 5 a 15 cm de ancho, y de 1,5 a 3 cm de grueso.
- **Latas,** son piezas con una escuadría de 5 a 7 cm x 2 a 3 cm, que se preparan con madera de calidad inferior.
- **Regruesos,** maderas que tienen un espesor de 4 a 10 mm, y de longitud y ancho variables.
- **Chapas,** tienen las mismas características que las anteriores, pero de un espesor de 0,2 a 5 mm.

En la figura que está a continuación se pueden observar las características de una sección aserrada que tiene diferentes orientaciones en un tronco y cada una de las diferentes deformaciones, ya sea por enroscamiento o alabeo.

Derivados comerciales de la madera

Aglomerado y aglomerado enchapado

La madera aglomerado surgió luego de la Segunda Guerra Mundial, en Suiza y posteriormente en Alemania. Este último país ha sido considerado como el inventor de toda la tecnología del aglomerado de la madera. Su desarrollo se vio favorecido con otro adelanto paralelo en materia de resinas y en la industria petroquímica.

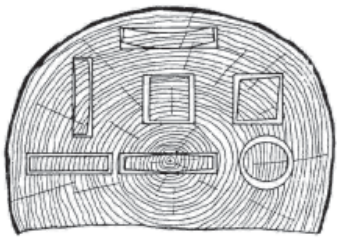


Tabla 6. FORMAS COMERCIALES DE LA MADERA				
Denominación	*ANCHO*	*ESPESOR*	*SECCIÓN*	*OBSERVACIONES*
CHAPA		1 mm	Rectangular	Para enchapados
HOJA	>100 mm	6,1 a 17 mm	Rectangular	Para conformar multilaminados
LAMINA		1,1 a 6 mm	Rectangular	Para conformar multilaminados
LISTÓN	18 a 149 mm	18 a 37 mm	Cuadrada o rectangular	
POSTES			Ø 250 mm	Para servir de sostén de cables y alambres
ROLLIZOS			Ø 260 mm	Mínimo con corteza
			Ø 220 mm	Mínimo sin corteza
TABLA	>150 mm	18 a 37 mm	Rectangular	
TABLÓN	>150 mm	38 a 74 mm	Rectangular	Chico
	>250 mm	75 a 126 mm	Rectangular	Grande
TIRANTE	75 a 249 mm	75 a 126 mm	Cuadrada o rectangular	
TIRANTILLO	38 a 149 mm	38 a 74 mm	Cuadrada o rectangular	
VARILLA	6,1 a 99 mm	6,1 a 17 mm	Cuadrada o rectangular	
VIGA	200 mm	200 mm	Cuadrada o rectangular	Mínimo
VIGUETA	>127 mm	127 a 199 mm	Cuadrada o rectangular	

Tabla 7. DERIVADOS COMERCIALES DE LA MADERA

Denominación		*MEDIDAS (mm)*	*ESPESOR (mm)*
AGLOMERADO		183 x 260	12
			15
			18
		183 x 410	15
			18
AGLOMERADO ENCHAPADO		183 x 260	16
			18
			19
		186 x 280	18
CHAPADUR		122 x 305	3
CONTRACHAPA		122 x 305	0,6
CORLOK		122 x 275	4,2
GUILLERMINA		183 x 366	12
			15
			18
LAMINADO		124 x 305	0,8
M.D.F. (FIBROFACIL)		183 x 260	3
			4
			5,5
			9
			12
			15
			18
		185 x 275	3
			6
			8
			12
			15
			18
			25
MULTILAMINADO DE ÁLAMO		122 x 122	12
			14
			16
			19
MULTILAMINADO FENÓLICO		220 x 160	10
			12
			15
			18
PLACA DE CARPINTERO	**Cedro**	122 x 244	18
	Cedro / Cerejeira	122 x 213	
	Pinos	122 x 244	
TERCIADOS		210 x 160	3
			4
		220 x 160	3
			4

Nació, además, unida a la fabricación del mueble, que utilizaba tradicionalmente materia prima que debía estacionarse y someterse a procesos de secado para lograr características estables. Ello obligaba a acumular grandes existencias y dejar transcurrir años hasta poder utilizarla.

Estas características de la madera son indispensables para muebles. En la construcción el estacionamiento de la madera interesa menos.

En la Argentina comenzó a utilizarse en 1962 luego de vencer grandes resistencias a reemplazar la madera natural.

El panel aglomerado es fundamentalmente un tablero de partículas de madera, un aglomerante constituido por una resina (urea-formaldehído). Las partículas y la resina se unen en un molde por un proceso físico-químico de presión y de temperatura.

La diferencia con la madera terciada es que en ésta la madera está en forma de hojas, mientras que en el aglomerado está en forma de partículas.

En los últimos años el uso del terciado se ha vuelto más escaso, al tiempo que el aglomerado ha ido encontrando nuevos usos. Por tal motivo, se ha invertido su incidencia en el mercado.

La principal ventaja con respecto a la madera natural es contar con madera seca, lista para trabajar. Otra ventaja es la de obtener tableros de gran tamaño frente a los angostos tablones de madera. Hoy pueden fabricarse paneles de 1,83 x 5,20 m o sea, unos 10 m^2.

El aglomerado no tiene vetas ni nudos, ni las imperfecciones del material natural que obliga a recortes y desperdicios. Además sus recortes pueden utilizarse. Por otra parte es un material más barato, ya que la madera que se emplea en su composición no necesita estacionamiento. Se utilizan árboles de 10 años de edad cuyos troncos tienen un grosor que anteriormente no era habitual.

En la elaboración del aglomerado se emplea madera de eucalipto, que si bien se clasifica como semidura, la abundancia de materia prima, su bajo costo y la tecnología existente, aconsejan su uso. En Argentina se utiliza un 60% de madera de eucalipto, el resto se cubre con la de sauce y álamo.

El desarrollo de nuevos productos químicos ha permitido ir mejorando los resultados. Por ejem-

plo, la utilización de resinas fenólicas en lugar de ureicas, ha permitido la realización de placas resistentes a la intemperie y a la humedad.
También la tecnología se ocupó de la terminación exterior. Al principio se producían placas desnudas, pero luego se vio la posibilidad de su revestimiento en fábrica. Actualmente se ha comenzado la producción de aglomerados con revestimientos plásticos mediante procesos similares al laminado plástico, además del enchapado de madera.
La conformación de la placa es básicamente un sándwich. La parte interna, con partículas de madera más gruesa, absorbe los esfuerzos de flexión. La externa, que sufre el efecto físico del prensado con más intensidad, absorbe esfuerzos de tracción; además, su gran dureza superficial debe resistir golpes y abrasión.
El material del panel es de combustión lenta debido al contenido de sales de amonio es menos combustible que las maderas de peso específico similar. Es prácticamente inmune a la acción de insectos y microorganismos.
La forma de las placas ha condicionado un tanto el diseño. El resultado ha sido el mueble de líneas rectas, simétrico, revestido con laminado plástico o enchapado, tan utilizado en cocinas u oficinas. Se han logrado muebles constituidos exclusivamente con elementos planos que se venden para que el usuario los arme: allí las patas de madera o metal se reemplazan por placas verticales.
Se pueden fabricar placas curvas pero solo con grandes radios de curvatura y con placas de poco espesor.
En construcción se la utiliza para tabiques internos y externos; cielorrasos, pisos, etcétera. El tipo de placa a utilizar en estos casos es la fenólica.
La madera aglomerada se usa en un 55% para la producción de muebles, un 30% en la construcción y un 15% en equipos e instalaciones.

Cartón prensado

Para la elaboración del cartón prensado o *hardboard* (chapadur) se emplean partículas de madera que, a diferencia de los tableros aglomerados, son aglutinadas entre sí, sin el uso de resinas, mediante alta presión y temperatura.
Esto significa que las fibras se reúnen por medio de una reacción físico-química.
El cartón prensado no tolera la humedad excesiva, pero constituye una placa altamente rígida y económica.
Se los fabrica en espesores que van de 2,5 a 4,8 mm y en tamaños de 1,22 x 2,75 m, como máximo. Además, algunos se obtienen decorados con cuerinas entramadas, con perforados redondos o con fileteados.
Se los utiliza como revestimiento interior del hogar en pisos o muebles, y también revestidos con laminados plásticos, en vehículos.

Guillermina y MDF

Comercialmente en la actualidad se ha diferenciado el concepto de Guillermina y Fibra de Mediana Densidad (MDF), en el cual la Guillermina aparece como un conglomerado de finas partículas, pero como resultado de un producto más denso y rígido que el que se provee como MDF. Igualmente, Guillermina es el nombre comercial de los denominados tableros de media densidad (MDF).
Las maderas obtenidas de los bosques subtropicales del norte de Santa Fe y sur del Chaco, son recibidas en planta de troncos que miden 2,20 m de largo y 7 a 35 cm de diámetro. Luego son reducidos a un tamaño de 25 x 25 x 6 mm aproximadamente, mediante una astilladora o chispera. Las *astillas* o *chips* pasan a un recipiente donde son tratadas con vapor de agua a determinada presión y temperatura con el objeto de facilitar el desfibrado. Se llega así al componente elemental de la madera: la fibra, que se realiza en un desfi-

brador de discos por abrasión.
Las fibras se secan mediante una corriente de aire caliente que circula en un secadero continuo y posteriormente se mezclan con resinas del tipo urea formaldehído. Una vez encoladas se esparcen formando un colchón de fibra continuo que, sometido a una operación de prensado, queda reducido en su espesor. Su densidad se determina en forma continua mediante un equipo registrador.
Luego de ser cortado transversal y longitudinalmente, el colchón de fibras compactado se introduce en una prensa calefaccionada con agua caliente. Con la aplicación de radiación de alta frecuencia y como consecuencia de la reacción química, por el mecanismo de condensación, se logra el curado definitivo de las resinas ureicas-melamínicas.
A la salida de la prensa, los paneles se encuadran en dimensiones de 1,83 x 3,66 m, se estacionan en estibas y se entregan para su expedición. La variedad de espesores obtenida alcanza los 10, 13, 16, 19, 22, 25 y 30 mm.
Durante todo el proceso, y también sobre el producto terminado, se efectúa un exhaustivo control de calidad.
Por su composición, la MDF reúne en sí misma un cúmulo de sobresalientes propiedades que se encuentran en las distintas maderas en forma natural. Los tableros de fibras de mediana densidad tienen aplicación en una amplia variedad de muebles y accesorios.
Se emplea en gabinetes acústicos y de TV; para muebles de cocina y baños cuenta con el excelente agarre de tornillos que permiten una sólida fijación de los herrajes.
La posibilidad de tornear paneles encolados previamente permite construir con el tablero todo tipo de patas y apoyos para diversos muebles.

Contrachapado

El contrachapado, también denominado *triplay* o chapa, está compuesto por varias capas de madera unidas con cola o resina sintética. Las capas se colocan con la veta orientada en direcciones diferentes, en general perpendiculares unas a otras, para que el conjunto sea igual de resistente en todas las direcciones.
Así, el conjunto es tan resistente como la madera, y si se utilizan pegamentos resistentes a la humedad, el contrachapado es tan duradero como la madera de la que está hecho. La madera laminada es un producto similar, pero en ella se colocan las capas de madera con las vetas en la misma dirección. De esta forma, el producto es, como la madera, muy fuerte y rígido en una dirección y débil o flexible en el resto.
Sólo las capas exteriores del contrachapado tienen que ser duras y con un buen aspecto; las interiores únicamente tienen que ser resistentes. En algunos casos, solo una de las caras es de calidad. Estos contrachapados se utilizan en trabajos de ebanistería en los que la parte interior no es visible. Las maderas finas y costosas, como la caoba o el madero de Indias, suelen utilizarse como enchapados, de forma que una capa fina de madera cara cubra varias capas de otras maderas resistentes pero de poco valor. De esta manera se reduce el precio de la madera sin sacrificar la apariencia, además de aumentar su dureza y la resistencia al alabeo. También se hacen contrachapados de las maderas más baratas para fabricar sustitutos para metales.

Multilaminado

Es un conformado tipo sándwich de varias láminas de madera (0,8 mm de espesor), dispuestas a contrachapa, unidas mediante colas o resinas fenólicas; a diferencia del llamado contrachapado adquiere espesores de 10 a 19 mm (6 o más chapas).
Estos multilaminados se utilizan, generalmente, para reemplazar al aglomerado, cuando su uso es más comprometido física o estéticamente. Otorga una terminación más prolija que mediante el lija-

do; su espesor ofrece una mayor estética que los aglomerados sin la necesidad de agregar un tope o moldura de terminación.

Placa de carpintero

La placa de carpintero o madera cruzada es un reconstituido en forma de sándwich, compuesto de un alma de listones de maderas de baja calidad y dos chapas o regruesos exteriores de una madera dura.
Estas partes son encoladas, y pueden estar conformadas por listones estriados, en cuyo caso deberán escogerse regruesos como soporte exterior; o bien pueden estar conformados por listones (unidos entre sus caras mayores o menores), dando la posibilidad de usar chapas más finas en su exterior.

Terciado

Es un contrachapado de tres o más hojas de madera, de espesor variable entre 3 y 5 mm. Se usa para conformar los multilaminados, o bien para terminaciones no visibles en mobiliario, etcétera.

Laminado plástico

Los materiales plásticos empleados en el ramo de la madera son material de revestimiento, consistentes en una chapa o tablero satinado, finamente trabajado, decorativo y muy fuerte; su acabado es brillante o mate.
Estos tableros de plástico estratificado o de laminado decorativo están fabricados con dos hojas impregnadas en resinas fenólicas, cuya constitución se compone de tres partes:
1. El soporte o base, cuyo grosor dependerá de la cantidad de hojas.
2. La penúltima capa, que es la que lleva impresa la extensa gama de colores o dibujos decorativos.
3. La última capa, que protege la anterior mediante una hoja transparente colocada encima, impregnada de una resina incolora de gran dureza.

Todo este conjunto de elementos está sometido a una gran presión con altas temperaturas, convirtiendo el tablero en un bloque homogéneo.
Estos laminados se pueden obtener de todos los valores tonales, además de imitación de granitos, mármoles, maderas, dibujos, texturas, grillas, cuadrículas, etcétera.
Los laminados se unen a la madera por medio de cementos de doble contacto (Holdtite, Pattex, Bostik A-254, etc.) o adhesivos a presión (Bostik 815, Rayt, Rakoll, etc.). Los primeros pegan en un tiempo de 15 a 20 minutos, mientras que los segundos demoran 6 horas con resultados más exigentes.

Cuadro 10. PROCESOS DE LA MADERA Y DERIVADOS	
CEPILLADO	
CORTE	
CURVADO	
ENCOLADO	
ESPIGADO	
FRESADO	
LIJADO	
LIMADO	
MOLDEADO	
MORTAJADO	
PRENSADO	
REGRUESADO	
TALADRADO	
TORNEADO	
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	Encerado
	Pulido
	Teñido

Procesos de transformación de la madera y sus derivados

La madera no es una sustancia homogénea; sus fibras tienen cohesión variable, y por lo tanto las condiciones de corte varían constantemente. En efecto, la resistencia que opone la madera a dejar separar sus fibras es máxima en sentido longitudinal y mínima en sentido transversal. Entre estos valores límite existen muchos valores medios, determinados por partes nudosas, enredadas, peludas, fofas, de veta contraria, etc., que dificultan o por lo menos alteran el régimen de corte de las fibras.
Si en una madera la cohesión o adherencia de sus fibras es considerable, el instrumento que pretenda cortar la fibra lo logra con limpieza, sin astillas y sin arrancar parte de ella como ocurre con los metales. Por el contrario, si la adherencia es débil, la herramienta antes que cortar la arranca, porque la resistencia al corte es mayor que la resistencia al desgarramiento de la fibra. Además de la cohesión o adherencia, el factor que hace aumentar la resistencia al desgarramiento es la inercia.
Si bien no podemos aumentar la adherencia y homogeneidad de las fibras, podemos aumentar su inercia de modo indirecto, es decir, aumentando la velocidad del movimiento de la herramienta de corte. Por esta causa es que todas las máquinas de trabajo para madera tienen sus partes cortantes animadas de movimientos de alta velocidad.
El corte de las maderas se puede presentar en los siguientes casos:
1. Corte en sentido favorable a las fibras (a favor de la veta).
2. Corte en sentido desfavorable a las fibras (a contra veta).
3. Corte en sentido normal a la fibra (corte al través).
Las máquinas para el trabajo de la madera pueden dividirse en dos grandes grupos de acuerdo con su tipo y manera de operar: *máquinas principales* y *máquinas auxiliares,* o mejor *máquinas de primera* y *segunda elaboración.*
Las máquinas principales desempeñan una tarea importante en el trabajo de la madera, pues le confieren formas regulares y adecuadas para ser luego perfiladas, tronzadas, etcétera.

Cepillado

Cortada la madera, hay que labrarla. Para ello, se emplean dos máquinas: la cepilladora y la regruesadora.

Cepilladoras

En Argentina, las verdaderas cepilladoras han adquirido distintos nombres, hasta se han mutado con la regruesadora. La cepilladora, también llamada planeadora, o cepillo mecánico en nuestro país se las llama «garlopa».
La cepilladora ejecuta el trabajo de aplanar superficies.
Está formada por un árbol (en posición horizontal) que posee los filos de corte (generalmente dos) y dos mesas, anterior y posterior, una fija y la otra de altura variable.
La madera se hace avanzar a mano en dirección opuesta al sentido de giro del árbol hasta recibir el ataque de los filos que quitan una capa de madera de espesor determinado por la altura de la mesa anterior con respecto al árbol. La madera sigue avanzando y la parte cepillada apoya sobre la mesa posterior que está al mismo nivel que los filos. El espesor del desbaste varía normalmente entre 1 y 3 mm.
Para obtener dos caras de la madera a escuadra (primer paso del cepillado), se coloca sobre la mesa de la garlopa una guía perpendicular al plano de la misma, sobre la que se apoya la cara ya cepillada de la madera. A esto se lo llama cepillado

«cara y canto».
El cepillo mecánico también puede reemplazar al tupí para hacer molduras, si se coloca en el árbol un filo con la forma de la moldura requerida.

Máquina complementaria para cepillar cantos

Mediante el acoplamiento a la cepilladora de un eje vertical portacuchillas, en el soporte, se logra hacer cara y canto de la madera de una sola vez. Con este aparato adicional se obtiene mayor rapidez en el trabajo; y con el fin de evitar accidentes, lleva delante del eje portacuchillas una pletina protectora, que se levanta al pasar la madera.

Máquina para arrastre automático de la madera

Esta máquina de avance automático de la madera, que se acopla en la cepilladora, es aplicable también al tupí, a la sierra sinfín, sierra circular, etcétera.
El avance de la madera se realiza por medio de tres rodillos de goma, o de acero dentado, que la guían en forma rectilínea. Estos rodillos tienen sus muelles individuales, lo que permite pasar maderas de diferente grueso.
Las velocidades de avance de las maderas son de 2 a 30 m por minuto, y se obtienen mediante el cambio de marcha.
Dicho aparato es de fácil manejo, seguro y de gran rendimiento; y como está montado sobre un soporte provisto de un sistema de articulación con cuatro ejes permite su colocación en cualquier posición.

Corte

La primera máquina que apareció para la madera fue una sierra mecánica inventada por Guillermo Newberry, quien la presentó en Londres en 1809; pero su uso no comenzó a generalizarse hasta 1850. Hoy abundan en el mercado las sierras mecánicas, con gran variedad de tipos y características, según la diversidad de trabajos a que se destinen.
En los talleres de carpintería o ebanistería las sierras más usuales son las que se mencionan a continuación:

Sierra circular

Esta máquina se utiliza para aserrar longitudinal y transversalmente, y para seccionar toda clase de maderas.
Consiste en un disco plano dentado en un eje de rotación, dispuesto por debajo de una mesa, de modo que sobresalga parte del disco, que es la sierra circular propiamente dicha.
Regulada la posición de la guía, con respecto a la sierra según la medida deseada, se puede dividir la madera en tablas sin necesidad de trazado, haciéndola avanzar apoyando en la guía.
La máquina sólo da superficies planas, puesto que es un plano el que engendra las superficies de aserrado.
La sierra circular puede tener un diámetro máximo de 400 mm y su espesor debe ser proporcional a su diámetro, para que la resistencia sea suficiente. Dicho grosor varía de: ø/300 a ø/200.

Sierra de calar

Esta máquina se usa para hacer calados, curvas estrechas y trabajos de talla.
En vez de cinta cerrada, usa una cinta recta, estrecha y de diente espeso. En el brazo superior hay un muelle y un carro movible, con una mordaza en la que se sujeta la sierra por su extremo superior; y debajo de la mesa se halla otro dispositivo con mordaza, que sujeta el extremo inferior. Una excéntrica comunica a la sierra con el muelle un

movimiento de vaivén de arriba abajo.

Sierra de cinta

Esta máquina consta, en líneas generales, de dos volantes de 90 cm de diámetro, los cuales mueven la sierra de cinta que por ellos se desliza. La cinta atraviesa la mesa en la que se coloca la madera que se debe aserrar. Una manivela y un tornillo aseguran el recto funcionamiento del volante superior. Debajo del volante inferior hay un foso para la colocación de la máquina y para depósito de aserrín. Cinta y volantes tienen carcasas de protección.
El volante superior puede mantenerse más o menos vertical, por medio de una manija que actúa sobre el eje.
Cuando la sierra tiene todo el ancho, el volante ha de estar exactamente vertical. A medida que se estrecha la sierra, tiende a salir del volante; esto se remedia desnivelando el eje mediante la manija.
Se puede aserrar a mesa libre o con soporte. Se sierra a mesa libre para trocear tablones, piezas planas, o para seguir en una tabla cortes curvos. Cuando hay que dar cortes de igual anchura, se emplea un soporte especial, el cual se sujeta a la mesa por medio de un tornillo y a la distancia que convenga de la sierra.
Para cortar una serie de tablones con un corte determinado, evitar el movimiento y empuje de la madera y realizar un corte perfecto se emplea otra clase de soporte, que lleva además unos rodillos estriados encargados de empujar la madera.

Curvado

La popularización de este método tuvo lugar entre los años 1860 y 1911, gracias al alemán Michael Thonet. Desde ese período se recuerda a las sillas Thonet como un ejemplo de alta producción organizada en base a una tecnología específica de la madera.
El curvado se realiza mediante la aplicación de vapor de agua. De esta forma la humedad absorbida por la madera otorga propiedades de flexibilidad, permitiendo que adopte una forma curva. Este proceso se lleva a cabo mediante moldes.
Obtenida la forma en el molde, se quita la humedad mediante corriente de aire caliente. Una vez seca, se retira del molde manteniendo su nueva forma.
El curvado se utiliza actualmente muy poco debido a su alto costo de mano de obra. De todas maneras, algunos países como Escandinavia siguen utilizando este proceso para fabricar mobiliario de alta calidad estética.

Encolado

A modo de ejemplo, la calidad de un tablero depende sobre todo de la capacidad de resistencia de las colas. El encolado se realiza con colas a base de caseína, albúmina, o de resinas especiales que garantizan, además de su adhesión, la resistencia al agua y a la humedad. Los encolados suelen hacerse según estos sistemas: en húmedo, en frío, en caliente y en seco.
Encolado en húmedo, se obtienen las chapas antes de que el tronco se haya secado, para evitar a la masa leñosa las alteraciones derivadas del secado: grietas, caída de nudos muertos, etcétera. Este sistema es económicamente bueno, pero técnicamente malo. Produce contrachapados deficientes pues, al secarse el material, los deforma notablemente y reduce el poder adhesivo de las colas. Además resultan muy frágiles, y no soportan bien los esfuerzos de flexión. Las colas usadas son las de caseína o de albúmina de sangre. Por tales motivos, los tableros encolados en húmedo sólo se

emplean en embalajes y producciones desechables.
Encolado en frío, consiste en unir varias chapas de madera seca con un grado de humedad que no sea superior al 15%. Se utilizan las mismas colas, que fraguan a las 6 horas del encolado. Este sistema se usa poco porque, durante el encolado a presión, se pueden producir grietas en las zonas huecas de las partes.
Encolado en caliente, da mucho mayor resultado que los procedimientos anteriores. Se realiza en un tiempo muy breve, aproximadamente en un minuto de presión por cada mm de espesor. Bajo la presión de potentes prensas hidráulicas, los paneles quedan fuertemente unidos; de ahí que, trabajando con materiales de calidad, el contrachapado que se obtenga será óptimo.
Encolado en seco, es el mejor sistema para conseguir buenos resultados de las maderas encoladas. Se puede realizar con colas líquidas de caseína, con colas de resinas fenólicas y con colas fenólicas de film. La operación se verifica en dos tiempos: se untan las hojas con cola líquida, y se dejan secar al aire hasta que la humedad de la madera no pase del 10 al 12%. Colocadas unas sobre otras, las chapas que han de componer el tablero se llevan a la prensa, y se comprimen en caliente de 120 a 130ºC. Disuelta la cola con el calor, las chapas quedan perfectamente encoladas. Para el encolado con film (papel delgadísimo con un peso de 20 a 25 gr/m^2 previamente impregnado de cola) no hay necesidad de dar cola; basta intercalar la cola de film entre una y otra hoja, o entre dos piezas que encolar de madera seca (con humedad no superior al 7 u 8%), y pasar las maderas a la prensa con temperatura aproximada a los 140ºC, donde se verifica un encolado muy resistente y garantizado contra la humedad. El encolado en seco mediante colas de film permite preparar compensados de 1 y 2 mm con dos o más chapas cruzadas, operación que sería prácticamente imposible con colas líquidas o de acción directa.

Presiones de encolado

Las presiones suelen variar según se trate de encolados en frío o en caliente: para los primeros serán de 6 a 12 kg por m^2, y para los últimos suelen ser de 12 a 20 kg por cm^2; con temperaturas superiores a los 60º C.

Espigado

Espigadora

La espigadora, como su nombre lo indica, es una máquina con la que se hacen espigas en el extremo de las piezas. Esta máquina no sólo permite hacer espigas sencillas, sino también dobles y aun sacarlas con sus contramolduras.
La espigadora consta de los siguientes elementos:
1. Una sierra circular para cortar el sobrante de las piezas.
2. Un juego de cuchillas y serretas, para hacer la espiga, con dos carros provistos de volantes para subirlas y bajarlas, y para acercarlas o apartarlas.
3. Tupí, formado por el árbol y los platos en que pueden ponerse herramientas variadas (cuchillas de molduras o contramolduras, sierra oscilante, etc.), con volantes para doble movimiento.
4. La mesa con su carro que se desliza sobre las guías, provisto de una prensa para sujetar las piezas y de un volante para inclinar dicha mesa.

Funcionamiento

1. Se marcan en una de las piezas las líneas que determinan el largo y el grueso de las espigas.
2. Se adelanta el carro de la mesa con la pieza, y se gradúa la sierra circular, acercándola o separándola lo suficiente para que pueda dar exactamente el corte de largo.
3. Se acerca o separan las cuchillas según el grueso

de las espigas. Para esto es necesario también adelantar la mesa con la pieza.
4. Preparada la herramienta y dejando inmovilizado el tupí, se vuelve el carro a su sitio; se sujeta la pieza con la prensa y se asegura el tope según el largo de la pieza.
5. Se pone en marcha la máquina, y poniéndose el operario detrás del carro, con ambas manos lo va adelantando poco a poco hasta terminar la espiga.
6. Se hace retroceder el carro, se afloja la prensa y se sustituye la pieza por otra, para seguir sacando espigas.
Doble espiga: para producirla se utiliza el tupí con la sierra oscilante. Esta, como su nombre lo indica, es una sierra circular colocada en un dispositivo especial que, al girar sobre su eje, oscila describiendo un arco prefijado, y obteniendo de este modo ranuras y rebajos.
La sierra oscilante con aparato graduador consta de varios anillos, uno de ellos con una escala de milímetros y una arandela graduada con un indicador. Para dar a la sierra la inclinación necesaria, basta situar el indicador de la arandela junto al número de la escala. Si por ejemplo hay que hacer una ranura de 18 mm colocaremos el indicador junto al número 9.
Para hacer la doble espiga: la sierra circular corta el sobrante; el juego de cuchillas trabaja de la misma forma que cuando produce una sola espiga del grueso total; y la sierra oscilante vaciará la ranura que debe quedar entre ambas espigas.

Fresado

Fresadora vertical (Tupí)

Una de las máquinas de más utilidad por sus múltiples aplicaciones es la llamada tupí; pero es al mismo tiempo una de las más peligrosas, porque no es fácil ponerle protecciones, puesto que, al trabajar comúnmente de 4.000 a 8.000 RPM, la herramienta escapa a la vista, lo que da lugar a imprudencias de consecuencias fatales.
Entre los muchos trabajos que puede realizar el tupí citaremos: machihembrar, aserrar con sierras circulares y oscilantes, hacer molduras y espigas, moldurar columnas, hacer lazos, moldurar piezas de doble curvatura, etcétera.
Para machihembrar se emplea una fresa para hacer el canal. Para lograr la altura debida se introducen antes en el árbol algunos anillos; se coloca encima la fresa a la altura conveniente y sobre ella los anillos que hagan falta para que se pueda ubicar el tapón que luego se aprisiona con la contratuerca del árbol.
Para hacer el listón se emplean dos fresas. Se colocan a la debida distancia una de otra, según el grueso del listón; esta separación se logra con arandelas de las que hay gran variedad, desde 0,2 mm a 15 mm de grueso.
Cuando se hacen trabajos por remesa, además de los soportes (como en todas las máquinas), se utilizan unas herramientas llamadas dediles, que sirven para sujetar las piezas mientras el operario las va empujando.
Existen varias cuchillas para moldurar: unas planas, otras en forma de fresa.
Existen gran variedad de cuchillas, con las que se pueden hacer molduras de todo tamaño y de toda clase de perfiles: vierteaguas, listones de persiana, entre otros.

Fresadora para colas de milano

Esta máquina permite fresar no solamente colas de milano de todo tipo, sino también ranuras, lengüetas, espigas, etc., con ayuda de determinados utilajes adicionales; y hace posible el máximo rendimiento de una máquina de un mandril, sin necesidad de mano de obra especializada.
La fresa para hacer colas de milano es una broca que tiene más diámetro en la cabeza que en el arranque, o sea, en forma de cola de milano. Según

el grueso de la madera será la broca que se utilice; cuanto más delgada sea la madera, menor será el diámetro de la broca.
En la parte posterior de la fresa se coloca el peine o divisor, según la medida de las colas de milano. Según la profundidad de la fresa se obtendrán colas de milano semicubiertas o abiertas.
Para hacer colas de milano semicubiertas, se coloca en la guía vertical la pieza del costado, con la cara interior hacia delante. A continuación se coloca en la guía horizontal la pieza del frente, con la cara interior hacia arriba y en contacto con el costado, y la cara rasante con la testa del mismo.
Se gradúa la profundidad de la fresa, la cual será menor que el grueso del frente, pues se trata de colas de milano semicubiertas; y se coloca el peine correspondiente, fijándolo adecuadamente según el grueso del costado.
Puesta en marcha la máquina se toma con ambas manos por las empuñaduras, de modo que vaya siguiendo la línea del peine.
Para hacer colas de milano abiertas se procede igual, con la única diferencia que la profundidad de la fresa será igual al grueso del frente.

Lijado

Para terminar los trabajos se empleará la máquina lijadora que realiza a la vez las operaciones de pulir y lijar.

Lijadora de cinta

Los elementos principales de la lijadora son:
La mesa, que es de madera, con capacidad para piezas de 2,50 x 1 m, con tope movible. Va montada sobre dos carriles, y puede moverse de adelante hacia atrás, tirando de una barra que lleva en su delantera; un volante levanta o baja la mesa lo que sea necesario.
Sobre volantes sostenidos en los pies de la bancada se desliza la cinta de papel de lija, de 12 a 30 cm de ancho, que en su recorrido superior descansa en parte sobre una repisa para impedir que se combe.
Sobre una barra central hay un aparato a modo de carro movible con una zapata para presionar durante la operación de lijar.
El eje del volante de la derecha puede correr entre dos topes; para tensarlo va provisto de un contrapeso y tiene una prolongación de madera para lijar piezas curvas.
El volante de la izquierda va provisto de una campana que, mediante un aspirador, absorbe el polvo o aserrín, que deposita en un saco.

Lijadora orbital

Estas lijadoras existen solamente para uso manual, y básicamente consisten en producir un movimiento orbital circular de hasta una carrera de 8 mm.

Limado

El limado es una operación mediante la cual se arranca material de una pieza, con el fin de dejarla en la forma y dimensión requeridas.
Para el desbaste se utiliza la escofina; para el pulido grueso, la lima.
Los diversos tipos de limas y escofinas se clasifican según la forma del cuerpo, el tipo y el corte de los dientes. Existen las de media caña, redondas, triangulares, planas y cuadradas. La clasificación del corte se basa en la cantidad de dientes por centímetro cuadrado, que puede variar de 6 a 150. Las más utilizadas para la madera son semejantes a las usadas para los metales. Se diferencian sólo en los dientes, que forman resaltes de posición inclinada para no producir rayados desiguales en la superficie.

Moldurado

Máquina de moldurar y machihembrar
La máquina de moldurado, compuesta por la combinación entre cepilladora y tupí, puede emplearse indistintamente para los trabajos de cepillado (tablas machihembradas, listones, etc.) y para hacer toda clase de molduras rectas.
Los elementos principales de la máquina son: cuatro ejes portacuchillas, dos horizontales que sirven para cepillar y regruesar y dos verticales que hacen de tupí; cuatro rodillos para avanzar las piezas: los dos inferiores lisos y los dos superiores estriados; y varios prensores verticales y horizontales, dispuestos frente a cada eje portacuchillas para evitar que la pieza vibre.
La máquina lleva tres o más velocidades de avance, el cual se realiza por medio de una caja de engranajes sin tener que parar el motor para cambiar dicha velocidad.
Esta máquina sólo se emplea para la fabricación de grandes series de un mismo perfil, ya que su preparación es muy laboriosa y de mucha precisión.

Mortajado

Las mortajas y las escopleaduras se hacen a máquina mediante las taladradoras mecánicas. El mortajado consiste en perforar la pieza de madera conformando un hueco (llamado caja), que puede ser pasante o no, que posteriormente servirá para unir en forma de caja y espiga a otra pieza.

Prensado

Para realizar enchapados de grandes superficies y trabajos en serie se utilizan las prensas.
Hay prensas de varias clases y formas. En líneas generales, constan de un sólido bastidor o chasis de acero, con dos plataformas o platos de madera asentadas en vigas también de acero; una fija y la otra móvil, y un dispositivo para accionar la plataforma móvil y prensar.

Prensa hidráulica

La prensa hidráulica de enchapar tiene un plato de medidas útiles de 240 x 110 x 60 cm. El plato superior es fijo; el inferior, móvil; la palanca de mando sirve para levantar el plato móvil. Un manómetro indica la fuerza que desarrolla. El plato inferior está sostenido por cuatro tornillos con volantes de contratuerca que permiten, una vez hecha la prensada, sujetar el plato a la presión debida, descargando la presión hidráulica de los cilindros.
Otros modelos tienen las plataformas dispuestas al revés: la fija en la parte inferior y encima la móvil, que se acciona por medio de un husillo con su volante a mano. En estas prensas, por regla general, la plataforma móvil está constituida por tres plataformas iguales, contiguas y con movimiento independiente.

Regruesado

El regruesado se realiza con la máquina regruesadora, también llamada cepillo de grueso. Comúnmente en nuestro país se las denomina cepilladoras.
Una vez planeados (en garlopa) al menos una cara y un canto de la madera, recién se pasa a operar en la regruesadora.
Esta máquina produce el cepillado de la madera, dejándola con el grueso y ancho que se desea.
Consta de una mesa móvil, cuya altura se gradúa por medio de una manivela y según un indicador situado en el frente.
Al contrario de la cepilladora (garlopa), el aparato portacuchillas está en la parte superior. Sobre él hay una tapa protectora, que sirve al mismo

tiempo para despedir hacia adelante la viruta.
Cuatro rodillos se encargan de mover y deslizar las piezas: dos en la parte delantera y dos detrás; uno de ellos en la parte superior y el otro, en la inferior. El delantero superior tiene estrías en espiral, para obligar a la pieza a contrarrestar el empuje de las cuchillas.
Esta máquina tiene doble juego de transmisión: uno superior para las cuchillas y otro inferior, con una caja de velocidades distintas, que corresponde al juego de rodillos. Este último se regula con la palanca de embrague.

Taladrado

Las escopleaduras y mortajas se hacen a máquina mediante las taladradoras mecánicas.
Las hay de tres clases: taladradoras de broca, de cadena y de fresa vibratoria. Las primeras hacen las escopleaduras mediante una serie de agujeros hechos a broca; las segundas, mediante una cadena cuyos eslabones son cuchillas; y las terceras, con una fresa vibratoria graduable.

Taladradora de broca

En líneas generales, consta de dos cuerpos independientes.
El taladro o broca está sujeto a su portabrocas, el cual va fijado directamente al motor.
La mesa o platina, con un volante para subirla o bajarla, y una prensa de tornillo articulado para sujetar las piezas durante el trabajo. Esta mesa se desliza con rapidez en los carros mediante dos palancas: una palanca la acciona en sentido longitudinal y otra, en sentido transversal.

Taladradora de cadena

Esta máquina es mucho más ventajosa en la realización de escopleaduras que la descrita anteriormente, debido a su rapidez y al escuadrado en los extremos de las escopleaduras. Como ya se ha dicho, los eslabones de la cadena son cuchillas que sustituyen el trabajo realizado por la broca.
En líneas generales, consta de dos carros: el de la cadena, que se acciona mediante una palanca; y el de la mesa, movible en varios sentidos gracias a los diversos volantes y manivelas de que está dotado.

Taladradora con fresa vibratoria

La máquina es muy similar a la taladradora de broca, pero ésta se sustituye por una fresa.
Con esta máquina se obtienen escopleaduras y mortajas rectangulares y completamente rectas en el fondo, gracias al movimiento vibratorio de su fresa. Mediante este sistema de taladro se consiguen escopleaduras de 1 mm de ancho.

Torneado

El torneado de piezas cilíndricas, cónicas, esféricas, patas para sillas y mesas, rosetones, y un sin fin de productos varios, se realizan con el torno.

Torno

El torno común consta de una bancada, en uno de cuyos extremos se encuentra el cabezal con un juego de poleas para alcanzar diversas velocidades, y el plato con el punto de estrella.
En el otro extremo tiene un carro móvil, con una manivela que adelanta o retira un cilindro con punta cónica, llamado punto, el cual se fija mediante un tornillo y una contratuerca con otro tornillo en la base para sujetarlo en la bancada.
En medio se halla un soporte movible. Las herramientas para tornear son: los formones, escoplos, puntas, gubias, etc., de varios anchos: unas para desbastar, otras para pulir, otras para realizar trabajos específicos, y más reforzadas según el

trabajo que deben hacer.
Estos tornos realizan sus operaciones a altas revoluciones (> 700 RPM).

Tratamientos superficiales

El acabado o tratamiento superficial de la madera es el trabajo final que se realiza en toda pieza de carpintería o ebanistería.
El acabado de las superficies es hoy una de las preocupaciones más importantes en el diseño de la madera; y ello es debido a razones técnicas y de estética.

Ante todo, debe protegerse la madera contra toda influencia exterior que pueda perjudicarla. Debe impedirse la penetración del polvo y de la suciedad en los poros de la madera, y el movimiento debido a los cambios de temperatura, mediante el tratamiento con pinturas u otras materias afines. Estos recubrimientos protectores, que no influyen en absoluto sobre la estructura de la madera, aumentan la duración de la puerta, ventana, mesa, armario, etc., y facilitan el conservado de su buen aspecto. Tales tratamientos protectores consisten en manos de pintura, barniz, cera, etc., que, además de proteger la madera, realzan las características estéticas del producto.
En los párrafos siguientes se desarrollarán los tratamientos que otorgan estética superficial específicos de la madera.

Encerado

El encerado, como la palabra evidencia, refiere a la aplicación de cera.
Las ceras son cuerpos muy parecidos a las resinas y grasas, formados por secreciones no asimilables de los vegetales y animales. Están constituidas por ésteres de ácidos grasos, alcoholes y ácidos libres, e hidrocarburos de elevado punto de fusión.
Las ceras sirven para dar brillo a los productos, y preservar la madera. Es aconsejable su uso para objetos que no deban llevar mucho brillo, para superficies planas y grandes, para tallas, para calados, etcétera.
Existen tres clases de ceras principales: animales, minerales, y vegetales; cada una de ellas tiene sus propiedades particulares.

Cera animal, llamada también cera virgen, que es la más conocida, es una secreción de las abejas, y forma la parte sólida del panal. Para su uso, una vez quitada la miel, se lava con agua caliente, luego se derrite, y se recoge en panes. Esta cera natural es amarilla; si se quiere decolorarla, se emplea agua oxigenada o un sistema más sencillo que consiste en exponer al sol la cera en virutas.

Ceras blandas naturales, resultan bastante costosas; por eso sólo se emplean cuando en el encerado de madera blanca quiera evitarse el tinte amarillento de la cera natural. Suele ser muchas veces una equivocación creer que las ceras blancas son ceras vírgenes, ya que, generalmente, son las más falsificadas. Si se quiere conocer la pureza de las ceras, bastará derretirlas en agua caliente; la cera permanecerá en la superficie y los demás componentes se irán al fondo.

Ceras minerales, proceden particularmente de los subproductos de la destilación del petróleo, y se conocen con el nombre de ceresinas, su nombre técnico es el de ozoqueritas; su coloración es parda. Estos productos, una vez refinados, pasan del color pardo a un amarillo semejante al de la cera animal, pero más traslúcida.

Ceras vegetales, la más conocida es la carnauba, que procede del Brasil. Es muy dura; para fundirla, se ha de poner en esencia de trementina calentada al baño María. En la preparación, la cera

se disuelve en esencia de trementina o aguarrás. También puede usarse como disolvente el benzol o el aceite de linaza en igual proporción.

Mordentado con cera

Es el procedimiento por el que, empleando mordientes de cera, se efectúan en una sola fase las operaciones de teñir y encerar la madera. Suele emplearse para los trabajos corrientes, y tiene la ventaja de no levantar los poros de la madera y de reducir considerablemente el tiempo. La cera teñida puede adquirirse en el comercio, en gran variedad de colores.

El mordiente de cera consiste en una mezcla de potasa y cera de abejas blanqueada. A esta mezcla, una vez fría, se le añaden los colorantes de alquitrán disueltos en agua templada. Para aumentar la acción del mordiente sobre la madera y la intensidad del color, se añade a la mezcla un poco de amoníaco.

En la práctica, al tener que aplicar a una madera betún de Judea y cera, se puede abreviar la operación preparándose aparte el betún y la cera. Sobre la cera líquida se va dejando caer el betún disuelto, hasta que alcance la coloración que se desee. Bastará entonces aplicar a la madera la cera así preparada, sin necesidad de teñirla con anterioridad.

Para el encerado debe lijarse finamente, para luego aplicar la cera en caliente. Se extiende la cera, con brocha, pincel, o esponja, y luego se frota con la mano. Con esto se consigue que se extienda bien, y que penetre en los poros de la madera. Pasadas unas 12 horas, se frota fuertemente con trapo hasta obtener un brillo discreto y uniforme. El trabajo está concluido cuando puede aplicarse una segunda mano sin que la superficie de la madera se exceda de cera.

Para lograr una mayor duración del encerado se recubre con una mano de barniz.

Pulido

Es indispensable pulir bien las piezas de madera antes de proceder a cualquier tratamiento superficial, por ser la base del acabado.

Pulir una pieza es someterla a operaciones que hagan desaparecer todas las asperezas, astillas, y el menor defecto que pueda repercutir en las operaciones posteriores.

El pulido puede efectuarse a mano mediante el cepillo de pulir, las cuchillas y el papel de lija; o bien a máquina, mediante las lijadoras, sean o no portátiles.

Las operaciones de pulir no serán siempre iguales, dependen principalmente de tres factores:

1. La importancia del trabajo.
2. La clase de madera.
3. La clase de tratamiento que deba llevar.

De esta manera, por ejemplo, no será igual el pulido de una mesa de cocina, que la de un escritorio; el de una madera de pino, que el de una de nogal; y el de un pintado, que el de un barnizado.

Teñido

Teñir una madera es darle una coloración distinta de la que tiene, lo cual se obtiene por medio de tintes. Se da tinte a un mueble para otorgarle el color de la madera, para ocultar algún defecto, para igualar las diferencias de tonalidad que puede presentar una misma pieza y para darle más vistosidad.

El teñido modifica el color de las maderas, pero no cambia el aspecto de las fibras. Se obtiene este resultado tiñendo superficialmente las maderas, o inyectando el líquido a presión sobre la masa, sistema que rara vez se utiliza.

Los tintes se preparan por medio de las materias colorantes, disueltas en un disolvente.

Pueden ser naturales o artificiales, y de productos químicos, como el bicromato de potasa, minio, etcétera. Desde hace algunos años los colorantes artificiales van suplantando los colorantes naturales.
Como disolventes se emplean: agua, alcohol, aguarrás, benzol, bencina, aceites, etc., teniendo en cuenta que cada colorante necesita su disolvente propio.
Un mismo tinte no da a todas las maderas la misma coloración, ya que ésta depende no sólo del tinte, sino también del color que tiene la madera que se tiñe y de las reacciones químicas que se puedan producir.
Las maderas de árboles frondosos son más fáciles de teñir que las de resinosas; y serán más aptas las de vasos vacíos, pequeños, numerosos y uniformemente esparcidos, que las de vasos grandes, y escasos o rellenos.
Respecto de la aptitud de teñido, se pueden clasificar en tres grupos:
1. Muy teñibles: álamo, almendro, abedul, arce, tilo, peral, etcétera.
2. Poco teñibles: castaño, fresno, haya, plátano, sicómoro, etcétera.
3. No teñibles: las maderas resinosas y las extremadamente duras.
Es importante saber que la testa absorbe más rápido y mayor cantidad de tinte que la sección longitudinal; y la albura, más que el duramen.

Mordientes

Ciertas materias colorantes producen los tintes deseados, por simple aplicación. Otras, por el contrario, exigen el empleo preferente de un mordiente, que sirve para fijar los colores naturales o químicos.
Para esta operación, llamada mordentado, se utilizan productos que, aplicados sobre la madera, le proporcionan la propiedad de fijar los colores y volverlos más sólidos, facilitando su penetración.
Los mordientes son más eficaces cuando se aplican en caliente; pero esta operación exige ciertas precauciones, especialmente cuando se trata de partes enchapadas, ya que se pueden producir globos.
Por el modo de actuar se distinguen dos tipos de mordientes:
1. Mordentado químico.
2. Mordentado de color.

El mordentado químico no lleva adición de colorantes. El tinte se produce sobre la misma madera, por la combinación del ácido tánico (tanino) con sales metálicas. El tono e intensidad del color obtenido depende de la sal metálica empleada, de la concentración de la misma, y del ácido tánico.
El mordentado de color, (mordiente de agua). Los mordientes de color tienen el inconveniente de que muchas veces no se adhieren bien a la superficie de la madera, lo que se corrige añadiéndoles algo de amoniaco, que los hace penetrar con más facilidad. La palabra mordentado debería sustituirse por la de teñido, ya que lleva adición de colorante.
En esta clase de mordientes al agua, antes de su aplicación sobre las partes que han de teñirse, es aconsejable limpiar éstas de toda mancha o impureza, y además darles un mordentado previo con ácido tánico, para conseguir colocaciones uniformes.
El tinte con mordientes de agua no posee las buenas cualidades del mordentado químico.
Se recurre a los mordientes de color cuando no se trata tan sólo de obscurecer el color natural de la madera, sino que además quiere dársele un tono de diferente color.

Tintes

Los tintes más usados son el baño de nogal, betún de Judea, tintes rojizos, tinte negro, gris plateado

y azul, entre otros.

Betún de Judea, es una tintura que da a las maderas una entonación parecida al nogal. Se vende en forma sólida; y, una vez triturada, se prepara a base de benzol, o en su defecto, bencina. Betún de Judea 150 gr Benzol 1 litro. El betún de Judea se da también a las maderas de fibras plateadas: roble, haya, fresno, etc., para dar más realce y vistosidad a la fibra.

Tintes rojizos, unos sirven para dar coloración a las maderas de color pálido (pino, chopo, etc.), y otros para acentuar la tonalidad de las maderas rojas (caoba, cerezo, ukola, samanguila, etc.).

Tinte negro, se utiliza el extracto de palo de campeche; pero como su coloración es algo rojiza, es preferible preparar antes la madera.

Tinte gris, las maderas del país (de color pálido) admiten una coloración gris muy vistosa, con un baño a base de la mezcla siguiente:

Azul de Prusia	10 gr
Bencina	1.030 gr
Blanco de plata	12 gr
Negro	14 gr
Plata en polvo	300 gr

Tinte azul, puede obtenerse sometiendo la madera a baños sucesivos de una disolución de nitrato de cobre y, una vez seca, una de sosa Solvay o carbonato de sosa: la primera a razón de 10 gr de nitrato de cobre por litro de agua, y la segunda a razón de 25 gr de carbonato de sosa por litro de agua. Se repiten las manos cuantas veces sea necesario, hasta obtener la tonalidad que se desea.

Oscurecimiento del nogal, sumergiendo nogal claro en una solución de permanganato de potasa al 5 ó 6%, recibe una tonalidad oscura que tiene semejanza con el nogal de la India.

Oscurecimiento del roble, este roble obtiene un tono más oscuro sometiéndolo a repetidos baños de amoníaco.

Imitación de la caoba con cualquier madera. Se somete separadamente la madera a varios baños, según la intensidad que se quiera obtener:
1. Solución acuosa de cloruro de titanio al 2%.
2. Solución alcohólica de tanino al 5%. (Para aplicar otra capa debe estar bien seca la anterior).
Los tintes se aplican con brochas o pinceles de mayor o menor tamaño, según la superficie que se ha de teñir.
Se extiende el tinte de modo uniforme, en la dirección de la fibra, procurando que no queden huellas de la aplicación. Los defectos se corrigen con material absorbente.

Aleaciones metálicas

La aleación metálica es una sustancia compuesta por dos o más metales. Las aleaciones, al igual que los metales puros, poseen brillo metálico y conducen bien el calor y la electricidad, aunque por lo general no tan bien como los metales con los que están formadas. Las sustancias que contienen un metal y ciertos no metales, particularmente las que contienen carbono, también se llaman aleaciones. La más importante entre estas últimas es el acero. El acero de carbono simple contiene aproximadamente un 0,5% de manganeso, hasta un 0,8% de carbono, y el resto de hierro.

Variedades

Una aleación puede ser un compuesto ínter metálico, una disolución sólida, una mezcla íntima de cristales diminutos de los elementos metálicos constituyentes o cualquier combinación de disoluciones o mezclas de los mismos. Los compuestos ínter metálicos como $NaAu_2$, CuSn y $CuAl_2$, no siguen las reglas ordinarias de valencia y son por lo general duros y frágiles, aunque las últimas investigaciones han aumentado la importancia de estos compuestos. Las aleaciones tienen normalmente puntos de fusión más bajos que los componentes puros. Una mezcla con un punto de fusión inferior al de otra mezcla cualquiera de los mismos componentes se llama mezcla eutéctica. El eutectoide, o fase sólida análoga del eutéctico, suele tener mejores características físicas que las aleaciones de proporciones diferentes.

Propiedades

Con frecuencia, las propiedades de las aleaciones son muy distintas de las de sus elementos constituyentes y algunas de ellas, como la fuerza y la resistencia a la corrosión, pueden ser considerablemente mayores en una aleación que en los metales por separado. Por esta razón se suelen utilizar más las aleaciones que los metales puros. El acero es más resistente y más duro que el hierro forjado, que es prácticamente hierro puro, y se usa en cantidades mucho mayores. Los aceros aleados, que son mezclas de acero con metales como cromo, manganeso, molibdeno, níquel, volframio y vanadio, son más resistentes y duros que el acero en sí, y muchos de ellos son también más resistentes a la corrosión que el hierro o el acero. Las aleaciones pueden fabricarse con el fin de que cumplan un grupo determinado de características. Un caso importante en el que son necesarias unas características particulares es el diseño de cohetes y naves espaciales y supersónicas. Los materiales usados en estos vehículos y en sus motores deben pesar poco y ser muy resistentes y capaces de soportar temperaturas muy elevadas. Para soportar esas temperaturas y reducir el peso total, se han desarrollado aleaciones ligeras y de gran resistencia hechas de aluminio, berilio y titanio. Para resistir el calor generado al entrar en la atmósfera de la Tierra, en los vehículos espaciales se están utilizando aleaciones que contienen metales como el tántalo, niobio, volframio, cobalto y níquel.
En los reactores nucleares se utiliza una amplia gama de aleaciones especiales hechas con metales como berilio, boro, niobio, hafnio y circonio, que absorben los neutrones de una forma determinada. Las aleaciones de niobio-estaño se emplean como superconductores a temperaturas extremamente bajas. En las plantas de desalinización se usan

Cuadro 11. ALEACIONES METÁLICAS				
ALUMINIO (BASE)	Al magnesio (Magnalium)			
	Duraluminio			
	Hidronalium			
	Siluminios			
COBRE (BASE)	**Bronces**	Decoración		
		Maleables		
		Mecánicos		
		Especiales	Al aluminio	
			Al fósforo	
			Al manganeso	
	Latón	1ª Categoría o maleable en frío		
		2ª Categoría de tornear o de decolletaje		
HIERRO (BASE)	**Aceros**	**Baja aleación**		
		Inoxidables	Austeníticos	
			Dúplex Austeníticos (Ferríticos)	
			Endurecibles por precipitación	
			Ferríticos	
			Martensíticos	
			Resistentes a la corrosión de bajo costo	
		Refractarios		
		Resistentes al desgaste	Acero de baja aleación de aluminio	
			Acero de alto manganeso (Hadfield)	
			Aceros de baja aleación	Acero de herramienta
				Acero grafítico
		Súper aleación	Incoloy	
	Fundiciones	**Media y baja aleación**	Fundición blanca común	
			Fundición gris	
			Fundición gris nodular	
			Fundición resistente al calor	
			Fundición vernicular	
		Alta Aleación	Fundición blanca Ni-Hard	
			Fundición blanca Ni-Resist	
			Fundición de alto contenido de silicio	
HIERRO (ALEANTE)	**Súper aleaciones**	Hastelloy		
		Inconel		
		Nimonic		
		Stellite		
MERCURIO (BASE)	**Amalgamas**	Aleantes: metales comunes excepto hierro y platino		

aleaciones especiales de cobre, níquel y titanio, diseñadas para resistir los efectos corrosivos del agua salina hirviendo.

Preparación

Históricamente, la mayoría de las aleaciones se preparaban mezclando los materiales fundidos. Más recientemente, la pulvimetalurgia ha alcanzado gran importancia en la preparación de

aleaciones con características especiales. En este proceso se preparan las aleaciones mezclando los materiales secos en polvo, prensándolos a alta presión y calentándolos después a temperaturas justo por debajo de sus puntos de fusión. El resultado es una aleación sólida y homogénea. Los productos hechos en serie pueden prepararse con esta técnica abaratando mucho su costo. Entre las aleaciones que pueden obtenerse por pulvimetalurgia están los cermets. Estas aleaciones de metal y carbono (carburos), boro (boruros), oxígeno (óxidos), silicio (siliciuros) y nitrógeno (nitruros) combinan las ventajas del compuesto cerámico, estabilidad y resistencia a las temperaturas elevadas y a la oxidación, con las ventajas del metal, ductilidad y resistencia a los golpes. Otra técnica de aleación es la implantación de ión, que ha sido adaptada de los procesos utilizados para fabricar chips de ordenadores o computadoras. Sobre los metales colocados en una cámara de vacío se disparan haces de iones de carbono, nitrógeno y otros elementos para producir una capa de aleación fina y resistente sobre la superficie del metal. Bombardeando titanio con nitrógeno, por ejemplo, se puede producir una aleación idónea para los implantes de prótesis.

La plata fina, el oro de 14 quilates, el oro blanco y el platino iridiado son aleaciones de metales preciosos. La aleación antifricción, el latón, el bronce, el metal Dow, la plata alemana, el bronce de cañón, el monel, el peltre y la soldadura son aleaciones de metales menos preciosos. Debido a sus impurezas, el aluminio comercial es en realidad una aleación. Las aleaciones de mercurio con otros metales se llaman amalgamas.

Aleaciones de aluminio (base)

Aplicaciones

Un volumen dado de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero. Los únicos metales más ligeros son el litio, el berilio y el magnesio. Debido a su elevada proporción resistencia-peso es muy útil para construir aviones, vagones ferroviarios y automóviles, y para otras aplicaciones en las que es importante la movilidad y la conservación de energía. Por su elevada conductividad del calor, el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna. Solamente presenta un 63% de la conductividad eléctrica del cobre para alambres de un tamaño dado, pero pesa menos de la mitad. Un alambre de aluminio de conductividad comparable a un alambre de cobre es más grueso, pero sigue siendo más ligero que el de cobre. El peso tiene mucha importancia en la transmisión de electricidad de alto voltaje a larga distancia, y actualmente se usan conductores de aluminio para transmitir electricidad a 700.000 voltios o más.

El metal es cada vez más importante en arquitectura, tanto con propósitos estructurales como ornamentales. Las tablas, las contraventanas y las láminas de aluminio constituyen excelentes aislantes. El metal se utiliza también en reactores nucleares a baja temperatura porque absorbe relativamente pocos neutrones. Con el frío, el aluminio se hace más resistente, por lo que se usa a temperaturas criogénicas. El papel de aluminio de 0,018 cm de espesor, actualmente muy utilizado en usos domésticos, protege los alimentos y otros productos perecederos. Debido a su poco peso, a que se moldea fácilmente y a su compatibilidad con comidas y bebidas, el aluminio se usa mucho en contenedores, envoltorios flexibles y botellas y latas de fácil apertura. El reciclado de dichos recipientes es una medida de conservación de la energía cada vez más importante. La resistencia del aluminio a la corrosión, al agua del mar, también lo hace útil para fabricar cascos de barco y otros mecanismos acuáticos.

Puede prepararse una amplia gama de aleaciones

Cuadro 12. CLASIFICACIÓN ALUMINIOS
Serie L-1XXX Metales ligeros y aleaciones madre
Grupo L-11XX Aluminio
Grupo L-13XX Magnesio
Grupo L-14XX Berilio
Grupo L-15XX Titanio
Grupo L-18XX Aleaciones madre de base aluminio
Serie L-2XXX Aluminio y aleaciones de aluminio para moldeo
Grupo L-20XX Aluminio
Grupo L-21XX Aleaciones (Al-Cu)
Grupo L-23XX Aleaciones (Al-Mg)
Grupo L-25XX Aleaciones (Al-Si)
Grupo L-26XX Aleaciones (Al-Si)
Grupo L-27XX Aleaciones (Al-Zn
Grupo L-29XX Aleaciones (Al-Sn
Serie L-3XXX Aluminio y aleaciones de aluminio para forja
Grupo L-30XX Aluminio
Grupo L-31XX Aleaciones (Al-Cu)
Grupo L-33XX Aleaciones (Al-Mg)
Grupo L-34XX Aleaciones (Al-Mg-Si)
Grupo L-35XX Aleaciones (Al-Si)
Grupo L-37XX Aleaciones (Al-Zn)
Grupo L-38XX Aleaciones (Al-Mn)
Grupo L-39XX Aleaciones (Al-Sn)
Serie L-5XXX Aleaciones de magnesio para moldeo
Grupo L-51XX Aleaciones (Mg-Al)
Grupo L-52XX Aleaciones (Mg-Zn)
Serie L-6XXX Aleaciones de magnesio para forja
Grupo L-61XX Aleaciones (Mg-Al)
Grupo L-62XX Aleaciones (Mg-Zn)
Grupo L-64XX Aleaciones (Mg-Mn)
Serie L-7XXX Aleaciones de titanio
Serie L-9XXX Aleaciones de berilio

de recubrimiento y aleaciones forjadas que proporcionen al metal más fuerza y resistencia a la corrosión o a las temperaturas elevadas. Algunas de las nuevas aleaciones pueden utilizarse como planchas de blindaje para tanques y otros vehículos militares.

Producción

La producción mundial de aluminio ha experimentado un rápido crecimiento, aunque se estabilizó a partir de 1980. En 1900 esta producción era de 7.300 tn; en 1938 de 598.000 tn, y en 1993 la producción estimada de aluminio primario era de unos 19 millones de toneladas. Los principales países productores son Estados Unidos, la antigua URSS, Canadá, China y Australia.

Aluminio al magnesio (Magnalium), aleación que forma el magnesio con el aluminio utilizada para la forja, se estableció su empleo en el periodo comprendido entre 1890 y 1910.
Duraluminio, recibe su nombre de la ciudad alemana de Düren, y es utilizado para la forja.
Hidronalium, usada para moldeo y en su composición química se encuentra el magnesio como aleante principal, mejorando las características de resistencia a la corrosión.
Siluminio, aleación de moldeo. Su principal avance se produjo en la segunda década de este siglo. Las aplicaciones en la construcción naval, aeronáutica, automovilismo, ferrocarriles, electricidad, pusieron los cimientos de la moderna industria del aluminio.

Aleaciones de cobre (base)

Aplicaciones y propiedades

Su punto de fusión es de 1.083°C, mientras que su punto de ebullición es de unos 2.567°C, y tiene una densidad relativa de 8,9 g/cm^2. Su masa atómica es 63,846.

El cobre ha sido utilizado para una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son la conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza. Debido a su extraordinaria conductividad, sólo superada por la plata, el uso más extendido del cobre se da en la industria eléctrica. Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, desde 0,025 mm en adelante. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4.200 kg/cm^2. Puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general: generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones.
A lo largo de la historia, el cobre se ha utilizado para acuñar monedas y confeccionar útiles de cocina, tinajas y objetos ornamentales. En un tiempo era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera para proteger el casco ante posibles colisiones. El cobre puede galvanizarse fácilmente como tal o como base para otros metales. Con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos (reproducción de caracteres de impresión).
La metalurgia del cobre varía según la composición de la mena. El cobre en bruto se tritura, se lava y se prepara en barras. Los óxidos y carbonatos se reducen con carbono. Las menas más importantes, las formadas por sulfuros, no contienen más de un 12% de cobre, llegando en ocasiones tan sólo al 1%, y han de triturarse y concentrarse por flotación. Los concentrados se funden en un horno de reverbero que produce cobre metálico en bruto con una pureza aproximada del 98%. Este cobre en bruto se purifica posteriormente por electrólisis, obteniéndose barras con una pureza

que supera el 99,9%.
El cobre puro es blando pero puede endurecerse posteriormente. Las aleaciones de cobre, mucho más duras que el metal puro, presentan una mayor resistencia y por ello no pueden utilizarse para fines eléctricos. No obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones más importantes son el latón, una aleación con cinc; y el bronce, una aleación con estaño. A menudo, tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. Ambos se emplean en grandes cantidades. También se usa el cobre en aleaciones con oro, plata y níquel, y es un componente importante en aleaciones como el monel, el bronce de cañón y la plata alemana. El cobre forma dos series de compuestos químicos: de cobre (I), en la que el cobre tiene una valencia de 1, y de cobre (II), en la que su valencia es de 2. Los compuestos de cobre (I) apenas tienen importancia en la industria y se convierten fácilmente en compuestos de cobre (II) al oxidarse por la simple exposición al aire. Los compuestos de cobre (II) son estables. Algunas soluciones de cobre tienen la propiedad de disolver la celulosa, por lo que se usan grandes cantidades en la fabricación de rayón. También se emplea el cobre en muchos pigmentos, en insecticidas como el verde de Schweinfurt, o en fungicidas como la mezcla de Burdeos, aunque para estos fines está siendo sustituido ampliamente por productos orgánicos sintéticos.

Bronces

Cualquiera de las distintas aleaciones compuestas sobre todo de cobre y estaño. Ni los bronces modernos ni los antiguos contienen sólo estos dos metales. Los griegos y los romanos añadieron cinc, plomo y plata a las aleaciones de bronce para usarlas en herramientas, armas, monedas y objetos de arte. El cinc, el plomo y otros metales se encuentran ocasionalmente en el bronce que se fabrica hoy. Los componentes del bronce varían; así, cuando contiene al menos un 10% de estaño, la aleación es dura y tiene un punto de fusión bajo. Los nombres de las variedades de bronce provienen de los componentes adicionales, como el bronce al aluminio, el bronce al manganeso y el bronce al fósforo. El bronce es más resistente y duro que cualquiera otra aleación común, excepto el acero, que lo supera en resistencia a la corrosión y facilidad de lubricación. El bronce moderno se utiliza en la fundición artística y en la fabricación de instrumentos sonoros.
Bronces para decoración, contienen de un 20 hasta un 30% de estaño y son empleados extensamente en fundición de campanas, estatuas y otros objetos de decoración.
Bronces maleables, con un contenido de estaño inferior al 9%, estos bronces se trabajan con facilidad por deformación en frío, y son blandos. Se emplean en construcción de piezas estampadas en frío, de pequeña resistencia. Son ampliamente usados en la acuñación de monedas y medallas.
Bronces mecánicos, los bronces con un contenido de 9 a 25% de estaño son los más empleados en la industria de alta serie; son más duros y pueden deformarse en caliente. Aquellos que tienen entre 9 y 12% de estaño se utilizan para engranajes poco cargados, y los de 12 a 20%, para cojinetes y piezas de frotamiento en general.
Los bronces con más de 13% de estaño son susceptibles de temple a temperaturas superiores a 500º C. Este temple actúa ablandando y dando ductilidad y maleabilidad al bronce, lo cual permite trabajarlo en frío. Se puede eliminar la acritud, calentándolos por encima de 500ºC y enfriándolos lentamente.

Bronces especiales

Para mejorar las características de los bronces en determinadas aplicaciones se les añaden elementos tales como plomo, níquel, cinc, aluminio, fósforo y manganeso.
El plomo solo añadido en cantidades debajo del 10% a los bronces de bajo contenido de estaño, que los hace particularmente aptos para la fabricación de cojinetes dos composiciones típicas de esta clase de estaño son:

1	86% cobre	10% estaño	4% plomo
2	84% cobre	8% estaño	8% plomo

La segunda es superior en sus resultados, pero más difícil de fundir correctamente.
Añadiendo níquel se puede aumentar el porcentaje de plomo, acrecentando así las condiciones de plasticidad del material y disminuyendo el precio de la aleación. Un 1% de níquel permite el contenido de 30% de plomo.
El cinc, el níquel y el silicio mejoran también las características de resistencia al desgaste. El silicio, además, aumenta la dureza y el níquel, la resistencia a la corrosión.

Bronces especiales al aluminio, aleación de cobre y aluminio, en las que el contenido de aluminio no suele sobrepasar el 12%, pues en caso contrario las aleaciones resultantes son muy frágiles.
Los bronces al aluminio son más duros y resistentes que los bronces ordinarios; su resistencia aumenta considerablemente con el forjado.
Con un contenido de menos del 8% de aluminio, se trabajan bien por deformación en frío. En este caso, pueden recocerse para destruir su acritud de 750 a 800º C.
Son muy resistentes a la corrosión, especialmente por el agua de mar, y bastante resistentes al desgaste y a la fatiga, por lo que se emplean ampliamente en construcción naval.

Bronces especiales al fósforo, y al manganeso, estos elementos aportan propiedades en aleaciones de cobre, estaño y plomo, las que mejoran notablemente con el fósforo: mayor dureza, y con el manganeso aumenta considerablemente la resistencia a la corrosión, este se adiciona solo o con alguno de los elementos anteriormente citados.

Latón

Aleación de cobre y cinc. El latón es más duro que el cobre, es dúctil y puede forjarse en planchas finas. Antiguamente se llamaba latón a cualquier aleación de cobre, en especial la realizada con estaño. Es posible que el latón de los tiempos antiguos estuviera hecho con cobre y estaño. La aleación actual comenzó a usarse hacia el siglo XVI.
Su maleabilidad varía según la composición y la temperatura, y es distinta si se mezcla con otros metales, incluso en cantidades mínimas. Algunos tipos de latón son maleables únicamente en frío, otros sólo en caliente, y algunos no lo son a ninguna temperatura. Todos los tipos de esta aleación se vuelven quebradizos cuando se calientan a una temperatura próxima al punto de fusión.
Para obtener latón se mezcla el cinc con el cobre en crisoles o en un horno de reverbero o de cubilote. Los lingotes se laminan en frío. Las barras o planchas pueden laminarse en varillas o cortarse en tiras susceptibles de estirarse para fabricar alambre.

Latón de 1ª categoría o maleable en frío, tiene un porcentaje de cinc menor del 36%; es un material muy plástico en frío; se emplea en forma de barras laminadas y sobre todo de planchas para embutir. Cuando se trabaja en frío, adquiere acritud. Se logran buenas características mecánicas por re-

cocido parcial o total. El recocido se hace a una temperatura entre 750 y 830º.

Latón de 2ª categoría, de tornear o de decolletaje, estos latones tienen entre 36 y 45% de cinc, no se deforman fácilmente en frío, pero se pueden trabajar bien en caliente. Se emplean en forma de barras laminadas, especialmente para fabricar tornillería y piezas torneadas en tornos automáticos de alta velocidad, aprovechando su gran facilidad de corte. Generalmente el porcentaje de cinc en estos latones es de 40%, y a veces se le añade un 20% de plomo. Para piezas moldeadas, como grifos y llaves, se emplean con un 35% de cinc.

Aleaciones de hierro (base)

Aceros

Los aceros son una aleación de hierro y carbono a la que suelen añadirse otros elementos. Algunas aleaciones denominadas hierros contienen más carbono que algunos aceros comerciales. El hierro de crisol abierto y el hierro forjado contienen un porcentaje de carbono de sólo unas centésimas. Los distintos tipos de acero contienen entre el 0,04 y el 2,25% de carbono.

Aceros de baja aleación

Se aplican generalmente en automotores, maquinas y equipos, válvulas, materiales resistentes a la abrasión, etcétera.
Influencia de sus principales aleantes:
1. Níquel: una de las ventajas más importantes es la gran tenacidad. Los tratamientos pueden hacerse a temperaturas ligeramente mas bajas que la que corresponden a los aceros ordinarios. Se observa que para una misma dureza, tiene un límite de elasticidad más elevado, mayores alargamientos y resistencia en comparación a los aceros al carbono. Su resistencia a la fatiga es en ciertos casos un 30% superior a los aceros al carbono.
2. Cromo: las cantidades en que se emplean corren de 0,3 a 30%. Su uso está destinado a aumentar la dureza, la resistencia a la tracción, mejorar la templabilidad, impedir deformaciones en el temple, aumentar la resistencia al desgaste y a la corrosión.
3. Molibdeno: mejora notablemente la resistencia a la tracción, la templabilidad y la resistencia al creep de los aceros.

Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas muy rigurosas. Debido a sus superficies brillantes los arquitectos y los diseñadores industriales los emplean muchas veces con fines decorativos. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. El acero inoxidable se emplea para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales.

Aceros inoxidables austeníticos (AIA)

La fase austenítica de estos aceros es estable entre temperaturas menores a la del ambiente y los 1300ºC y corresponden a una estructura cristalina cúbica centrada en las caras, muy dúctil y tenaz, aún a temperaturas subcero.
Los AIA presentan un excelente comportamiento en un amplio espectro de medios corrosivos y

en general pueden considerarse como los más resistentes desde el punto de vista de los requerimientos térmicos y de corrosión.
Debido a su alta ductilidad y tenacidad, a la no-existencia de transición dúctil-frágil, a su elevada resistencia a altas temperaturas y a la corrosión, estos aceros son utilizados en un amplio rango de temperaturas, normalmente entre –196 y 800ºC.
Por su alta conformabilidad y soldabilidad son particularmente versátiles. Siendo usados en numerosas aplicaciones y llegan a ocupar la casi absoluta mayoría del mercado de los aceros inoxidables.
Dentro de la clasificación AISI corresponden a la serie 3XX y 2XX.

Aceros inoxidables dúplex austeníticos (ferríticos)

El tipo 329 es un ejemplo de un acero inoxidable dúplex. Estos aceros han sido diseñados para servicios en ambientes con ácidos, por su particularmente buena resistencia a la corrosión bajo tensiones. Se los utiliza para recipientes y tubos sometidos a presión, y para estructuras.
El más frecuente utilizado es el ASTM A790 / tipo S31803.

Aceros inoxidables endurecibles por precipitación

El desarrollo de estos aceros comienza por una demanda de la industria aeronáutica y aeroespacial. En éstas son siempre crecientes las exigencias en cuanto a los aceros inoxidables y mecánicamente resistentes que han de conservar una resistencia suficiente a temperaturas elevadas, ya que los problemas térmicos para los materiales aeronáuticos, que se derivan del calentamiento aerodinámico y de los motores, son cada vez más severos. Estos aceros asocian las elevadas características mecánicas, ofrecidas únicamente por los aceros inoxidables al Cr después de su tratamiento térmico, con las ventajas de los austeníticos del tipo 18/8, es decir, buena soldabilidad y buena resistencia a la corrosión.
Estos aceros permiten combinaciones de alta resistencia y tenacidad con ciertas ventajas, tales como evitar distorsiones y obtener excelentes calidades superficiales.

Aceros inoxidables ferríticos

La estructura cristalina presente en estos aceros es la cúbica de cuerpo centrado, ferrita, es magnética y no es susceptible de ser cambiada por medio de tratamientos térmicos.
La primera generación de estos aceros tiene un contenido de Cr de 17 a 27%, como único elemento ferritizante (AISI 430, 442, 446). Estos aceros presentan buena resistencia a la corrosión, pero después de soldados sufren una rápida corrosión ínter granular, a menos que se los desensitice por medio de un tratamiento térmico pos soldadura.
La segunda generación de aceros inoxidables ferríticos correspondió a aquellos con un menor contenido de C, 0,08%, y con el agregado de ferritizantes como Al y Ti que permitieron disminuir el contenido de Cr a valores de 10,5 a 14,5% (AISI 405, 409). Este menor contenido de aleante hizo posible obtener un acero de menor costo y buena resistencia a la corrosión, aunque presentan baja tenacidad. El uso de estos aceros ferríticos se limita a medios no muy severos, aplicaciones domésticas, industria automotriz, etcétera.
Entre los aceros llamados de alta pureza como alternativa a los aceros inoxidables austeníticos se encuentra el AISI 444 (18% Cr - 2% Mo) para ser usado en agua caliente evitando el peligro de corrosión bajo tensión. Sus propiedades de corrosión íntergranular y generalizada son comparables a los del austenítico AISI 304, mientras que en resistencia al picado, es similar al AISI 316. Existen

limitaciones al uso en medios ácidos oxidantes, y su temperatura mínima de servicio es limitada por la temperatura de transición dúctil-frágil.

Dentro de los aceros inoxidables ferríticos EBI se destacan los de alto contenido de Cr, por ejemplo:

1	25% Cr	4% Mo	4% Ni	1% Ti
2	29% Cr	4% Mo	-	-
3	26% Cr	3% Mo	2% Ni	1% Ti
4	28% Cr	2% Mo	4% Ni	1% Nb

Aceros inoxidables martensíticos

La familia de aceros caracterizada por contener entre 11 y 18% de Cr y entre 0,04 y 1,2% de C, tiene la propiedad fundamental de ser endurecible por tratamientos térmicos. Estos aceros poseen una estructura martensítica y son magnéticos. De este modo logran propiedades específicas tanto mecánicas como a la corrosión por medio de variaciones de composición química y tratamientos superficiales.
La composición química es de 12 a 14% de Cr y aproximadamente 0,30% de C. Esta aleación corresponde a la actualmente conocida como AISI tipo 420, que es el mas simple y más barato de los aceros inoxidables en uso comercial, también menos resistente a la corrosión. Otros aceros de esta serie son los tipos 403, 410, 414, 416, 440, 431. Los más populares son los tipos 410 y 403.
Su soldabilidad es pobre, pero se han desarrollado en estos últimos años aceros inoxidables martensíticos de bajo C con adiciones de 4 a 6% de Ni (tipo 13/4, 13/6), los que presentan una superior soldabilidad y menor sensibilidad a la fisuración en frío; también desde el punto de vista de resistencia a la corrosión son superiores.
En general, a los aceros inoxidables martensíticos se los utiliza en la fabricación de álabes para turbinas de vapor e hidráulicas, partes de máquinas, elementos de corte (cuchillos) e instrumental quirúrgico y odontológico.

Aceros resistentes a la corrosión de bajo costo

Una alternativa respecto de los aceros de la serie 300 AISI, está constituida por los aceros inoxidables al Mn de la serie 200 AISI y los del tipo Nitronics.
Por otro lado, este tipo de acero ha llamado considerablemente la atención, ya que con la sustitución parcial o total del cromo e incluso el níquel, permiten bajo costo.

Aceros refractarios

Se los llama refractarios o resistentes a las altas temperaturas; se aplican en la industria del cemento, minería, caldería, quemadores, tratamientos térmicos, esmaltado, cerámica, y otros.
Son similares a los aceros inoxidables; son menos resistentes a la corrosión a bajas temperaturas pero a altas temperaturas tienen mejores propiedades mecánicas.
Su composición química varía entre:

0,2-0,4% C	2% Mn	2% Si	0,01 P
0,04% S	18-23% Cr	8-12% Ni	0,5% Mo

Algunas de las normas que referencian estos aceros son: IRAM – IAS U-500-124, SAE J 436B, ASTM A297.

Aceros resistentes al desgaste

Acero de baja aleación de aluminio, se denomina así a los aceros que contienen hasta 1% Al; entre sus propiedades sobresale la dureza superficial que duplica a los SAE 8640, 9160.
Son utilizados para fabricación de engranajes, matricería, camisas y tornillos para plásticos.
Acero de alto manganeso (Hadfield), son aplicados

en desvíos ferroviarios, dragas, molienda, excavadoras, bolas, placas y revestimiento de molino. Algunas normas que identifican a estos aceros son ASTM A128-129, IRAM-IAS U-500-140.
Toman durezas por procesos de deformación. Se los templa 1050-1100ºC.
Su composición química es:

0,7-1,45% C		11-14% Mn
1% Si	2,5% Cr	2% Mo

Aceros de baja aleación tratados térmicamente

Aceros de herramienta son aceros templados de estructura martensítica con carburos distribuidos uniformemente de gran dureza. Con el TT hay que conseguir la disolución de los carburos en la austenita, pero generalmente es incompleta.
Acero grafítico, el grafito que hay en su estructura se obtiene a expensas de la descomposición parcial de la cementita, por esto el acero para grafitizar debe tener un alto contenido de C y Si (como elemento de adición).
Composición química:

1,3-1,75% C	0,15-0,5% Mn
0,4-0,7% Cu	0,7-1,6% Si
0,2 a 0,4% Ti	

El tratamiento térmico que se emplea es el recocido de grafitización. El calentamiento es de 820-840ºC y se mantiene durante un tiempo, luego se lo enfría hasta 720-700ºC y se lo tiene a esa temperatura para enfriarlo hasta 600ºC luego en aire.

Aceros de super aleación

Incoloy, su composición química es:

0,04% C	32% Ni	46% Fe	20,5% Cr

1- Incoloy Alloy 800: resiste al ataque íntergranular de los ácidos sulfhídricos y clorhídricos. Es utilizado en tubos para craqueo de hidrocarburos y encamisado de elementos que trabajan a altas temperaturas.
2- Incoloy Alloy 807: es similar al anterior pero posee una mayor resistencia en tuberías de craqueo a altas temperaturas.

Fundiciones

Fundición de media y baja aleación

La aplicación de estas fundiciones se dan en la industria automotriz y maquinarias, como ser: blocks, tapas de motor, discos y campanas de frenos, botadores, árboles de leva, bancadas de torno, etcétera.
Fundición blanca común, se aplican en cajas de seguridad, patines de deslizamiento, árboles de leva, botadores, rodillos, laminadores, etcétera.
Composición química:

0,9% máx. Si	0,8-1,5% Mn
3-3,7% C	1,5% Cr

El Cr y Mn evitan que precipite el grafito, por lo tanto, la fundición será blanca.

Fundición gris, algunas normas son: IRAM-IAS 629, ISO R185, SAE J431 B, ASTM 159-72.
Composición química:

2,5-3,5% C	1,5-2,5% Si
1% Cu	0,1 máx. Mo
0,4-0,8% Mn	

En función del espesor de la pieza, mayores propiedades estando aleada:

1% máx. Cr	0,5% máx. Ni
0,5% máx. Mo	1% Cu

Fundición gris nodular, es de tipo nodular resistente a la temperatura alta.
Composición química:

3-38% C	5% Si

Fundición resistente al calor, se aplican para alta temperatura de servicio sin que sean sometidas a presión interna, los usos más frecuentes son: componentes de hornos (parrilla, caja de fuego, etc.), lingoteras, molde para vidrio y otros con temperatura de servicio hasta 750ºC.
Una de las normas es: IRAM-IAS U-500-153.
Composición química:

2,8-3,5% C	1,8-2,7% Si
0,2-1,2% Cr	

Fundición vernicular, es una fundición esferoidal defectuosa, en lugar de dar nódulos, da vernículos. Puede obtenerse por pasar fading, por alta temperatura o por alto azufre.
Tiene propiedades intermedias entre fundición gris y fundición nodular. Posee gran disipación de calor y se usa en discos de freno, múltiples de escape, lingoteras.

Fundiciones de alta aleación

Fundición blanca Ni-Hard, norma ASTM 532.
Composición química:

Tipo I	Tipo IV
2,5-3,6% C	2,5-3% C
1,3% máx. Mn	1,3% máx. Mn
7-11% Cr	1,4-4% Cr
0,8% máx. Si	0,8% máx. Si
5-7% Ni	3,3-5% Ni

Son resistentes a la abrasión y al desgaste. La rotura del tipo I se inicia en los carburos, que son frágiles y bastos. Los del tipo IV poseen mejor resistencia a la fractura, a la corrosión y mayor dureza. Los carburos están presentes en forma finamente distribuidas.
Las del tipo I son usadas para cilindros de conformación de metales, cabezas de cilindros y revestimientos para molinos. Las del tipo IV se utilizan en la industria del cemento, química y metalúrgica en lugares sometidos al desgaste (cabina de granallado, impulsores).

Fundición blanca Ni-Resist, norma IRAM –IAS U-500 121, ASTM A 439.
Composición química:

3% máx. C	1,73-3% Si
0,7-1% Mn	0,08% máx. P
18-22% Ni	2% Cr

Algunos tipos como D-2 Aus 202a, D-2B Aus 202b, D-2c Aus 203 (20 a 22% Ni – 0 a 3% Cr), son aptos para el servicio cuando se requiere buena resistencia a la corrosión, erosión, desgaste por fricción y al calor hasta los 760ºC. Mantienen bien sus propiedades en temperaturas subcero.
Algunas como el tipo D-2M que poseen un 4% Mn son aptas para aplicaciones criogénicas, como el nitrógeno líquido (199ºC bajo cero).

Fundición de alto contenido de silicio, norma ASTM A-518, IRAM-IAS U-500-153.
Composición química:

Resistentes a los ácidos	
0,4-0,8% C	12-16% Si
Resistentes a altas temperaturas	
25% C	5-8% Si

Tiene alta resistencia por corrosión de ácidos,

resistencias a altas temperaturas y características frágiles.

Aleaciones de hierro (aleante)

Súper aleaciones

Hastelloy, se aplican en resistencias eléctricas, hornos, elementos sometidos a corrosión y altas temperaturas. Son resistentes a la corrosión a altos esfuerzos y ataques por ácidos.
Composición química:

Hastelloy Alloy B	Hastelloy C
0,1% C	0,1% C
0,8% Mn	17% W
0,8% Si	16% Cr
1% Cr	57% Ni
65% Ni	17% Mo
28% Mo	5% Fe
5% Fe	—

Inconel, su composición química es:

0,04% C	32% Ni	46% Fe	20,5% Cr

1- Inconel Alloy 600: es una aleación con buenas propiedades mecánicas y una excelente resistencia a la corrosión a altas temperaturas. Se usa en construcción de piezas de hornos, equipos para TT y para encamisar elementos que trabajan a altas temperaturas.
2- Inconel Alloy 700: es una aleación que puede endurecerse por envejecimiento con buena tensión de rotura. Se aplican en piezas que trabajan a temperaturas de hasta 940ºC por ejemplo álabes de turbina.
Nimonic, su composición química es:

0,09% C	77,6% Ni	20,5% Cr	0,5% Fe

1- Nimonic Alloy 75: es una aleación para alta temperatura con buenas propiedades mecánicas y una muy buena resistencia a la oxidación a alta temperatura. Usada en turbinas de gas, piezas de hornos y equipos TT.
2- Nimonic Alloy 80: es una aleación para alta temperatura con buenas propiedades mecánicas una muy buena resistencia a la oxidación a alta temperatura. Usada en álabes de turbina pues puede envejecer con buena resistencia a la fluencia a alta temperatura.
3- Nimonic Alloy 90: es una aleación endurecible por envejecimiento con buena resistencia a la fluencia a altas temperaturas de hasta 920ºC. Es usada en álabes de turbina o herramientas para trabajo en caliente.

Stellite, norma ASTM A399.
Composición química:

1,15% C	0,45% Mn
0,55% Si	29% Cr
7,6% W	0,75% Mo
59% Co	1,5% Fe

Gran resistencia al desgaste en general y dureza elevada. Resistencia a la abrasión, corrosión y al calor.
Se emplea en usos en los que es necesario gran resistencia al desgaste con buena resistencia a la corrosión y oxidación hasta temperaturas al rojo vivo. Por sus características antifricción, se usa en máquinas donde es complejo el recambio de piezas.

Cuadro 13. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS METALES (I)		
CORTE O PUNZONADO	Punzón de acero	
	Punzón de goma	
CURVADO		
DOBLADO		
EMBUTIDO	Embutido al torno	
	Embutido con punzón de goma	
	Embutido Hydroform	
	Extrudado por impacto	
ESTAMPADO EN CALIENTE	**Operaciones**	Esbozado
		Estampado
		Cortado de rebabas
		Acuñado
ESTAMPADO EN FRÍO	**Operaciones**	Cortado
		Doblado y Curvado
		Embutido
	Operaciones especiales	Arrollado
		Bordonado
		Cercado
		Engrapado
		Perfilado
FORJA	**Operaciones**	Aplanado
		Doblado
		Estirado
		Estrangulado
		Punzonado
		Ranurado
		Recalcado
		Soldado
		Tronzado
FUNDICIÓN	Molde perdido (Arena)	
	Molde Permanente (Coquilla)	
MECANIZADOS	Aserrado	
	Brochado	
	Cepillado	
	Dentado	
	Escariado	
	Fresado	
	Limado	
	Mortajado	
	Rectificado	
	Roscado	
	Taladrado	
	Torneado	
MICROFUSIÓN O CERA PERDIDA		

Cuadro 14. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS METALES (II)			
SOLDADURAS	Eléctricas a arco	Bajo llama (Arcogen)	
		Con electrodo de carbón (Bernardos)	
		Con electrodo de carbón y soplado magnético (Zerener)	
		Con electrodo metálico (Slavianoff)	
		En atmósfera inerte (Argonac, Heliarc)	
		Por hidrógeno atómico (Arcatom)	
		Soldadura en atmósfera activa (Alexander)	
	Autógena u Oxiacetilénica		
	Soldadura por resistencia	A tope por chispa	
		A tope por resistencia	
		Por protuberancias	
		Por puntos	
		Por roldanas	
	Soldadura sin fusión	Blanda	
		Fuerte	
	Otras técnicas de soldadura	Por fricción	
		Por termita	
		Por ultrasonidos	
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	Recubrimientos metálicos	Por medios electrolíticos	Anodizado
			Cadmiado
			Cincado
			Cobreado
			Cromado
			Cromado duro
			Estañado
			Latonado
			Niquelado
			Plateado
		Por transformación química	Feran
		Por medios térmicos	Bajo vacío
			Estañado
			Galvanizado de cinc
			Metalizado
			Plomado
		Por medios termoquímicos	Nitrurado gaseoso

Aleaciones de mercurio (base)

Amalgamas

El mercurio se combina con todos los metales comunes, excepto hierro y platino, formando aleaciones llamadas amalgamas. Uno de los métodos de extracción del oro y la plata de sus menas consiste en combinarlos con mercurio, extrayendo luego el mercurio por destilación.

Procesos de transformación de los metales

Corte o punzonado

(Punzón de acero)

Operación mecánica con herramientas especiales de corte; que puede ser realizada a mano en planchas delgadas, o en máquinas punzonadoras para planchas de mediano espesor o gruesas.
La plancha se coloca entre la herramienta (punzón) y una matriz o placa de corte alineada con el punzón, que se adapta exactamente a él. Al actuar la prensa sobre el punzón, este presiona a la chapa y origina una deformación plástica, pasando el material deformado por la matriz (desgarro).
En los hilos cortantes de la herramienta se genera una acción, mientras que en las fibras de la chapa, una reacción, pero como la acción es mayor que la reacción se produce el corte. Además, se deforman y comprimen las fibras.
Como regla general, no pueden abrirse agujeros cuyo diámetro sea menor que el espesor de la plancha, debido a que el punzón no soportaría bien el esfuerzo. Se pueden realizar no solo agujeros redondos, sino también cuadrados o de cualquier forma especial, siempre que se disponga del punzón y de la matriz con la forma del agujero que se trata de hacer.

Clases de punzonados

De agujeros, se realizan de menor a mayor y de adentro hacia fuera; se deben tener en cuenta las distancias entre cortes y bordes de la chapa, las cuales deberán ser mayor o igual al espesor.

De hendiduras, producen una deformación en el material, determinada por la forma del punzón y el tipo de presión, sin producir el corte de la chapa.

De perforación, con este proceso se agujerea la chapa para su posterior centrado en la dobladora.

Punzón de goma

Se utiliza en pequeñas series de piezas de grandes dimensiones, para aleaciones ligeras. El punzón está formado por varias capas de goma especial. En este tipo de proceso, los filos para el corte se encuentran en la matriz.

Curvado

Los curvados para obtener superficies cilíndricas se realizan por medio de un aparato sencillo, formado por un bastidor sobre el cual hay situados tres rodillos de forma cilíndrica, que al pasar entre éstos la plancha queda curvada. Para obtener curvados de distintos diámetros se debe aproximar o alejar el cilindro central con respecto a los otros dos.

Doblado

El doblado es un curvado en un lugar concreto, con un radio muy pequeño casi en ángulo.
Para el doblado de la plancha se utilizan máquinas de doblar, de la que existen dos tipos principales: las dobladoras de barras y las prensas especiales de doblar. Se trata de máquinas de forma semejante a las cizallas y que funcionan de manera muy similar a ellas, pero en lugar de cuchillas emplean

como herramientas barras, a modo de matrices, del perfil adecuado para producir el ángulo deseado. La operación de doblado puede realizarse en una o varias fases, dependiendo de la forma a obtener, de la cantidad y dimensiones.

Embutido

La operación de embutir consiste en transformar una chapa plana de metal laminado en un cuerpo hueco, procediendo gradualmente con una o más operaciones en el embutido. Cada elemento estará solicitado por fuerzas radiales de tracción y fuerzas tangenciales de compresión.
Se fuerza a un disco metálico a pasar, mediante la presión ejercida por un punzón, a través de un agujero cilíndrico de diámetro superior a dos veces el espesor del disco. La compresión se produce en todo el borde del recipiente, mientras el fondo resiste el empuje del punzón. Este proceso se realiza con prensas excéntricas (balancín).
Para la obtención de objetos de grandes dimensiones y profundidades de embutido (especialmente chapas delgadas), se coloca el borde de la lámina entre dos planos que sujetan la chapa mientras se embute. El material sufre un estiramiento, cuando mayor es la presión de los órganos de sujeción (sujetadores).

Embutido al torno

Este proceso consiste en hacer girar un sólido de revolución (matriz) fijado en el cabezal del torno y, mediante una presión ejercida con una herramienta especial, aplicarle poco a poco una lámina de chapa de tal manera que ésta copie la forma de la matriz fijada en el torno.
Es una operación sencilla y poco costosa, que solo requiere el empleo de chapa dúctil, pudiendo mejorar con un recocido previo. Es aplicable en la fabricación de recipientes de aluminio.

Embutido con punzón de goma

La matriz puede construirse de madera, materia plástica o aleaciones de magnesio. El punzón se construye de goma semidura, y para piezas de pequeñas y medianas dimensiones está montado dentro de una envoltura metálica. Estas operaciones se pueden efectuar en prensas corrientes.
Se emplea especialmente en los trabajos de chapas metálicas ligeras (aluminio), con aplicaciones en la industria aeronáutica.

Embutido Hydroform

Consiste en dar a una plancha plana una determinada forma mediante la acción hidrodinámica variable del aceite contenido en la cámara de una matriz elástica.
La estampa posee dos partes: la inferior es un cuerpo de fundición (punzón), la superior es una cámara cilíndrica de techo esférico con un orificio para la entrada y descarga del aceite comprimido, este orificio está conectado a una bomba que envía el aceite con presión variable.
Posee también una membrana elástica (diafragma de goma) y un aro de retención.
Este proceso permite utilizar un punzón de cualquier material sin la necesidad del uso de topes, extractores y prensachapas.
Debido a sus características se pueden embutir chapas de acero dulce hasta un espesor máximo de 9 mm, siendo el tiempo de producción para estas piezas de 20 a 30 segundos.

Extrudado por impacto

Consiste en expeler fuera de la matriz, por medio de un punzón, un material blando introducido previamente en forma de disco con un cierto volumen (pastilla), el cual se obliga remontar a lo largo de la pared del punzón.

Estampado en caliente

Es el proceso de deformación plástica del material calentado, conformado mediante estampas cerradas que imponen una forma definida y precisa al material en estado pastoso. Las estampas generalmente están constituidas en dos partes, superior e inferior, y deben contener la forma que se desea lograr.
El estampado puede efectuarse en el martinete, en martillo pilón, en la prensa hidráulica o mecánica y en el balancín a fricción.
Para la introducción de barras o lingotes en la matriz se debe tener en cuenta que el volumen del material debe ser igual al volumen de la cavidad más el excedente. Esto posibilita obtener piezas de mayor compactisidad molecular, mejorando el acabado y evitando que éstas queden incompletas. Las piezas proyectadas no deben presentar cantos vivos ya que se fracturarían debido a la contracción del material durante el enfriamiento. Además, la calidad se determina por el índice de desfasaje que pueden presentar las medias matrices, en los sentidos transversales y longitudinales.

Operaciones

Esbozado

Se denomina así a la primera operación de transformación del material, que consiste en aproximar el material en bruto a la forma de la pieza proyectada mediante procesos de forja. Estos se pueden efectuar a mano, con el martinete, con la prensa y por laminación.

Estampado

Se refiere al proceso que le otorga la configuración final a la pieza; se realiza con herramientas especiales denominadas estampas.

Cortado de rebabas

En este paso se retira el exceso de material del estampado mediante estampas de corte. El corte puede efectuarse por acción directa o indirecta. En la primera el punzón empuja a la pieza sin actuar sobre la matriz, mientras que en la segunda el punzón actúa sobre las aristas.

Acuñado

Mediante un proceso de terminación superficial que se realiza en frío, se efectúa un ajuste final en las dimensiones de la pieza.

Estampado en frío

Se define con el término estampado a aquel conjunto de operaciones con las cuales, sin producir virutas, sometemos una chapa plana a una o más transformaciones, con el fin de obtener una pieza con forma geométrica propia, sea ésta plana o hueca.
La realización en la práctica de estas operaciones se logra mediante dispositivos especiales llamados matrices, sobre máquinas denominadas prensas.

Operaciones

Cortado

El corte de estampa o punzonado es una operación mecánica con la cual, mediante herramientas especiales para el corte, se consigue separar una parte metálica de otra obteniéndose una figura determinada.
La plancha se coloca entre un punzón y una matriz (también sufridera o placa de cortar), que tiene un agujero alineado al punzón y que se adapta exactamente a él.
El punzón en el primer tiempo comprime al material, con lo cual da lugar a una deformación plástica; se origina así un vientre cóncavo. Luego el punzón, encontrando libre camino en la matriz,

prosigue su acción ocasionando una expansión lateral del medio plástico. El esfuerzo de compresión se convierte igual a la resistencia de corte, lo que ocasiona un violento desgarro, y el trozo de plancha sujeto al punzón se separa del resto y cae al fondo de la matriz.
Durante el punzonado se ha comprobado que, debido que la proximidad de los hilos cortantes de la herramienta, las fibras de la chapa se doblan hacia abajo siguiendo el movimiento del punzón, y después reacciona para oponerse a la acción del corte, pero siendo la acción superior a la reacción, vence toda resistencia pasiva y origina el corte.
Estas fibras quedan deformadas y comprimidas a lo largo de todo el perfil cortado.
Como regla general, no pueden abrirse agujeros cuyo diámetro sea menor que el espesor de la plancha, a causa de que el punzón no soportaría bien el esfuerzo.
Pueden abrirse no solo agujeros redondos, sino también cuadrados o de cualquier forma especial; siempre, naturalmente, que se disponga del punzón y de la sufridera con la forma del agujero que se trata de hacer.

Doblado

Es la operación más sencilla después de la del corte, es muy útil cuando se utiliza como perfil la chapa doblada. El doblado es un curvado en un lugar concreto, con un radio muy pequeño, casi en ángulo.
Para el doblado de la plancha se utilizan máquinas de doblar, de las que existen dos tipos principales:
- Dobladoras de barra: algunas se accionan a mano y otras más potentes a motor.
- Prensas especiales de doblar: se trata de máquinas de forma semejante a las cizallas y que funcionan de manera muy similar; pero, en lugar de cuchillas, emplean como herramientas unas barras a modo de matrices, del perfil adecuado para producir el ángulo o curvatura deseado.
Para la operación del doblado es necesario tener en cuenta los siguientes factores:
1. Radio de curvatura.
2. Elasticidad del material.
Para evitar en lo posible los cantos vivos se deben fijar radios de curvatura internos, iguales o mayores al espesor de la chapa para no estirar excesivamente la fibra exterior y para garantizar un doblado sin rotura.
Los radios de curvatura tienen que considerar de 1 a 2 veces el espesor, para materiales duros; y de 3 a 4 veces el espesor para materiales más duros.
Después de realizar el doblado, la pieza tiende a volver a su forma primitiva, en proporción mayor cuando más duro es el material de la chapa. Este fenómeno se debe a la elasticidad de los cuerpos; para restar esta acción es necesario acentuar por tanteo el ángulo deseado.
A veces, para obtener una pieza es necesario realizar varias fases de doblado, con una o varias estampas; esto depende de la cantidad de piezas a obtener y de la forma de la pieza o dimensiones.
Para obtener un elemento doblado según un perfil preestablecido es necesario conocer su desarrollo. En la sección transversal, la línea neutra es la línea que no se estira ni se comprime en la sección transversal de un sólido en flexión. No siempre se encuentra en la mitad exacta de la chapa a doblar, sino en una posición diferente, según la calidad del material que se utilizaría en el proceso.
Cuando la chapa no supera el milímetro de espesor se puede considerar que el eje neutro está situado sobre la mitad, pero cuando la chapa supera el milímetro de espesor se halla a $^1/_3$ de la curva interior. Si la chapa curvada tiene contracturas, la línea neutra se sitúa, en cada caso, hacia la curva interior.

Curvado

Los mismos conceptos y consideraciones expuestos para el doblado son válidos para el curvado. Esta operación se distingue del doblado por su función característica.

Con el empleo de etapas especiales, para obtener un gancho o un tubo se puede curvar lo mismo un hilo de acero que una tira de chapa.

Si el curvado tiene por objeto obtener una superficie cilíndrica, se emplea un sencillo aparato formado por un bastidor, sobre el cual hay situados tres rodillos de forma cilíndrica, al pasar entre los cuales la plancha queda curvada. Además, aproximando o alejando el cilindro superior a los otros dos, se pueden obtener cilindros de chapa de distintos diámetros.

Para facilitar el curvado de un tubo se curvan expresamente los extremos, directamente con el punzonado inicial, esto es si la chapa no supera el milímetro de espesor, en tal caso se realiza una estampa previa.

Existen estampas para construir tubos en tres fases, sin necesidad de utilizar estampas. Este método es empleado para la fabricación de grandes series de tubos cortos.

Embutido

Consiste en transformar una chapa plana en un cuerpo hueco sin modificar el espesor de la chapa. En la práctica esto no se verifica así porque durante el embutido el elemento está solicitado por fuerzas radiales de tracción y fuerzas tangenciales de compresión.

El procedimiento de embutir consiste en obligar a un disco metálico a pasar, mediante presión ejercida por un punzón, a través de un agujero cilíndrico de diámetro superior a dos veces el espesor del disco. La parte del material obligada a pasar entre el espacio definido por el punzón y la matriz sufre una compresión que impide la formación de pliegues. La compresión se produce en todo el borde del recipiente, mientras el fondo debe resistir el empuje del punzón.

Cuando se trata de objetos de grandes dimensiones, grandes profundidades o de láminas delgadas, es necesario mantener tieso el contorno de la chapa. Para realizar esta operación se coloca el borde de la lámina metálica entre dos planos que sujetan la chapa mientras en la parte central se desarrolla el embutido. Por sujetar se entiende una simple adherencia del borde de la chapa sobre la superficie de apoyo, de modo que permita el deslizamiento en sentido radial. Por esta causa, el material de la chapa está expuesto a diversos grados de estiramiento.

Se puede calcular aproximadamente la superficie desarrollada de un cuerpo a embutir cuando este tiene una forma geométrica regular de líneas rectas con sección circular. Para los cuerpos de forma irregular, no siempre se puede seguir un cálculo aproximado; es necesario valerse de pruebas de embutido, cortando una forma aproximada, luego se embute y se observa dónde falta y dónde sobra material y se hacen las correcciones. Esto se hace hasta lograr la forma ideal.

La presión de embutido ejercida en una sola operación es para piezas pequeñas cuya profundidad de embutido es de 1/2 del diámetro, y en piezas grandes de 1/3 del diámetro.

La operación de embutición puede hacerse de una vez (en una sola operación), o bien en dos veces cuando es muy grande la profundidad del embutido, y el esfuerzo de hacerlo en una sola operación sería excesivo.

Para embutidos profundos serán necesarios tantos pasos como tantas veces la profundidad sea mayor que el límite señalado. El número de operaciones está en relación al número de diámetros contenidos en una profundidad, es decir:

$m = \frac{h}{d}$ h (profundidad)
d (diámetro)
m (nº de operaciones)

$n = \frac{m}{E}$ E=1/2 piezas pequeñas
y 1/3 piezas grandes

Cuando se trata de fabricar muchas piezas de chapa iguales, cuyas formas solo puedan ser obtenidas por embutición, se recurre a realizar este trabajo mecánicamente por medio de una prensa de embutir.
Las herramientas empleadas para realizar esta operación son:
1. La matriz: consistente en un bloque metálico en el que hay un hueco con la forma que debe tener la parte exterior de la pieza de chapa.
2. El macho o punzón: su forma es la del interior de la pieza.
3. El anillo o sujetador: es una placa que sujeta la plancha contra la superficie superior plana de la matriz, para evitar que la plancha se arrugue en los bordes al ser forzada por el punzón a penetrar en la matriz.
Las prensas empleadas corrientemente para embutir están dispuestas de tal forma que el punzón desciende sobre la plancha y se introduce en la matriz de forma muy rápida, produciéndose un verdadero choque o golpe.
Entre estas máquinas, las más corrientes son las llamadas prensas de excéntrica o balancín, en las que la matriz se encuentra apoyada en una mesa o tablero, mientras que el punzón se fija a un carro que se desliza en unas guías situadas perpendicularmente a la mesa; el movimiento del carro es producido por una excéntrica, a través de una biela; la excéntrica toma su movimiento y energía de un pesado volante, que a su vez es movido por el motor de la máquina, por medio de un juego de engranajes y poleas.
La excéntrica no gira constantemente unida al volante, sino solamente en el momento que interesa, y entonces se conecta a él por medio de un mecanismo de embrague.
La prensa debe realizar un gran esfuerzo, pero solamente en el momento de efectuar la embutición; si no se dispusiera del volante, el motor debería ser de gran potencia para poder atender al gran consumo de trabajo necesario en el corto tiempo que se realiza la embutición. Pero disponiendo del volante, en éste se va almacenando, en forma de movimiento, la energía del motor en el tiempo que media entre golpe y golpe del punzón. En el momento en que el punzón efectúe el trabajo de embutición, recibe la energía acumulada en el volante, disminuyendo la velocidad de giro de éste.

Operaciones especiales

Arrollado

Esta operación, parecida a la del curvado, consiste en arrollar el extremo de una chapa plana; en este caso se llama arrollamiento rectilíneo.
El diámetro según el cual puede ser dimensionado el ojal está en relación con la calidad del material y el espesor de la chapa.
Se puede considerar la siguiente relación:

d (diámetro mínim realizable para el ojal medio interno=
s (espesor de la chapa)
$d = 1\ ½ \times s$

Para mayor seguridad es preferible fijar el diámetro mínimo igual a dos veces el espesor de la chapa.
Para chapas delgadas y largas se usan prensas especiales que realizan los dos extremos a la vez.
Es necesario que el extremo de la chapa tenga un curvado previo para que no atraviese en diagonal el espacio de la cámara cilíndrica, y por el contrario se arrolle. Este método se utiliza para la construcción de bisagras.

Bordonado

Esta operación consiste en arrollar el borde circular de un recipiente de chapa. Se aplica este nombre también a la operación por la cual es posible crear una o varias gargantas circulares, en forma de nervios, en un recipiente cilíndrico de chapa. El objeto de esta operación es reforzar el recipiente sin aumentar su peso.

Esta operación puede realizarse en máquinas de movimiento rotativo, o bien en estampas montadas en prensas corrientes de excéntricas.

En el primer caso se trabaja con rodillos intercambiables con diferentes perfiles, lo que hace que se reduzcan los costos. Con estas máquinas se pueden bordonar diferentes objetos de chapa delgada destinados a contener líquidos, ideales para recipientes de grandes dimensiones.

Las estampas montadas en prensas se utilizan para recipientes de pequeñas dimensiones. En los casos que la chapa sea muy delgada, con este procedimiento se obtiene la ventaja de poder lograr el bordonado reforzado, o sea, de doble borde.

En las operaciones de bordonado, la chapa no debe pasar de 1 mm de espesor y el diámetro no deberá ser superior a 5 mm.

Cercado

La operación de cercar consiste en aplicar un arco o cerco de alambre de acero en el borde de un recipiente, con el objeto de reforzarlo.

Esta operación se realiza en prensas; para producción en grandes series se lo efectúa en máquinas de movimientos rotativos.

Engrapado

Es una operación mediante la cual es posible unir dos piezas de chapa separadas, o los extremos de una chapa curvada en forma de tira, mediante una doble acción de bordonado, con la finalidad de conseguir una unión hermética.

Su amplia utilización se encuentra en los recipientes destinados a contener sustancias en conserva. El engrapado puede ser interior o exterior. La operación de cierre se logra en diferentes fases: en la primera, el borde de tapa experimenta una primera vuelta para adherirlo a la corona de la caja; en la segunda, los dos bordes unidos son vueltos hacia abajo, y finalmente aplastados en la tercera fase.

Perfilado

Esta operación se funda en el principio de transformar gradual y sucesivamente una tira de chapa en un perfil; ésta se obtiene haciendo pasar la cinta a través de una serie de rodillos, en pares, de acero de movimiento rotativo, transformando la cinta en las sucesivas pasadas a que es sometida, para obtener el perfil deseado.

El número de pares de rodillos varía de uno a diez, además la tira de metal puede ser de acero, de duraluminio o de latón y puede variar de 0,4 a 3 mm de espesor.

Las ventajas especiales de este proceso son:

1. No se desperdicia material.
2. Mayor resistencia, debido a la compresión a que está sometido el material y por la sección dada especialmente.
3. Rapidez de producción.
4. Simplicidad constructiva de los rodillos, son torneados.
5. Mano de obra no especializada.

Algunos ejemplos de productos obtenidos por perfilado son las llantas de los automóviles, los guardabarros de bicicletas, etcétera.

Forja

La forja es el trabajo de un metal por medio de fuerzas de compresión localizadas, aplicadas con martillos de mano o mecánicos, prensas o máquinas de forjar especiales. Puede hacerse en frío o en ca-

liente, pero cuando es en frío los procesos reciben generalmente varios nombres especializados.

Operaciones

Aplanado

Es la operación mediante la cual es posible hacer planas las superficies irregulares de elementos ya sometidos a las operaciones de recalcado, estirado u otras.
Consiste en ejercer una presión sobre los planos deformados, actuando dinámicamente en el martinete o estáticamente en la prensa, con un punzón plano.

Doblado

Pertenecen al doblado las operaciones de forjadura que tienen por objeto curvar según un determinado radio, perfil o también ángulo recto, un determinado material de barra redonda, rectangular o cuadrada.
Debe tenerse en cuenta que por el efecto del doblado la barra se estrecha en la parte exterior y se dilata en la interior de la curva. Esto se debe al estiramiento de las fibras exteriores y a la compresión de las interiores.

Estirado

Pertenece a las operaciones elementales de forjadura que se realizan en el martinete sin estampas especiales.
Consiste en extender el material longitudinalmente en el sentido de las fibras de modo que se alargue reduciendo la sección y eventualmente cambiando la forma.

Estrangulado

Consiste en practicar un surco transversal o periféricamente a un elemento de cualquier forma (barra, tocho, placa, etc.) de modo que reduzca, con la estrangulación, el área de la sección.

Punzonado

Esta operación tiene por objeto practicar un agujero en una masa de metal previamente calentada a temperatura de forja: se utilizan utilajes sencillos constituidos en general por un punzón o punta (macho) y por una placa que puede llamarse matriz, aplicados en el martinete o en la prensa. Los agujeros pueden ser de cualquier forma.
La operación de agujereado es usada de modo amplio inmediatamente después del estampado de engranajes, bridas, etc., donde es necesario eliminar la membrana central.

Ranurado

Similar al proceso de punzonado, se utiliza cuando hay que abrir un agujero en una pieza muy estrecha, de manera que su contorno ha de ensancharse.

Recalcado

Es el trabajo contrario a estirar; es decir, hacer más corta y más gruesa la pieza, o una parte de la misma.
Consiste en aplastar paralelamente a las fibras, para provocar un aumento de la sección transversal. Con este sistema se pueden producir discos a partir de un tocho o de un lingote grueso o de una barra.

Soldado

El acero llevado al color blanco en la forja tiene la propiedad de ser adhesivo.
Si superponemos dos piezas de acero calentadas hasta el color blanco y las golpeamos con martinete, obtenemos una unión perfecta.

Tronzado

Las barras y los tochos pueden también cortarse en el martinete, empleando una herramienta adecuada (en forma de hacha) manejada a mano. La barra calentada a temperatura de forja es co-

locada sobre el yunque y se la hace girar a cada subida de la masa.

Fundición

La fundición es una técnica empleada desde muy antiguo para dar forma a las piezas y objetos de materiales metálicos. Consiste en fundir el metal (calentarlo hasta que se vuelva líquido) y, una vez fundido, echarlo en moldes con la forma que se quiere lograr, dejándolo enfriar en estos moldes hasta que se vuelve otra vez sólido, quedando con la forma del molde.
Es un proceso muy empleado para la fabricación de toda clase de piezas de los más diversos metales: acero, cobre, latón, aluminio y aleaciones ligeras, entre otros.
La fundición es especialmente adecuada para obtener piezas de formas complicadas o de gran tamaño, así como para la fabricación de grandes series de piezas iguales.
Sin embargo, las piezas obtenidas por fundición, rara vez se emplean directamente tal como se obtienen, sino que generalmente deben mecanizarse antes.

Molde perdido (arena)

Para fundición con metales de elevado punto de fusión, como el hierro fundido y el acero, se utilizan moldes de tierra o arena, que se deshacen después de haber fundido en ellos la pieza.
También se emplean moldes de tierra para fundir piezas de metales de baja temperatura de fusión y sus aleaciones; especialmente cuando las piezas son de gran tamaño.
Los avances en la técnica de fabricación de moldes con máquina han hecho posible la fabricación económica de grandes series de piezas fundidas en moldes de tierra.

Molde permanente (Coquilla)

Estos moldes se construyen de un metal cuya temperatura de fusión es más elevada que la del metal con que se han de hacer las piezas fundidas.
Se emplean con gran frecuencia en la fundición de piezas de aluminio y sus aleaciones de bajo punto de fusión, en series grandes.
El metal empleado es acero o hierro fundido.

Mecanizados

Los mecanizados siempre se caracterizan por arrancar virutas. Gracias al mecanizado, la pieza se desbasta y pule lo necesario para que, con toda precisión, llegue a adaptarse a las medidas finales especificadas por el diseñador en el plano.
Actualmente los mecanizados se realizan en una serie de máquinas proyectadas para cada operación. Estas máquinas, que debido a la velocidad con que trabajan superan extraordinariamente la lentitud de la mano del hombre, son las llamadas máquinas herramientas.

Aserrado

Existe con mucha frecuencia la necesidad de partir piezas iguales, de cualquier material y en gran cantidad, de ahí que se haya tendido a mecanizar estas operaciones.
Las máquinas que con este objeto se han construido trabajan extraordinariamente más deprisa que a mano, logrando un corte que además posee cualidades de mayor exactitud y precisión, y que puede adaptarse perfectamente a las condiciones y medidas que se deseen.
Fundamentalmente, la teoría de su funcionamiento se deriva de construir una máquina que reproduzca los mismos movimientos que realiza el hombre al serrar a mano.
Podemos clasificarlas en tres grandes grupos:
1. Sierras alternativas.

2. Sierras circulares o de disco.
3. Sierras de cinta.

Sierras alternativas

Se trata de sierras normales sujetas a una biela que a su vez va acoplada al extremo de un volante. Al girar, éste produce un movimiento de vaivén en la sierra, semejante al movimiento que se realiza a mano. Las sierras alternativas poseen un movimiento de avance que constituye un tiempo muerto donde no se produce trabajo. Esto, naturalmente, provoca un menor rendimiento.

Sierras circulares o de disco

Las sierras circulares, al producir un trabajo continuo, aseguran un corte constante, por ello tienen mayor rendimiento que las sierras alternativas. A pesar de ello, estas sierras, de una enorme capacidad de corte, son poco usadas en baja producción, debido a que el disco posee un buen grosor y se desperdicia bastante material. Se pueden hacer cortes de hasta 700 mm de diámetro.

Sierras de cinta

Estas sierras aprovechan las ventajas del corte continuo de las cierras circulares y eliminan el defecto de grosor. Están constituidas por dos grandes volantes o poleas cuyo contorno ha sido recubierto con una capa de corcho o goma que soporta la gran cinta sinfín de acero. Poseen iguales características de construcción que las sierras rectas usadas en las máquinas alternativas, con la particularidad de que son mucho más largas, perfectamente soldadas, conformando una correa sinfín de acero.

Brochado

Tiene especialmente el objeto de dar, a agujeros cilíndricos ya hechos, perfiles que no sean de revolución. También puede usarse para labrar superficies exteriores, así como para ensanchar taladrados ya practicados en otros maquinados. El brochado se produce por medio de una herramienta (brocha) dentada con filos de corte, ordenados de menor a mayor.

Cepillado

También llamado planeado, tiene el mismo objeto que el limado, pero aplicado a superficies de gran extensión (varios metros). Se realiza esta operación en las máquinas llamadas cepilladoras o planeadoras, en las cuales la pieza está en movimiento, mientras que la herramienta permanece quieta; o sea, al revés que en la limadora.

Dentado

El dentado tiene por objeto la producción de dientes de engranajes. Se realiza normalmente con fresadoras que contienen un plato divisor graduado, para el accionamiento manual.
También han sido ideadas máquinas especiales que lo realizan con mayor perfección y rapidez.

Escariado

Sirve para aumentar ligeramente el tamaño de taladros efectuados anteriormente. Se trabaja con herramienta diferente que en el taladrado; es en general una operación en la que se logran medidas de gran exactitud.
También existe otro tipo de escariado, para agujeros de diámetro grande, que se realiza con una herramienta de un solo filo montada transversalmente sobre un eje. Esta operación recibe el nombre de mandrinado.

Fresado

La característica principal del fresado es que la herramienta de corte (fresa) es una rueda con cuchillas distribuidas alrededor de su contorno, como los dientes de un engranaje. Las cuchillas actúan, por lo tanto, intermitentemente sobre el

material, produciendo sucesivos cortes, como uñas que fueran levantando viruta. La máquina-herramienta fundamental para la operación de fresado es la fresadora. Aunque con la fresadora pueden realizarse gran variedad de operaciones, se usa normalmente para el fresado de superficies planas.

Limado

Tiene por objeto la obtención de superficies planas de relativamente poca extensión (800 mm). Se realiza por medio de la máquina-herramienta llamada limadora, en la que el material permanece fijo, y es la herramienta que se desplaza cortando el material.

Mortajado

Es un limado que se realiza en sentido vertical. Entre otras aplicaciones sirve para la hacer chaveteros en ejes, poleas, etcétera.

Rectificado

Con este tipo de operación se obtienen superficies muy perfectas y formas de gran precisión. Este proceso se produce a partir de una máquina rectificadora, cuya herramienta de corte es una muela. Esta muela es giratoria y produce una superficie variable según el grano que la forma.

Roscado

Es la operación para obtener perfiles de rosca, ya sea exteriores o interiores. Esta operación se puede realizar a mano, en el torno, o en combinación.

Taladrado

Consiste en la obtención de taladros o agujeros siempre cilíndricos. Para conseguirlos, la máquina especial es la taladradora; en ella, la herramienta (broca) gira alrededor de su eje. Estas máquinas se distinguen de la taladradora manual en que, además de ser mecánico el movimiento de la broca, lo es también el avance de ésta dentro de la pieza que va taladrando.
Otra ventaja es la mesa donde se coloca la pieza: tiene mecanismos que la hacen movible en las tres direcciones, a fin de situar exactamente el centro del agujero, debajo de la punta de la broca.

Torneado

Consiste en la obtención de superficies de revolución (cilíndricas, cónicas). La pieza gira alrededor de su eje y la herramienta está quieta; mejor dicho, tiene solamente los pequeños movimientos de avance necesarios para encuentre de nuevas superficies de corte. La máquina-herramienta que se usa es el torno, de gran importancia dentro de la industria mecánica, puesto que con él pueden obtenerse muchas y variadas formas.

Microfusión o cera perdida

Cuando una pieza es muy compleja o el material es tan difícil de mecanizar que hace desechable cualquier otro proceso, se utiliza la microfusión.
Muchas veces puede ser considerada más económica que hacer la pieza por estampa, por forja o por cualquier otro método de producción masiva.
En este proceso, primeramente se debe realizar la cantidad de modelos necesarios, dependiendo directamente de la cantidad de piezas a obtener.
Estos modelos se realizan en cera o plástico, mediante una matriz que puede ser de PRFV, madera, aluminio, resina epoxi, resina fenólica y sílice, etcétera.
Una vez obtenidos los modelos, éstos se pegan a un canal de colada (también hecho en cera) quedando los modelos agrupados en forma de racimos.
Logrado dicho racimo se sumerge en una solución aglutinante donde se depositará material refractario, formando lo que se denomina molde cerámico, producto de sucesivas capas de refractario. Este molde cerámico es llevado a un horno,

por lo general eléctrico, donde a consecuencia de la temperatura se elimina la cera o el plástico con que se había fabricado el modelo. Debido a este procedimiento último se lo denomina cera perdida. Eliminada la cera, se debe proceder a colar el material que se encuentra en estado líquido dentro del molde cerámico. Una vez solidificado el material colado se procede mediante golpes a la rotura del molde cerámico.
Se cortan las piezas separándolas del canal de colada. Luego de los controles de rutina y prácticamente sin ningún maquinado, la pieza se encuentra terminada.

Soldaduras

La soldadura es el procedimiento más usado actualmente para unir piezas metálicas. A diferencia del remache o el bulón, el cordón de soldadura, forma prácticamente una sola pieza con las dos partes.
Por esto la soldadura tiene más importancia como tecnología que como elemento, ya que lo verdaderamente importante y lo más difícil es el proceso seguido.
Para que la unión pueda llamarse soldadura ha de realizarse entre piezas metálicas, y ser unión fija.

Eléctricas a arco

Bajo llama (Arcogen)

En este proceso el arco que se produce entre un electrodo metálico y la pieza que se suelda es igual que en procedimiento usual (Slavianoff), pero con la diferencia de que al arco se añade una llama oxiacetilénica. Suele emplearse muy poco en unión de aceros inoxidables.

Con electrodo de carbón (Bernardos)

Aquí el arco eléctrico salta entre un electrodo de carbón y la pieza; es preciso aportar material mediante una varilla metálica independiente.
Es usado cuando se trata de unir piezas de aleación especial, de la cual no existen electrodos y es necesario soldar con el mismo material de aporte.

Con electrodo de carbón y soplado magnético (Zerener)

El arco eléctrico salta entre los extremos de los electrodos que son de carbón; por lo tanto, es preciso también el empleo de una varilla para aportar el metal. Además, en este procedimiento hay un electroimán de soplado que logra que el arco eléctrico se concentre exactamente sobre el punto de soldadura, para aprovechar al máximo su calor.

Con electrodo metálico (Slavianoff)

Es el proceso empleado corrientemente. En este procedimiento se emplea un electrodo metálico, con lo cual no es preciso aportar metal independiente, puesto que el mismo electrodo va fundiendo y suministrando material a la soldadura.

En atmósfera inerte (Argonac, Heliarc)

El arco salta entre un electrodo y la pieza que se suelda; pero, junto al electrodo se hace salir una corriente de gas inerte (generalmente argón, pero a veces helio), que protege la zona de arco sin intervenir en la soldadura. El metal de aportación es suministrado mediante varilla, como en los procedimientos anteriores, cuando el electrodo es de tungsteno (sistema TIG, Tungsten Inert Gas), o bien es el mismo electrodo metálico y produce el metal de aportación (sistema MIG, Metal Inert Gas).
Por hidrógeno atómico (Arcatom). La diferencia de este procedimiento, se centra en el hidrógeno, el cual produce una barrera interrumpiendo el ingreso del oxígeno a la fusión, durante su estado más vulnerable.

Soldadura en atmósfera activa (Alexander)

El arco salta entre la varilla de metal de aportación y la pieza. Además, se hace incidir una corriente de gas. Este gas se diferencia del empleado en el anterior procedimiento en que no es inerte, sino activo: interviene en la soldadura

Autógena u oxiacetilénica

En la soldadura autógena, el calor necesario para lograr la fusión de los bordes de la pieza a soldar y de la varilla metálica se obtienen con la combustión de la mezcla de dos gases; estos gases corrientemente son: el acetileno y el oxígeno. La combustión de la mezcla se obtiene mediante un soplete.

Es corriente llamar autógena a toda clase de soldadura con llama, pero esta denominación no es correcta más cuando los metales que se sueldan y el metal de aporte son iguales.

El acetileno es un gas que tiene un gran poder calorífico en comparación con otros.

Debido a los gases que producen la llama para soldar (oxígeno y acetileno) la soldadura autógena recibe también el nombre de soldadura oxiacetilénica.

La mayoría de las soldaduras con gas son soldaduras de fusión en la medida en que los materiales soldados son fundidos en el punto donde se produce la unión. Ya que generalmente existe un intersticio pequeño entre las piezas que son soldadas, debe agregarse comúnmente algún material de relleno en forma de un alambre o varilla que se funde en el depósito de metal soldado.

Desde el gran desarrollo de la soldadura de arco de metal protegido y con gas inerte en años recientes la soldadura oxiacetileno no es muy usada, excepto para la fabricación de piezas delgadas de metal.

Soldadura eléctrica por resistencia

Se funda en los siguientes hechos: si se ponen en contacto, apretadas una con otra, dos superficies metálicas, y se hace pasar a través de ellas una fuerte corriente eléctrica, la resistencia o dificultad que oponen a que la electricidad pase por ellas hace que se desarrolle calor suficiente para que se fundan superficialmente las piezas en su punto de contacto y se produzca la soldadura.

Con elevada presión tiene lugar un efecto de forjado, con lo que se obtiene una mejor calidad de unión.

La soldadura eléctrica por resistencia en una gran variedad de formas es ampliamente usada en la construcción mecánica actual, especialmente para estructuras metálicas de planchas y perfiles, tales como carrocerías de automóviles.

Según el modo de aplicación de la energía eléctrica y de la presión, pueden distinguirse varios métodos de soldadura por resistencia.

A tope por chispa

Aunque este método no es propiamente de soldadura por resistencia, se incluye en este grupo por su similitud con la soldadura a tope por resistencia. Como en éste, las piezas son colocadas frente a frente por medio de unas mordazas. El período de cebado es acompañado por una serie de arcos o chispas entre las dos piezas, que se producen al alejarlas y acercarlas, y eleva mucho la temperatura de los extremos a soldar.

Cuando la temperatura es suficiente, se ponen las piezas en contacto y, por presión, se realiza la soldadura.

Este procedimiento suele ser aplicado a grandes secciones y produce uniones más perfectas que el proceso de resistencia, ya que la escoria (óxido de metal fundido) es apartada hacia la superficie exterior, produciendo un reborde o rebaba fácil de eliminar.

A tope por resistencia

El empleo más característico de este procedi-

miento es la soldadura a tope de barras y perfiles laminados.
En líneas generales, consiste en colocar con los extremos encarados las piezas que se sueldan, sujetas por dos mordazas que conducen hasta ellas la corriente eléctrica. Una de las mordazas es fija. La otra, móvil, puede acercarse a la primera, deslizándose sobre la guía, y ejercer una gran fuerza. Fija las barras en las mordazas y, puestos en contacto los extremos, se hace pasar la corriente a través de las mordazas y la unión, produciéndose entonces el forjado.
Este método fue el primero usado en la soldadura por resistencia.

Por protuberancias

Es una variante de la soldadura por puntos. Se diferencia en que los puntos de soldadura se hacen en las mismas planchas. En una de las superficies a unir se realiza una serie de puntos de relieve. Las piezas se aprisionan entre los electrodos, cuya forma se adapta a ellas. El paso de la corriente produce la fusión y soldadura de los puntos. Si se quiere lograr una soldadura continua puede hacerse un relieve continuo.
Fundamentalmente, la máquina es una prensa adaptada a la soldadura.

Por puntos

Las piezas a soldar, superpuestas, son colocadas entre las puntas de los electrodos. La corriente circula de un electrodo a otro, pasando a través de los espesores de las chapas a soldar, y produciendo un punto de soldadura.
Las máquinas de soldaduras por puntos, tienen generalmente una caja en el suelo con dos botones, que el operario acciona con el pie.
Para soldaduras pequeñas, también existen máquinas portátiles de menor tamaño. De este modo, se sustituye a veces ventajosamente la clásica operación de remachado.

Por roldanas

Puede denominarse también soldadura por rodillos. Se emplea especialmente para la soldadura de piezas cuya unión requiera una perfecta estanqueidad (depósitos, calderas, etc.).
Las máquinas utilizadas son semejantes a las de soldadura por puntos, pero en vez de electrodo tienen roldanas, que son unos rodillos entre los cuales pasan las planchas a soldar.
Las roldanas son giratorias, gracias a la acción del motor eléctrico situado en la parte superior de la máquina. El operario va haciendo pasar entre las roldanas las piezas a soldar, produciendo así la costura continua. Las roldanas pueden estar dispuestas frontalmente una arriba de la otra, o bien en otra posición.
La presión durante la operación de soldadura es prácticamente constante, mientras que la corriente es interrumpida a cada ciclo con un período de cadencia débil, a fin de asegurar la yuxtaposición de los puntos. En la soldadura de aleaciones ligeras, sin embargo, la presión varía durante la soldadura para evitar el aplastamiento de los puntos.

Soldadura sin fusión

En muchos casos, no es conveniente o es imposible aumentar hasta la temperatura de fusión a los metales que se van a unir, o emplear la gran presión que necesitaría una soldadura a presión; entonces se emplea el proceso de soldadura sin fusión.
Consiste este procedimiento en fundir sobre los bordes de las piezas el metal de aportación, pero no el metal base; por consiguiente, es indispensable que los materiales de aportación tengan un punto de fusión bastante inferior que el de las piezas a soldar, porque de lo contrario habría fusión en los bordes de las piezas.

Este procedimiento no produce la misma unión íntima que la autógena. En realidad, lo que se logra es un enganche o unión más o menos heterogénea o desigual.
Dentro de la soldadura sin fusión se distinguen la soldadura blanda y la fuerte.

Soldadura blanda

Tiene lugar cuando el punto de fusión del metal de aporte es muy bajo. Puede decirse que son soldaduras blandas aquellas que se realizan usando como metal de aporte metales cuyo punto de fusión es inferior a 327ºC (punto de fusión del plomo). En la práctica, suelen llamarse soldaduras blandas a las que emplean como metal de aporte aleaciones de los metales plomo y estaño.

Soldadura fuerte

Es otro procedimiento de soldadura sin fusión; en éste los metales que se emplean tienen un punto de fusión superior a 500ºC, y son aplicados de tal forma que, aunque se puede obtener un cordón, el fin principal es conseguir que el metal de aporte penetre los huelgos capilares entre las piezas que están soldando.

Otras técnicas de soldadura

Los procesos de soldadura explicados hasta ahora son los más corrientemente usados en la industria. Sin embargo, existen otros que, aunque tienen un campo de aplicación mucho más restringido, no dejan de tener importancia en determinados casos.

Por fricción

Si se colocan dos barras metálicas con sus extremos en contacto y se hace girar una de ellas a gran velocidad, se produce en las caras de contacto un intenso frotamiento, que origina gran cantidad de calor y elevada temperatura. Esta temperatura puede ser tan alta que haga llegar a un estado cercano al de fusión los extremos de las dos barras. Entonces basta con realizar una módica presión, para lograr su unión.

Por termita (aluminotermia)

El proceso de soldadura por termita se ha empleado, por ejemplo, para soldar los raíles de los tranvías y grandes piezas de acero fundido.
El calor para la fusión es suministrado por la reacción de una mezcla de aluminio en polvo y óxido de hierro, también pulverizado, a la que se da el nombre de termita. Esta mezcla reacciona químicamente, produciendo temperaturas elevadísimas de hasta 2.500ºC.
Para practicar la soldadura con termita, ésta se coloca dentro de un crisol de forma cónica con agujero en el fondo, que se tapa por medio de un disco. Además de la termita, se pone en el crisol hierro o acero en forma de limaduras.
Al producirse la reacción, el calor que se desprende funde el hierro producido en la reacción, y el hierro y acero añadidos a la mezcla. El metal fundido se acumula en el fondo del crisol, y su elevada temperatura hace que se funda también el disco que tapa el agujero, saliendo el metal fundido en forma de chorro.
Las piezas a soldar se preparan de forma que entre ellas quede una cierta separación. Así preparada la unión, se forma a su alrededor un molde de tierra refractaria, dejando unos agujeros para la entrada del hierro fundido y salida del aire del molde.

Por ultrasonidos

Se basa en el hecho de que, colocando superpuestas las dos piezas a soldar y haciendo pasar unas ondas ultrasónicas por un punto, se produce en aquel punto una vibración de tal intensidad que quedan soldadas (tiene lugar como un martilleo muy rápido y muy intenso).
En las máquinas de soldar por este sistema, las piezas se colocan entre dos barras o rodillos, uno de los cuales vibra, produciendo ultrasonidos sobre un punto. De este modo, se va realizando

una soldadura por puntos. Por esta razón, las máquinas de soldar por ultrasonidos suelen tener forma semejante a las de soldadura por resistencia. El operario soldador, como en aquellas máquinas, va soldando a lo largo de una línea.
En las máquinas de soldadura continua de rodillos, el rodillo superior transmite la energía de vibración, mientras que el rodillo inferior solamente sostiene el material que suelda.

Tratamientos superficiales

Recubrimientos metálicos por medios electrolíticos

Electroplastía

Es la electrodeposición de un recubrimiento adherente sobre una base metálica o sobre un no metal preparado adecuadamente, a fin de proveer resistencia a la corrosión, darle apariencia especial, tal como color o brillo, o incrementar las dimensiones.
El depósito se aplica comercialmente al cobre, al bronce, al bronce niquelado, zinc o a fundiciones con base de zinc, al aluminio y al acero.
Una porción en aumento de depósito se aplica a los no metales, plásticos por ejemplo, pero éstos deben ser previamente recubiertos con un material conductor eléctrico. Los materiales de electrodeposición más comúnmente usados son el estaño, el cadmio, el zinc, la plata, el níquel y el cromo. Sin embargo, con excepción de la producción relacionada con las planchas de estaño para la industria del envase, la mayoría de los depósitos son realizados con níquel y cromo.
A los recubrimientos logrados con el objeto de proteger sus superficies contra la corrosión, se les da el nombre de recubrimientos galvánicos.
Al pasar una corriente eléctrica a través de una disolución de una sal, la sal se descompone y el metal que la conforma se deposita sobre el conductor, por el cual sale la corriente de la solución. Las soluciones empleadas reciben el nombre de electrolitos. Se disponen en depósitos o cubas. La corriente entra en la cuba por unas barras de cobre, de las que cuelgan unas placas metálicas denominadas ánodos, que se introducen en el baño del electrolito. Las piezas a recubrir se cuelgan en otra barra por la que sale la corriente. Esta última barra y las piezas colgadas en ella reciben el nombre de cátodos.
Las superficies a tratar por procedimientos electrolíticos deben ser sometidas anteriormente a un pulido bastante perfecto y un desengrasado que deje las superficies completamente limpias.
A la salida del baño, las piezas deben pulimentarse, pues salen de un tono mate.

Anodizado

Es un proceso usado para proveer al aluminio de resistencia a la corrosión y acabado decorativo. Es algo así como el proceso inverso a la electrodeposición, porque la pieza es el ánodo de un circuito electrolítico y, en lugar de adosar a la superficie capas de material, la reacción progresa desde la superficie hacia el interior de la pieza.
Una de las características notorias del aluminio es la excelente resistencia a la corrosión de la fina película de óxido de aluminio formada naturalmente sobre la superficie. El anodizado provee un medio de incrementar el espesor de esta capa protectora. Las partes anodizadas son de color verde grisáceo, que resulta de la presencia de una reducida porción de cromo en el recubrimiento. Pueden obtenerse otros colores con tintes adecuados. La superficie anodizada provee también una buena base para pintar.
Se usan a menudo tratamientos de anodizado más complejos, llamados comúnmente acabados Alumilite.
La mayoría de los colores no resisten la luz del sol, pero puede usarse un tipo especial de tinte con

un proceso de sellado, obteniéndose considerable resistencia al sol.
Como el anodizado no aumenta el volumen, no es necesario proveer una tolerancia dimensional como la que es necesaria al aplicar electrodeposición. Esta es una ventaja importante del anodizado.
Además del anodizado existen otros tratamientos electrolíticos usados con fines industriales como:
- Cadmiado
- Cincado
- Cobreado
- Cromado
- Cromado duro
- Estañado
- Latonado
- Niquelado
- Plateado

Los procesos son similares, pero a diferencia del anodizado, se produce un recubrimiento galvánico del material empleado.
Las cubas en que se realizan los procesos de galvanotecnia son recipientes de forma rectangular. En las instalaciones pequeñas se emplean cubas de gres o vidrio. Para instalaciones mayores, las cubas suelen ser de plancha de hierro recubierta interiormente con materiales resistentes a la corrosión, tales como el plomo, goma, plásticos especiales, etcétera.
Las cubas se montan sobre zócalos o pies aislantes. En grandes instalaciones para trabajos en serie, las cubas se montan de forma que las piezas vayan pasando automáticamente de unas a otras por medio de transportadores que las sumergen y, pasado el tiempo adecuado, las sacan y las pasan a la cuba siguiente.

Recubrimientos metálicos por transformación química

Feran

Se denomina así al tratamiento químico de una chapa de acero, de modo diferenciado entre sus dos caras, la cual se utiliza para interponer y posibilitar la soldadura eléctrica con puntos de piezas de acero con piezas de aluminio.
Esta tecnología inició su uso en serie en Ferrari. Los vehículos serie 456 GT/GTA poseen esta tecnología en la unión de su carrocería de aleación de aluminio con un bastidor tubular de acero.

Recubrimientos metálicos por medios térmicos

Estañado

Este recubrimiento consiste en aplicar una ligera capa de estaño, por inmersión de las piezas en un baño de metal fundido.
Este proceso es casi exclusivamente aplicado a la fabricación de planchas para envases de conservas, pinturas, aceites, entre otros. La plancha recibe comercialmente el nombre de hojalata.
Las planchas deben recubrirse previamente con estaño para eliminar el óxido por medio de un ácido, después de haber sido recocidas.
El baño con el estaño fundido está en un depósito que tiene una pared que lo divide en dos partes, sin llegar al fondo. En el lado de entrada de las piezas, el baño de metal fundido está recubierto de una delgada capa de flujo fundido (cloruro de cinc, por ejemplo), para proteger el baño de la oxidación. En la parte de salida de las planchas estañadas, el baño está cubierto por una gruesa capa de aceite de palma u otro similar. Las planchas de acero se introducen en el baño y se hacen pasar a través del aceite. La función de éste es dar una película fina uniforme a toda la superficie de la plancha, la cual cubre la capa de estaño y evita su oxidación mientras se solidifica.
En algunas instalaciones, las planchas pasan sucesivamente por depósitos con los diversos baños. El estañado por inmersión tiene la desventaja de que la capa de estaño no es uniforme en toda la superficie y resulta, como en todos los procesos

Tabla 8. CHAPAS LISAS DE ACERO

Laminadas en Frío				Laminadas en Caliente				Galvanizadas			
Espesor Nº	*Equivalencia en mm*	*Peso kg/m²*	*Medidas STD en mm*	*Espesor Nº*	*Equivalencia en mm*	*Peso kg/m²*	*Medidas STD en mm*	*Espesor Nº*	*Equivalencia en mm*	*Peso kg/m²*	*Medidas STD en mm*
12	2,51	20,47	1000 x 2000 1220 x 2440	16	1,60	13,00	1025 x 2000	14	2,00	15,910	1000 x 2000 1220 x 2440
14	2,00	15,80	1000 x 2000 1220 x 2440	14	2,00	16,09	1025 x 2000 1245 x 2440	16	1,60	12,770	1000 x 2000 1220 x 2440
16	1,60	12,74	1000 x 2000 1220 x 2440	12	2,51	20,48	1025 x 2000 1245 x 2440	18	1,25	10,024	1000 x 2000 1220 x 2440
18	1,25	9,97	1000 x 2000 1220 x 2440	1/8	3,20	25,12	1025 x 2000 1245 x 2440 1500 x 3000 1500 x 6000	20	0,90	7,277	1000 x 2000 1220 x 2440
19	1,10	8,63	1000 x 2000 1220 x 2440	3/16	4,75	37,95	1245 x 2440 1500 x 3000 1500 x 6000	22	0,70	5,863	1000 x 2000 1220 x 2440
20	0,90	7,05	1000 x 2000 1220 x 2440	1/4	6,35	50,21	1245 x 2440 1500 x 3000 1500 x 6000	24	0,55	4,529	1000 x 2000 1220 x 2440
22	0,70	5,50	1000 x 2000 1220 x 2440	5/16	7,94	62,80	1500 x 3000 1500 x 6000	27	0,40	3,509	1000 x 2000 1220 x 2440
23	0,65	5,10	1000 x 2000 1220 x 2440	3/8	9,50	75,36	1500 x 3000 1500 x 6000	28	0,35	3,116	1000 x 2000
24	0,55	4,35	1000 x 2000 1220 x 2440	1/2	12,70	100,48	1500 x 3000 1500 x 6000	30	0,30	2,555	1000 x 2000
26	0,45	3,55	1000 x 2000 1220 x 2440	5/8	15,87	124,66	1500 x 3000 1500 x 6000				
27	0,40	3,19	1000 x 2000 1220 x 2440	3/4	19,10	157,00	1500 x 3000 1500 x 6000				
28	0,35	2,86	1000 x 2000	7/8	22,20	174,30	1500 x 3000 1500 x 6000				
30	0,30	2,42	1000 x 2000	1	25,40	200,96	1500 x 3000 1500 x 6000				

de recubrimiento por inmersión, más gruesa que las aplicadas por otros procedimientos.
El estañado es un proceso más caro que el galvanizado, por razón del elevado precio del estaño.

Recubrimientos metálicos por medios termoquímicos

Nitrurado gaseoso

Es un tratamiento termoquímico que se efectúa en una atmósfera de amoníaco disociado, a una temperatura comprendida entre 500 y 560ºC, obteniéndose una dura capa superficial, especialmente indicada para resolver problemas de desgaste, fatiga y corrosión sin deformaciones. Además, pueden tratarse en zonas determinadas de una misma pieza.
Se aplican en piezas de aceros al carbono, aleados, inoxidables y fundiciones.
Se utilizan en la fabricación de engranajes, matricería, camisas y tornillos para plástico, cilindros neumáticos, bujes, cigüeñales, piñones, y toda pieza en la que las exigencias mecánicas sean importantes.

Tabla 9. CHAPAS ESTAMPADAS

Espesor Nº	*Equivalencia en mm*	*Peso kg/m²*	*Medidas STD en mm*
18	1,25	9,97	1000 x 2000 1220 x 2440
16	1,60	13,00	1000 x 2000 1220 x 2440
14	2,00	16,09	1025 x 2000 1245 x 2440
12	2,51	20,48	1026 x 2000 1245 x 2440
1/8	3,20	25,12	1245 x 3000 1500 x 3000 1245 x 6000 1500 x 6000
3/16	4,75	37,95	1500 x 3000 1500 x 6000
1/4	6,35	50,21	1500 x 3000 1500 x 6000

Tabla 10. METAL DESPLEGADO

Modelo DM-EC-kg/m2	***Espesor en mm***	***Peso hoja en kg***	***Medidas STD en mm***
250-30-12	3,2	54	1500 x 3000
500-30-07	3,2	31,5	1500 x 3000
620-30-12	3,2	54	1500 x 3000
620-30-12	3,2	24	1000 x 2000
750-50-18	4,75	54	1000 x 3000
920-30-06	3,2	27	1500 x 3000
200-16-05	1,6	14,4	1000 x 3000
250-09-02	1,6	6,5	1000 x 3250

DM: Diagonal mayor del rombo.
EC: Espesor de la chapa en décimas de mm., aproximado.

Tabla 11. TUBOS DE ACERO

Con costura estándar							Con costura estándar						
Dimensiones para tubos negros y galvanizados					*Presión de prueba*		*Dimensiones para tubos negros y galvanizados*					*Presión de prueba*	
Diámetro Externo			*Espesor de pared*				*Diámetro Externo*			*Espesor de pared*			
Diámetro nominal		*Tolerancia en mm*	*mm*	*Tolerancia mm*	*N/cm²*	*kg./cm²*	*Diámetro nominal*		*Tolerancia en mm*	*mm*	*Tolerancia mm*	*N/cm²*	*kg/cm²*
Pulgadas	*mm*						*Pulgadas*	*mm*					
3/8	17,20	0,50	2,00	+0,10 -0,15	490,00	50,00	1/2	21,30	+0,40 -0,80	2,77	0,20	490,00	50,00
1/2	21,30		2,35				3/4	26,70		2,87			
3/4	26,90		2,35	+0,20 -0,10			1	33,40		3,38	0,23		
1	33,70		2,90	0,20			1 1/4	42,20		3,56		695,80	71,00
1 1/4	42,20		2,90				1 1/2	48,30		3,68			
1 1/2	48,30		2,90				2	60,30	0,60	3,91			
2	60,30	0,60	3,25	+0,20 -0,25			2 1/2	73,00	0,70	5,16	0,25		
2 1/2	76,10	0,76	3,25	+0,28 -0,18			3	88,90	0,90	5,49			
3	88,90	0,89	3,65	+0,15 -0,30			4	114,30	1,14	6,02		823,80	84,00
4	114,30	1,14	4,05	+0,20 -0,30									

Tabla 12. TUBOS ESTRUCTURALES

Sección				Espesores									mm
Circular externa		Cuadrada	Rectang.										
pulg	mm	mm	mm	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00	2,50	3,20	4,75	6,35	
1/2	12,7	10 x 10		0,262	0,340	0,438							Peso en kg/m
5/8	15,87	12,7 x 12,7		0,332	0,451	0,563							
3/4	19,05	15 x 15	20 x 10	0,403	0,549	0,688	0,765	0,841					
7/8	22,22		20 x 15 25 x 10	0,473	0,646	0,814	0,906	0,997					
1	25,4	20 x 20	25 x 15 30 x 10	0,544	0,744	0,942	1,048	1,150	1,410				
1 1/8	28,57		30 x 15	0,614	0,840	1,070	1,188	1,310	1,610				
1 1/4	31,75	25 x 25	30 x 20 40 x 10	0,685	0,942	1,190	1,329	1,470	1,810				
1 1/2	38,1	30 x 30	40 x 20 50 x 10	0,824	1,140	1,440	1,611	1,780	2,200	2,760			
1 5/8	41,27			0,896	1,230	1,570	1,752	1,940	2,390	3,000			
1 3/4	44,45	35 x 35	50 x 20 40 x 30	0,957	1,330	1,690	1,893	2,100	2,540	3,260			
1 7/8	47,62		50 x 25	1,037	1,430	1,820	2,034	2,250	2,780	3,510			
2	50,8	40 x 40	50 x 30 60 x 20	1,107	1,530	1,940	2,175	2,410	2,980	3,730			
2 1/8	53,98			1,178	1,552	2,067	2,316	2,564					
2 1/4	57,15	45 x 45	50 x 40 60 x 30	1,248	1,720	2,790	2,475	3,460					
2 1/2	63,5	50 x 50	60 x 40 70 x 30 80 x 20		1,920	2,440	2,739	3,030	3,760	4,750	6,896		
3	76,2	60 x 60	70 x 50 80 x 40 90 x 30		2,31	2,94	3,302	3,66	4,55	5,76	8,387		
3 1/2	88,9	70 x 70	80 x 60 90 x 50 100 x 40			3,445	3,867	4,286	5,33	6,763	9,877		
4	101,6	80 x 80	100 x 60 120 x 40			3,946	4,43	4,912	6,11	7,766	11,37	14,92	
4 1/2	114,3	90 x 90	100 x 80 120 x 60 140 x 40					5,539	6,893	8,766	12,86	16,91	
5	127	100 x 100	120 x 80 130 x 70 140 x 60 150 x 50					6,175	7,676	9,77	14,35	18,89	
5 1/2	139,7	110 x 110	140 x 80 150 x 70 120 x 100							10,77	15,84	20,88	
6	152,4	120 x 120	140 x 100 150 x 90 160 x 80 180 x 60							11,78	17,33	22,87	

Pinturas

Las pinturas y barnices son líquidos que se solidifican al exponerlos al aire y que se usan para cubrir superficies, para decorarlas y/o protegerlas. Las pinturas se forman mezclando un pigmento (sustancia que proporciona el color) con un aglutinante que hace de medio fluido, como por ejemplo el aceite de linaza, y que se solidifica al contacto con el aire. Un barniz es una solución transparente que se solidifica formando un revestimiento protector. Los barnices opacos y coloreados se denominan lacas. Los revestimientos se han utilizado desde los tiempos primitivos. En la Biblia se menciona que durante la construcción del arca de Noé se utilizaron revestimientos con brea en el interior y en el exterior.

En los tiempos modernos, el desarrollo de los polímeros sintéticos ha conducido grandes avances, y los termoplásticos, los termoestables y los elastómeros pueden utilizarse como revestimientos. El plástico se disuelve en un solvente que se evapora o se atomiza como polvo sobre una superficie caliente o, en el caso de los termoestables, se hornea para producir la polimerización final.

Además de las formas convencionales de aplicar los recubrimientos, existen varios métodos nuevos que son importantes en la producción. La atomización electrostática consiste en cargar las partículas del recubrimiento con un alto potencial negativo a medida que pasan por un electrodo. La superficie que se va a recubrir se conecta eléctricamente para que las partículas sean atraídas hacia ella.

También se ha aplicado polvo seco por el mismo método. La pieza se precalienta hasta 232-343°C para fundir las partículas. Esto elimina el riesgo del solvente. Otro método de aplicar revestimiento es el conocido corno electrodeposición, que consiste en precipitar las partículas de una solución acuosa sobre un objeto cargado eléctricamente. Se pueden utilizar variaciones de estas técnicas para suministrar recubrimientos de alta integridad en la pintura exterior de los automóviles, las cuales se aplican en la planta y también para los terminados resistentes a la corrosión en las partes no visibles. El proceso de aplicación de lecho fluidizado funciona sin necesidad de solvente. El recubrimiento se suspende en forma de polvo por medio de una corriente de gas controlada que va dirigida hacia arriba. La pieza que se va a recubrir se precalienta y se sumerge en la corriente. Las partículas golpean la pieza y se funden sobre ella para dar el recubrimiento deseado.

Los barnices son soluciones transparentes que se producen mediante el calentamiento de un aceite secante, una resina, un secante y un disolvente. Si se aplica como una película delgada, el barniz produce un revestimiento duro y transparente al secarse. Las numerosas variaciones en composición y preparación de los barnices hacen difícil su clasificación. El denominado barniz de alcohol, por ejemplo, es una resina disuelta en un disolvente volátil que no contiene ningún aceite secante.

Las lacas son algunos barnices naturales y sintéticos, en particular los obtenidos de la savia del árbol del barniz, que contiene una resina fenólica. La savia se calienta para eliminar la humedad y queda un jarabe de color castaño oscuro. Se agregan pigmentos y a veces agentes diluyentes. El material resultante se aplica como una película fina sobre madera, metal o artículos de cerámica. Cuando se endurece, la capa de laca se pule con un abrasivo y se aplica otra capa sobre ella. Es frecuente usar más de 30 capas en una pieza fina de laqueado. Las lacas comerciales que se usan para pintar objetos metálicos tienen normalmente una base de piroxilina.

Componentes de las pinturas

Las fórmulas de la pintura cuentan con diversas categorías de compuestos químicos. El aglutinante forma el recubrimiento fino adherente; el pigmento, dispersado en el medio fluido, da a la película terminada su color y su poder cubriente; por último, el disolvente o diluyente se evapora con rapidez una vez extendida la pintura.

Aglutinantes

El aglutinante puede ser aceite no saturado o secante, como la glicerina, o puede ser también un polímero. Un material de relleno, que contiene componentes en polvo como el caolín o el sulfato de bario, mejora la resistencia de la película seca de pintura.
Si el aglutinante es un polímero sintético se dispersa utilizando un disolvente adecuado, de modo que cuando se evapora el disolvente las macromoléculas individuales entran en contacto y se entrelazan. La solidificación se mejora mediante la presencia en el disolvente de un catalizador de polimerización denominado secante. Los polímeros sintéticos más utilizados como aglutinantes para las pinturas son las resinas alquídicas y la nitrocelulosa. También se utilizan resinas fenólicas, resinas acrílicas, resinas epoxi, resinas de acetato de polivinilo y poliuretanos.

Pigmentos

Un pigmento para pintura es un polvo fino que refleja toda la luz para producir un efecto blanco, o bien absorbe ciertas longitudes de onda de la luz para producir un efecto coloreado. Los pigmentos blancos más corrientes son óxidos inorgánicos, como el dióxido de titanio (TiO_2), el óxido de antimonio (Sb_2O_3) y el óxido de cinc (ZnO). Se usan también otros compuestos inorgánicos blancos e insolubles, como el sulfuro de cinc (ZnS), el albayalde (hidroxicarbonato, hidroxisulfato, hidroxifosfito o hidroxisilicato de plomo) y el sulfato de bario ($BaSO_4$). Los siguientes óxidos inorgánicos son pigmentos habituales para colores: el óxido de hierro (amarillo, rojo o color tierra), el óxido de cromo (verde) y el óxido de plomo (rojo). Los cromatos de plomo, cinc, estroncio y níquel producen distintas gamas de amarillo y anaranjado. Se utiliza un conjunto de sólidos orgánicos para obtener otros colores.

Solventes

El disolvente o el diluyente para pinturas de aceite secante es generalmente el aguarrás (una mezcla de hidrocarburos cíclicos) o una mezcla de hidrocarburos derivados del petróleo que se volatilizan adecuadamente. El disolvente para la mayoría de los aglutinantes orgánicos es un alcohol, una cetona o un éster.
Las pinturas de esmalte se componen de un óxido de cinc y litopón mezclado con aceite de lino y un barniz de alto grado. Las pinturas luminosas contienen distintos sulfuros fosforescentes de bario, estroncio y calcio. Estas pinturas contienen pigmentos molidos muy finos en goma arábiga o dextrina.

Tabla 13. TIPOS DE PINTURAS COMERCIALES Y ACCESORIOS

Pinturas / Material de la Superficie			MADERA	PLÁSTICO	METALES: Ferrosos	METALES: No Ferrosos
CICLO PROTECTIVO	PRETRATAMIENTOS	FONDO FOSFATIZANTE ANTICORROSIVO			●	
		LACA SELLADORA		●		
		SOLUCIÓN DESENGRASANTE		●	●	
	PRIMER / FONDO	ADITIVOS ELASTIFICANTE		●		
		ANTIÓXIDO NITROSINTETICO	●		●	
		CLOROCAUCHO ALQUIDICO			●	
		EPOXI BITUMINOSO	●		●	●
		ESMALTE ESPECIAL	●	●	●	●
		ESMALTE HIDROTERMICO			●	●
		IMPREGNANTE A CERA	●			
		IMPREGNANTE PROTECTIVO	●			
		PRIMER ALTOS SOLIDOS		●	●	
		PRIMER EPOXICO		●	●	●
		PRIMER POLIURETANICO	●	●	●	
		PRIMER TINTEABLE		●	●	
INTERMEDIO / TERMINACIÓN		ADITIVO ELASTIFICANTE		●		
		BARNIZ FLATTING	●			
		ESMALTE EPOXICO			●	
		ESMALTE NITROSINTETICO	●		●	
		ESMALTE NITROSINTETICO MARTILLADO			●	
		ESMALTE POLIURETANICO	●	●	●	
		ESMALTE RAPIDO SECADO			●	
		ESMALTE SINTETICO			●	
		ESMALTE URETANIZADO	●		●	
		LACA ACRILICA			●	
		RESINA DE POLIESTER		●	●	
		RESINA DE POLIURETANO		●	●	

Cuadro 16. PROCESOS DEL PINTADO			
LIMPIEZA SUPERFICIAL		Electropulido	
		Mecánica	Abrasiva
			Agitación en Tambor
			Agitación en Tambor Giratorio
			Bruñido en tambor
			Cepillado con Alambre
			por Agua Caliente o Vapor
			Pulido con rueda
			Pulido por Correa
		Química	Baño Químico
			Desengrase por Vapor
			Limpieza Alcalina
			Limpieza con Solventes
APLICACIONES DE LA PINTURA	*Líquida*	Pincel	
		Rodillo	
		Soplete	Electroestático
			Pulverizado de dos Componentes
			Pulverizado en Caliente
	Sólida	Revestido de Polvo	

Procesos del pintado

Limpieza superficial

Después de la elaboración de piezas en su forma definitiva, por procesos como fundición, modelado en caliente, maquinado, etc., se requieren una o más operaciones para conseguir una superficie mejor terminada o para protegerla de la corrosión.

Electropulido

Las piezas metálicas pueden pulirse electrolíticamente por inversión del proceso de electrodeposición. El metal a pulir (pieza) es colocado como ánodo (+) en una solución electrolítica agregando un cátodo (-) para completar el circuito eléctrico. El material es pulido eliminando sus puntos ásperos y el resultando es una superficie muy suave. Como se remueven espesores de 0,0025 mm, se lo utiliza para terminaciones muy buenas, por ejemplo en matricería, para conseguir superficies altamente pulidas.
Es además un proceso útil para piezas irregulares, difíciles de pulir mecánicamente.

Mecánica

Limpieza abrasiva (arenado/granallado)

En la limpieza abrasiva se utilizan comúnmente arena, arenilla o partículas de acero o perdigones, que son proyectados contra la superficie a limpiar. En algunos casos se realiza la operación por

Tabla 14. APLICACIONES			
Pinturas / Material	MADERAS	METALES	PLÁSTICOS
Antióxido al Cromato de Zinc		•	
Antióxido Epóxico		•	
Antióxido Nitrosintético		•	
Barniz Marino	•		
Barniz Poliuretánico	•		
Base Anticorrosiva		•	
Clorocaucho Alquídica		•	
Desoxidante		•	
Epoxipoliamídicas		•	•
Esmalte Alquídico-Clorocaucho		•	
Esmalte Epóxico		•	
Esmalte Nitrosintético Martillado		•	
Esmalte Poliuretánico	•	•	•
Esmalte Secado Rápido	•	•	
Esmalte Sintético	•	•	
Fondo Blanco	•		
Fondo Poliuretánico	•		
Fosfatizante		•	
Impresión Antióxido Universal		•	
Laca Acrílica		•	•
Laca Nitrosintética		•	•
Laca Poliacrílica	•		
Laca Poliuretánica	•		
Laca Selladora de Plástico			•
Neutralizador de Corrosión		•	
Nitrosintética	•	•	•
Poliéster		•	•
Poliuretano		•	•
Primer Altos Sólidos			•
Primer Epóxico		•	•
Primer Poliuretánico			•
Primer Tinteable			•
Recubrimiento Plástico		•	
Resina Acrílica		•	

medio de chorros de aire a alta presión regulable según el metal a limpiar. Este proceso puede ser dirigido manualmente cuando se trata de piezas grandes, pero el operario deberá estar protegido convenientemente.

Si el abrasivo es sílice, éste debe estar limpio y poseer bordes filosos para efectivizar el proceso. Las granallas limpian más velozmente la sílice, y la mayor ventaja es que no produce polvo en el ambiente de trabajo.

Ambos procesos abrasivos son efectivos si pueden alcanzar toda la superficie de la pieza a limpiar. En el caso de formas muy complejas su uso está restringido, pues el chorro actuaría en exceso sobre las superficies exteriores y eliminaría detalles de forma de la pieza (aristas redondeadas). Estos procesos reciben la denominación general de shot-blasting, haciendo referencia al impacto mediante el cual las partículas de metal abrasivo golpean la superficie a limpiar.

La superficie adquiere una cierta rugosidad que puede ser variable según la presión del trabajo. Una ventaja de esta aplicación es la de favorecer el anclaje en piezas que van a ser pintadas con posterioridad.

El arenado puede ser seco o húmedo. En el segundo caso se incorporan al agua inhibidores para evitar la oxidación del metal ferroso; la única finalidad del trabajo húmedo es eliminar el polvo que se genera en la operación en seco.

El granallado sólo se hace en seco, y por razones económicas es conveniente el empleo de circuitos cerrados o buscar la recuperación de las granallas para hacerlo más rentable.

Los valores de rugosidad se determinan mediante el empleo de rugosímetros, y la textura de la superficie se define por los índices Ra (valor medio de las distancias de los puntos del perfil a la línea media), y Rc (mayor distancia tomada perpendicularmente a la línea media entre la cresta más alta y el valle más profundo).

Debe cuidarse que la rugosidad no sea excesiva en los casos de un posterior pintado de la pieza, porque los espesores de pintura oscilan por capa entre 20 y 25 micrones, en los casos de rodillo pincel, y con soplete son algo inferiores; pero con pinturas de características tixotrópicas puede llegarse desde 80 a 120 micrones por capa.

Agitación en tambor giratorio

En este proceso se colocan las piezas en un tambor o barril hasta que esté casi lleno, junto con trozos de metal de formas diversas, o algún abrasivo tal

como arena, partículas de granito o bolitas de óxido de aluminio.
El movimiento de las partes que giran y ruedan unas sobre otras y el choque consecuente de las bolas o abrasivos contra las partes producen una acción leve de corte.
Sirve para remover rebabas y escamas en piezas lo suficientemente fuertes como para soportar la agitación.
Las piezas delicadas no deben poder trasladarse durante el giro, y en algunos casos deben fijarse a bastidores.
Es un proceso económico y se puede hacer en forma húmeda o seca. Las formas de las piezas tendrán ángulos redondeados.

Agitación en tambor

Es similar al proceso de agitación en tambor giratorio, excepto que el barril se carga hasta un 40 ó 60% de su capacidad y su propósito no es limpiar, sino rebajar las superficies mediante el uso de adecuados abrasivos de corte.
Se realiza en tambores inclinados, abiertos u horizontales cerrados. Puede utilizarse ripio cortante u otros minerales en operaciones húmedas, y madera dura (aserrín) o fragmentos de cuero, en operaciones en seco.
Generalmente se lo hace húmedo, porque así permite una operación de corte más rápida, y en seco, para dar brillo a pequeñas piezas.
Se obtienen terminaciones superficiales superiores al cepillado en tambor.
Los tiempos de trabajo varían desde 10 minutos para piezas blandas, hasta 2 horas o más para piezas de acero. En los casos de piezas con escamas profundas, estas deben removerse previamente a la rotación.

Bruñido en tambor

Se logran terminaciones similares a las de pulido con rueda. Es semejante al método de tambor rodante, excepto que en lugar de utilizar un medio abrasivo se agregan bolillas, perdigones o pernos redondeados en el tambor.
No hay acción de corte, sino que el material metálico actúa por martilleo y frotamiento sobre la superficie de la pieza.
El bruñido en tambor se realiza húmedo, usando agua a la que se agrega detergente o jabón. El tambor no debe ser cargado con piezas o municiones más que hasta la mitad de su capacidad.
Se deben llenar dos volúmenes de municiones por volumen de piezas.
La velocidad de rotación del tambor se ajustará para evitar que las piezas sean arrojadas fuera de la masa del conjunto.
Es necesario el empleo de diversos tamaños y formas de municiones para asegurar que el material se ponga en contacto con los ángulos interiores de las piezas.

Cepillado con alambre

Se produce mediante un cepillo de alambre que gira a alta velocidad; es un método usado para limpiar y suavizar superficies.
Se lo utiliza como operación manual, en la que el operario mantiene la pieza contra la superficie del cepillo, ejerciendo presión sobre la misma.
El cepillo de alambre sólo remueve pequeñas rayaduras en la superficie de las piezas.
Seleccionando el cepillo adecuado pueden obtenerse superficies atractivas y satisfactorias sin recurrir a otras operaciones de acabado.

Por agua caliente o vapor

A este método se lo emplea para remover impurezas tales como polvos atmosféricos, suciedad de diverso tipo, hongos, etc., depositados sobre la superficie o en sus intersticios de la misma y que no se encuentran firmemente adheridos. Es

aplicable tanto para metales como para no metales (maderas, mampostería, compuestos, etc.).
Es conveniente saber que este proceso no deteriora o elimina pinturas envejecidas. Si se utiliza a baja presión a temperatura ambiente el grado de limpieza obtenido es ligeramente menor.

Pulido con rueda

Es una operación en la cual la pieza se pone en contacto con una rueda giratoria recubierta con tela que ha sido cargada con un abrasivo muy fino. Es una operación manual, porque debe mantenerse la pieza contra la cabeza giratoria ejerciendo presión constante; por consiguiente, es un proceso caro por el tiempo de mano de obra que se necesita.
Hay máquinas semiautomáticas de pulido, consistentes en una serie de cabezas pulidoras individuales ajustables a las posiciones deseadas, de modo de pulir diferentes zonas de la pieza.
La pieza se mantiene por medio de mordazas sobre una mesa de trabajo circular que gira pasando frente a estas cabezas pulidoras. En este tipo de operación, si la pieza no es muy compleja se obtiene un resultado satisfactorio, con bajos costos de pulido.

Pulido por correa

Es un método que permite obtener superficies parejas. Las piezas se mantienen contra una correa abrasiva en movimiento hasta obtener el grado deseado de terminación. Si se desean superficies planas, la correa pasa sobre una mesa plana en el punto donde la correa y la pieza están en contacto.
Es una operación manual y costosa por la mano de obra y el desgaste excesivo de las cintas, pero se justifica en poca cantidad de piezas con mayor costo relativo.

Química

En algunas etapas del proceso de terminación de metales, esta pieza es necesaria para remover aceites, polvos, escamas de laminación u otros materiales extraños adheridos a la superficie; con frecuencia es necesaria antes de pintar o platear.
Se puede clasificar en cuatro tipos:
1. Baño químico.
2. Desengrase por vapor.
3. Limpieza alcalina.
4. Limpieza con solventes.

Baño químico (pickling)

Este proceso consiste en la remoción de óxidos y suciedades de metales, por inmersión en soluciones ácidas diluidas, que transforman los óxidos en compuestos solubles.
Se lo utiliza para remoción química de la superficie del metal liberándolo de escamas y herrumbre.
La solución más común es un baño con un 10% de ácido sulfúrico o clorhídrico. Se emplea también ácido muriático en frío o en caliente, mezclado con agua. Las piezas deben estar limpias ya que no actúa como detergente.
Después de sacar las piezas del baño se deben enjuagar para quitar los restos de ácido, sumergir en un baño levemente alcalino de modo que se prevenga el oxidado posterior, y cepillar las piezas manual o mecánicamente.
El empleo debe ser cuidadoso, tanto por el peligro que implica su manejo como por las posibilidades de ataque del metal.
Otra alternativa en superficies no muy oxidadas es el empleo de ácido fosfórico, que tiene no solo acción decapante, sino también un efecto pasivante complementario.
En estas condiciones no debe confundirse el uso de ácido fosfórico con los procesos de fosfatizado, que normalmente se realizan por inmersión en caliente y utilizan para esto soluciones de fosfatos

diversos, con el fin de formar sobre el metal una capa pasivante. Esta queda firmemente adherida por reacción química; tiene una acción inhibidora muy efectiva y proporciona una base excelente para la aplicación del esquema de pintado.

Desengrase por vapor

Es un método usado para remover aceite de materiales ferrosos, aluminio o zinc que pueden ser atacados por detergentes alcalinos.
Un solvente es calentado hasta su punto de ebullición y las partes a limpiar son suspendidas en el vapor del solvente. Este vapor se condensa sobre la pieza, limpiándola de grasa y aceite.
Podemos enunciar como ventaja del proceso su bajo costo, y como desventajas, que a menudo debe ser acompañado por una limpieza alcalina para remover el resto de materia orgánica y que no elimina fácilmente la suciedad.

Limpieza alcalina

Es un proceso de limpieza superior al de vapor. El baño debe penetrar en la suciedad y emulsionar los aceites y grasas, permitiendo su eliminación.
Se utiliza generalmente soda cáustica y ciertos tipos de jabón que se le agregan para mejorar el poder de limpieza.
Con posterioridad a la limpieza, las piezas deben ser enjuagadas con agua caliente, previo a la aplicación de procesos de pinturas.

Limpieza con solventes emulsionados

Se realiza utilizando un solvente que generalmente es kerosén mezclado con una solución jabonosa. Las piezas son sumergidas en esta solución y luego se las enjuaga una o dos veces. En caso de ser necesario quitar materia orgánica se deben someter a un lavado alcalino.
Como preparación para piezas que vayan a ser pintadas con posterioridad, la limpieza con solvente y el enjuague son suficientes. Esta operación se utiliza para materiales metálicos como aluminio, plomo y zinc.

Aplicaciones de la pintura

Aplicación a pincel

Aunque este es el método de aplicación más antiguo que se conoce, y su técnica es aparentemente sencilla, la física del proceso es más compleja y no se han realizado descripciones científicas o técnicas de la misma.
Un aspecto fundamental está relacionado con la elección del pincel que se va a emplear (calidad y tamaño) y que deberá adecuarse a las dimensiones de la superficie a pintar y al tipo de acabado que se pretende lograr.
En un pincel son importantes los siguientes aspectos: la calidad de la cerda, su origen (animal, vegetal o sintética), su longitud, cantidad, propiedades mecánicas, la naturaleza de las puntas y la forma como están fijadas al mango.
Es importante que las fibras sean de buena flexibilidad, para que el pincel recupere fácilmente su forma, y que el conjunto esté completo, tanto exterior como interiormente.
Los pinceles de muy buena calidad pueden ser empleados sin ningún tipo de tratamiento previo. Sin embargo es conveniente, antes de la primera utilización, sumergirlos durante 48 horas como mínimo en aceite de linaza crudo, manteniéndolo suspendido a fin de que las fibras no toquen el fondo del recipiente, lo que podría provocar su deformación.
De la manera indicada, el aceite impregna las cerdas y reduce su capacidad de absorción frente a algunos de los componentes de la pintura (por ejemplo el ligante), con lo que se evitan alteraciones de composición en el producto que se aplica. Transcurrido el lapso mencionado, se lavan cuidadosamente con aguarrás mineral para eliminar

el exceso de aceite, pues éste es incompatible con la mayoría de los ligantes actuales empleados en la elaboración de pinturas.
En estas condiciones, el instrumento queda listo para se utilizado. Luego de su empleo deberá ser limpiado cuidadosamente con un disolvente adecuado, compatible con el tipo de pintura que se ha aplicado.
Los pinceles varían en ancho entre 1 y 8 pulgadas. El pincel es apto fundamentalmente para superficies lisas y se debe contar con instrumentos para el pintado de eventuales molduras o zonas poco accesibles; en estos casos suele ser necesario un instrumento de menor tamaño.
Si las formas son muy irregulares (cañerías, hierros en ángulo, perfiles diversos) y no se dispone de soplete puede utilizarse un guante aplicador, que se emplea como si fuera un rodillo, colocando en él la pintura y pasándolo sobre la superficie que se quiera pintar.

Pintado a rodillo

El rodillo se emplea para el pintado de grandes superficies, preferentemente lisas, con un rendimiento mayor que el pincel.
También en este caso hay rodillos de diferentes dimensiones, existiendo algunos de hasta 30 cm de longitud y 8 cm de diámetro. En general, el rodillo está fijado por alguno de sus extremos, lo que facilita su utilización en lugares poco accesibles.
La cuidadosa selección del material de los rodillos y el largo de la fibra son factores esenciales para la rapidez del trabajo y la obtención de un buen acabado. Comparativamente, el área de trabajo efectiva es menor para el rodillo que en el caso del pincel, pero la velocidad de aplicación o de operación es mayor.
Para obtener un buen acabado también es necesario lograr una película lisa, uniforme y exenta de imperfecciones. En las imprimaciones de fondos anticorrosivos de primera mano que se aplican sobre superficies viejas, con muchas irregularidades, es conveniente pintar dicha mano a pincel, para penetrar en todos los desniveles, y continuar a rodillo la aplicación de las restantes.
Lo mismo ocurre en las superficies de acero arenadas o granalladas y en maderas con diferente rugosidad. En cambio, en superficies muy lisas, como las de acero decapado, chapa galvanizada o aluminio, la primera mano puede aplicarse también a pincel.

Pintado a soplete

En el caso de grandes superficies es recomendable la utilización de soplete con el objeto de acelerar los trabajos. Además, este método permite la aplicación de pinturas de rápido secado, sin los inconvenientes que tienen lugar cuando se usa pincel o rodillo y pueden utilizarse también tanto para productos convertibles como para no convertibles.
El pintado a soplete puede realizarse empleando soplete de baja presión, que exige la dilución previa de la pintura, o el soplete sin aire comprimido (airless spray), estos últimos destinados a aplicar productos de características especiales, formulados para tal fin. Con los primeros se pueden obtener espesores de película del orden de 10-15 micrómetros por mano, es decir, inferiores a los que se obtienen a pincel (20-25 micrómetros); en el caso de los equipos airless puede llegarse a espesores de 80-120 micrómetros por capa.

Sopletes convencionales

Los sopletes de baja presión o aerográficos utilizan el aire comprimido, tanto para atomizar el producto como para depositarlo sobre la superficie a pintar. La pintura llega a la superficie en forma de pequeñas gotas, que luego se unen entre sí para formar una película continua.

Como la pistola pulverizadora opera con el principio de producir un chorro de pintura por acción de una corriente de aire, es importante lograr un correcto balance aire-pintura para obtener una buena aplicación y una película de correcta nivelación y buen aspecto.
La cantidad de pintura que sale por la boquilla de la pistola es función del diámetro del orificio de la boquilla, del tipo y viscosidad de la pintura, de la presión de aire y de la apertura de la válvula de aguja que regula la mezcla aire-pintura.
Los factores empleados para controlar el balance aire/pintura son los siguientes:
1. Variación de la viscosidad reduciendo la consistencia del material; entre ciertos límites se incrementa la cantidad de pintura que pasa a través de la boquilla, pero con reducción simultánea del espesor de la película.
2. Regulación del abanico, por medio de un tornillo de ajuste de aire.
3. Regulación de la presión.
Las pistolas de mezclado externo son aquellas en las que el aire comprimido atomiza el producto fuera de la boquilla; se puede aplicar con cualquier tipo de pintura y se trabaja con alta presión. En las pistolas de mezclado interno, la mezcla se produce dentro de la pistola y el sistema pintura-aire es atomizado al salir de la boquilla; la presión de trabajo es menor y se emplea para materiales de secado no tan rápidos como los citados anteriormente (pinturas oleorresinosas, esmaltes sintéticos o alquídicos, etc.).
Los sistemas de alimentación pueden ser diversos, ya que la pistola pulverizadora puede alimentarse por succión o por gravedad. Actualmente, se emplean también sistemas en los cuales la pintura se encuentra en un tanque ubicado a cierta distancia y se la traslada por medio de una manguera; esto permite trabajar con recipientes mayores, y la pistola es más liviana y de fácil manejo.
En la alimentación por gravedad, la selección de la boquilla se realiza de acuerdo con lo que se establece en la tabla; este tipo de pistola se emplea con productos de viscosidad media y baja, en trabajos pequeños donde hay frecuentes cambios de color.
En la alimentación por succión el recipiente está ubicado en la parte inferior y el producto es arrastrado por el vacío que produce el pasaje de la corriente de aire, se mezcla con ella y llega a la boquilla de atomización. Este tipo de pistola se emplea con productos de menor viscosidad, donde se requieren también frecuentes cambios de pintura.
En la alimentación por presión la pintura es forzada a pasar desde el recipiente, colocado en la parte inferior, al cabezal, donde se produce la atomización por acción de una corriente de aire independiente, en una boquilla de mezclado externo. Este tipo de pistola permite aplicar productos de mayor viscosidad y es particularmente apta cuando se trabaja sobre grandes superficies, con un mismo tipo y color de pintura.

Pintado electroestático

Los sistemas de pulverización corresponden a tres tipos: pulverización electroestática pura, pulverización electroestática con aire y pulverización electroestática sin aire.
La pulverización electroestática pura corresponde al caso en que la pintura entra en un recipiente colocado en la pistola, donde un disco gira a alta velocidad, movido por aire comprimido. Las partículas se atomizan y pasan por un hueco de ionización que las carga eléctricamente. Con este sistema se consigue un alto grado de pulverización, lo que permite la carga eficaz de las partículas. Estas, al salir del hueco de ionización, se mezclan con el aire que sale por una abertura circular. La única función del aire es dirigir el chorro de la pintura hacia el objeto a pintar, que

está conectado a tierra. Este sistema de disco es el de mayor eficiencia de los tres que se mencionan.
La pulverización electroestática con aire combina la pulverización electroestática con la convencional. La cámara de ionización se encuentra en un recipiente dentro de la pistola, al cual llega la pintura a presión, la que es enviada a una boquilla de mezclado externo donde el aire atomiza la pintura y la proyecta sobre el objeto a recubrir. Las partículas de pintura adhieren y penetran en las cavidades e irregularidades por la velocidad con que llegan al mismo. El consumo es mayor porque se produce un rebote sobre el objeto tratado, por acción del aire.
La proyección electroestática a alta presión constituye el método en el cual la pintura llega a la boquilla de la pistola impulsada por una bomba neumática. En ese lugar se producen dos efectos: la alta presión atomiza la pintura y el hueco de ionización existente en la salida carga eléctricamente las partículas de la pintura. La elevada velocidad de salida de la pintura reduce la posibilidad de llegada del producto a la parte posterior de la superficie en tratamiento.
Todos estos sistemas permiten una gran economía de material respecto de los de sopleteado convencional y neumático, y las cifras son de significación. En el caso de disco giratorio o turbina, la economía de material es del 50 al 85%; en el soplete convencional, de 25 a 50%; en el electroestático sin aire comprimido, de 30 a 70%, y en el normal sin aire comprimido, de 15 a 35%.
Existen sistemas automáticos que equipan líneas de producción, donde los atomizadores se encuentran adecuadamente distribuidos para conseguir un recubrimiento de espesor uniforme. El sistema puede ser de tipo de campana, y el objeto puede ser girado y orientado a voluntad. Aceleran notablemente la producción con una importante reducción de pérdidas de pintura.

Pulverizado de dos componentes

El desarrollo de polímeros de alta resistencia, que endurecen por reacción química entre la resina y un agente de curado, ha determinado el desarrollo de sistemas de aplicación especiales.
Las pinturas epoxídicas y poliuretánicas se comercializan en dos envases, que corresponden a la base (pigmentada o no) y al catalizador. Las proporciones de mezclado son definidas por el fabricante y no deben alterarse. Cuando se produce la mezcla de ambos componentes, la reacción comienza después de un período de inducción de unos 15 minutos, progresando gradualmente a temperatura ambiente, con aumento de la viscosidad de la masa; al cabo de un cierto lapso la mezcla, aun cuando no haya sido aplicada, se vuelve sólida. Por este motivo, el material mezclado no puede permanecer en el interior del sistema de aplicación durante un período prolongado, en caso contrario quedaría inutilizado. Luego, el equipo debe ser cuidadosamente limpiado con disolventes adecuados.
Por ello, para resolver el problema del pintado de productos de dos componentes se deben emplear dispositivos especiales donde el mezclado se realiza a la salida de la boquilla, y que incluyen dispositivos para la dosificación de la mezcla, de regulación de la proporción de base a catalizador, de mezclado de los dos componentes y de un sistema de calentamiento para reducir la viscosidad.
Hay dos métodos de mezclado de base y catalizador: el hidráulico y el mecánico.
El primero utiliza una alta velocidad de flujo para obligar a la base y al catalizador a pasar por un orificio muy pequeño, al cual llegan juntos o separados. En estas condiciones, el aumento de la velocidad de flujo que se produce en el lugar genera la turbulencia necesaria para lograr un mezclado correcto. Esto puede ocurrir en una cámara especial, dentro de la pistola o en la boquilla misma.

El método mecánico posee una pistola en cuyo interior hay un agitador impulsado por aire, que produce el mezclado de la base con el catalizador, que llegan por separado.
Existen tres tipos de dosificación:
1. Alimentación por presión: cada componente es forzado a pasar desde un tanque a presión a través de un caudalímetro de salida regulable.
2. Alimentación por bomba neumática: es el método más seguro y da una proporción exacta de cada componente en la mezcla; la dosificación se consigue ajustando la carrera del pistón o cambiando el diámetro de los pistones.
3. Alimentación por bomba de engranajes: se emplea debido a su pequeño tamaño, bajo costo e impulsión eléctrica. No requiere aire comprimido. La variación en la velocidad relativa de una bomba con respecto a la otra no es tan eficiente como la bomba de pistón, y tiene límites de viscosidad para el manejo de los materiales.

Pulverización en caliente

Una película continua se logra por reunión de un gran número de gotas de la pintura pulverizada, cuando estas se depositan y extienden sobre una superficie.
En el sopleteado convencional en frío, la viscosidad ideal se consigue por la adición de un diluyente, con la consiguiente caída en el rendimiento del sistema en lo relacionado con el espesor de la película que se alcanza.
La reducción de la viscosidad puede lograrse también calentando el producto a atomizar.
La pulverización en caliente puede realizarse tanto con soplete convencional como con tipo airless. En el caso de la pulverización convencional, la pintura se bombea a un calentador de serpentín (calentamiento directo) o a un intercambiador (calentamiento indirecto). Así se alcanza la temperatura requerida y luego, por la manguera, se envía al soplete. El flujo se mantiene debido a que hay circulación sólo cuando se aprieta el gatillo de la pintura pulverizadora.
En el sistema de alta presión la bomba neumática hace llegar la pintura al calentador, a alta presión; allí alcanza la temperatura correcta y es llevada luego a la pistola. En este caso, una parte de la pintura se recicla para mantener la temperatura en el trayecto a la pistola y para evitar el sobrecalentamiento del producto en el intercambiador. Con este sistema se consigue también mejorar la adhesión. En el caso particular de las lacas, la temperatura elevada elimina la humedad y reduce la tendencia al blanqueo.

Revestido de polvo (Power Coatings)

El disolvente presente en la pintura facilita su aplicación, mejora la adhesión al mojar la superficie y confiere nivelación a la película, lo que permite tener un buen aspecto final. Sin embargo, este solvente impone límites respecto del espesor de la película, si se quiere obtener una superficie libre de desniveles. Por otra parte, los disolventes son agresivos y se deben utilizar complejos sistemas de extracción para evitar contaminar el ambiente de trabajo.
Esto llevó al desarrollo de pinturas constituidas en un 100% por sólidos, es decir, libres de disolventes y diluyentes. Se trata en general de materiales de dos componentes a base de resinas epoxídicas de bajo peso molecular.
Tres son los métodos de aplicación desarrollados: el de lecho fluidizado, el de lecho electro-fluidizado y el pintado electroestático.
Obtenida la película de pintura por cualquiera de los tres métodos, el recubrimiento debe ser horneado para lograr su curado y consiguiente secado.
En la aplicación por lecho fluidizado se emplea un polvo termoplástico, con un tamaño de partícula

ajustado a 0,1-0,2 mm, el cual es colocado en un tanque con fondo perforado. Se aplica aire a baja presión sobre esta base perforada para mantener polvo en suspensión. Luego, el artículo a pintar es precalentado a 10-20ºC por encima del punto de fusión del polvo y sumergido en el lecho fluidizado durante unos segundos.

El espesor de la película final es de 250-300 micrómetros. Si la masa de metal y la temperatura de precalentamiento son suficientes, no es necesario un horneado final a temperatura menor para producir el curado final de la pintura.

La aplicación por lecho electrofluidizado constituye un avance respecto del anterior, que incorpora un dispositivo situado justo sobre la base perforada; éste se carga con un alto potencial que se transmite al polvo suspendido.

El objeto a pintar entra frío y conectado a tierra con respecto al polvo, recubriéndose totalmente como consecuencia de la diferencia de potencial existente. El polvo que se emplea con este método es más fino y los espesores de película que se logran son menores. Una limitación importante que se observa es que, pasado cierto espesor, hay polvos que actúan como aislantes, no continuando la deposición. El secado se realiza por posterior horneado de la pieza.

La aplicación de pintura electroestática en polvo es un método en el cual el aire y el polvo llegan a una cámara de mezclado donde se unen y salen por la boquilla de la pistola, que es el lugar donde se encuentran el hueco de ionización que carga eléctricamente las partículas. Las partículas son impulsadas tanto por el aire como por el campo eléctrico, y luego el artículo recubierto es trasladado a un horno a 180-200ºC para el secado.

Este sistema presenta la ventaja de tener muy bajas pérdidas de pintura, ya que el polvo no depositado sobre el objeto cae y es recogido por una unidad de recuperación y vuelto a usar. La pintura se deposita sobre ambas caras del objeto, proporciona una capa libre de poros y de espesor uniforme y el polvo puede alcanzar las cavidades más variadas del objeto. Como contraparte, sus costos de instalación son elevados, no proporciona un acabado de gran calidad, y se necesita una limpieza cuidadosa durante las operaciones de cambio de color.

Particularidades del pintado de los plásticos

Obtener cualquier color, sea metalizado o sólido; modificar el aspecto superficial, brillo o textura de la pieza; mejorar su resistencia a la abrasión o al rayado; disimular defectos de moldeo; ampliar su resistencia a los disolventes u otros agresivos químicos; mejorar su comportamiento a la intemperie y evitar la exudación de plastificantes son algunas de las causas que obligan al pintado de los plásticos. Sin embargo, en muchos casos priman razones puramente decorativas y estéticas. El pintado ofrece efectos y acabados no alcanzables de otra forma, con unas características que complementan y superan a las del plástico sin pintar. Con todo, si el sistema elegido para el pintado no es el correcto se pueden obtener resultados totalmente opuestos al propósito original. Para efectuar de forma acertada esta elección, pues, deben conocerse las características del plástico a pintar y los requerimientos de los diferentes procedimientos de pintura.

Una de las características que hay que conocer es la temperatura que podrá soportar el material plástico que se debe pintar, ya que con ello se puede saber a qué temperatura se podrá efectuar el secado de la pintura, o cualquier otro tratamiento que se deba realizar con recurso térmico, sin provocar deformaciones en el material.

Estas temperaturas pueden variar ligeramente según la cantidad de cargas o fibras de relleno que lleve el material y que permiten, gracias a una mayor consistencia y reforzamiento del plástico,

un mejor comportamiento frente a incrementos de temperatura de corta duración.
La resistencia del material frente a distintos disolventes es otra característica que interesa conocer, porque permite discriminar aquellos que puedan producir problemas en el desengrasado o en la aplicación de la pintura.
En el caso de pinturas de base solvente, mayoritarias en nuestro país, se deben seleccionar aquellas que no contengan disolventes que puedan atacar al material. Disolventes no adecuados resultarán agresivos y producirán ataques en los plásticos sensibles, dando origen a reblandecimientos por disolución del material plástico y creando tensiones superficiales que disminuyen las propiedades mecánicas del conjunto.
Se debe tener muy en cuenta el sector en el que se utilizará la pieza pintada, ya que los requerimientos en cuanto a exigencia y durabilidad no serán los mismos. No se tratará de igual forma, especialmente debido a factores económicos, un objeto de escritorio, un juguete, un equipo de alta fidelidad o una pieza del interior de un automóvil, por citar algunos.
La pieza pintada deberá superar unas especificaciones técnicas que pretenden ser el reflejo de las situaciones de esfuerzo a que se verá sometida durante su vida útil, comprobaciones que se evaluarán según normas estandarizadas y reconocidas.
Una característica a tener muy en cuenta en la pintura es la flexibilidad, ya que ésta debe estar en consonancia con el substrato plástico y debe cumplir unas prestaciones que lo mantengan resistente frente a solicitaciones mecánicas, factores climáticos y factores agresivos de tipo químico.
La resistencia al impacto de un elemento plástico pintado (ABS, PC, etc.) puede verse disminuida debido al uso inadecuado de pinturas excesivamente rígidas o por la utilización de disolventes agresivos. Si la pintura es excesivamente rígida, al producirse un impacto, la deformación producida rompe la película de pintura que, a su vez, al estar muy bien adherida sobre el substrato, da origen a una grieta, a modo de entalla, que se transmite al plástico debilitándolo.
El pintado de materiales plásticos, en cuanto a equipo e instalación, no difiere excesivamente del de otros materiales, por ejemplo los metales, teniendo en cuenta siempre las citadas limitaciones de ciertos plásticos ante temperaturas elevadas o el empleo de algunos disolventes. Por otra parte, se han desarrollado técnicas específicas adaptadas a los plásticos.
Las técnicas de aplicación de la pintura sobre el plástico son, a grandes rasgos, las siguientes: método aerográfico, método electroestático, pintado de la pieza en el molde y metalización por alto vacío.

Métodos aerográficos

Consisten en la pulverización mediante pistola aerográfica, manejada de forma manual o bien con robots programables. Es el método más ampliamente utilizado.

Métodos electrostáticos

La pieza se recubre mediante la utilización de equipos de pulverización electroestáticos, previa conversión de la pieza de plástico en conductora. Esta técnica aprovecha la atracción electroestática entre la pieza y las partículas de pintura que se proyectan, con carga de signo distinto al de la pieza. De esta forma se consigue minimizar las pérdidas por aerosol, con el consiguiente aumento del rendimiento de la pintura.
La pieza se carga recubriéndola con una imprimación que le dé anclaje (las imprimaciones son pinturas que no pueden ser consideradas como acabados con efectos estéticos, sino que persiguen una determinada funcionalidad) aunque este sistema a veces no compensa desde el punto de vista económico. Algunas piezas, como por ejemplo las

que llevan aserrín como carga, pueden pintarse directamente por métodos electrostáticos.
La aplicación electroestática puede automatizarse de la misma forma que en los sistemas aerográficos.

Pintado de la pieza en el molde, técnica IMC (In Mould Coating)

Este método es exclusivo de los materiales plásticos y permite utilizar diversas técnicas que difieren ligeramente unas de otras.
Por ejemplo, para la obtención de piezas de espuma PUR pintadas en el molde, se sigue el siguiente procedimiento:
1. Pulverización del interior del molde, calentado a 40ºC, con agente antiadherente.
2. Pulverización de la pintura de acabado sobre el antiadherente.
3. Cierre del molde e inyectado de los materiales de espumado, debidamente dosificados.
4. Proceso de reacción y curado.
5. Apertura del molde y extracción de la pieza pintada.

Obtención de piezas de SMC pintadas en molde

Las piezas de SMC presentan por lo general problemas de poros, que son detectados incluso después del pintado. Para evitar esta situación se recurre a la aplicación de pintura altamente reactiva, que actúa de selladora o tapaporos en la misma operación de moldeo. Las operaciones que se efectúan son las siguientes:
1.Dosificación del mat de poliéster en el molde.
2. Prensado y reacción de endurecimiento del material.
3. Apertura del molde, sólo unos milímetros, para dosificar mediante inyectores la pintura selladora reactiva.
4. Cierre del molde y prensado para distribuir la pintura selladora por toda la superficie.
5. Curado de la pintura y el SMC.
6. Apertura del molde y extracción de la pieza.

Cuando se utiliza este procedimiento puede inyectarse, en la operación de apertura del molde, una pintura conductora a modo de imprimación que permite aplicar posteriormente un acabado de color mediante sistema electrostático.

Metalización por alto vacío

Consiste en dar apariencia metálica a una pieza de plástico. Es una técnica muy utilizada, por su utilidad decorativa y técnica, en los sectores de automoción, bisutería, material sanitario, juguetería, perfumería y electrónica, por citar sólo unos cuantos.
Las etapas a seguir son las siguientes:
1. Aplicación de una mano de barniz (pintura que forma una película transparente) incoloro sobre el material plástico, para sellar posibles poros y dar anclaje al aluminio.
2. Secado.
3. Introducción de las piezas en campana de vacío para efectuar la deposición del metal, generalmente aluminio. Se parte de una pieza de este metal colocada en el interior de una resistencia de wolframio.
4. Cierre de la campana; se efectúa entonces un vacío y se calienta la resistencia, por lo que el aluminio sublima (pasa de sólido a gas) —ya que su temperatura de sublimación es mucho más baja en el vacío— y se deposita en las zonas frías, o sea, en las piezas. Este aluminio depositado en las piezas barnizadas forma una fina película de un intenso brillo metálico.
5. Apertura de la campana y extracción de las piezas.
6. Aplicación de barniz de protección; este barniz puede ser coloreado si se desea un color final

distinto al del aluminio.
7. Secado del barniz de protección.

Preparación de la superficie: en el pintado deben tenerse en cuenta una serie de recomendaciones referentes a la preparación de la superficie, los parámetros de la pintura y la puesta a punto del equipo e instalación en general. Estas recomendaciones son de extrema importancia para evitar posibles problemas de pintado, que se traducirán en piezas con imperfecciones que deberán ser rechazadas con el consiguiente costo económico, al que hay que añadir la siempre difícil, por no decir imposible, recuperación de las piezas defectuosas.
Hay que tener en cuenta, además, que los materiales plásticos deben admitir el repintado, es decir, la aplicación de una capa sobre otra, porque no pueden decaparse (no puede eliminarse la capa de pintura).
La pieza debe presentar una superficie limpia y seca, apta para recibir la capa de pintura, por lo que en esta fase se prepara la pieza para evitar todos los elementos perturbadores de un buen pintado mediante una operación de desengrase y limpieza que elimina cualquier resto de desmoldante, polvo, grasa, etcétera.
Si el plástico es sensible a los disolventes se utilizarán materiales de limpieza acuosos (en medio ácido o alcalino), alcoholes o hidrocarburos alifáticos. En el caso de los plásticos más resistentes a los disolventes pueden utilizarse también disolventes clorados en fase vapor, aunque tienen poco futuro por razones medioambientales y de higiene industrial. Lo que se recomienda siempre, si se utilizan disolventes, es que éstos sean de rápida evaporación. Con todo, esta operación puede obviarse si no se han utilizado desmoldantes.
Debido a la tendencia de los plásticos a acumular cargas electrostáticas y, consecuentemente, a atraer y retener el polvo, las piezas deberán pasar a través de una estación de soplado con aire ionizado para eliminar este polvo. Esta operación se efectuará inmediatamente antes del pintado. Una precaución elemental al manipular las piezas es la utilización de guantes.

Pretratamientos para aumentar la polaridad

Algunos tipos de plásticos, como las poliolefinas, no pueden pintarse de forma satisfactoria porque su baja polaridad impide que el recubrimiento se adhiera de forma adecuada. Entonces, deben efectuarse pretratamientos complementarios que originen transformaciones en la superficie de los plásticos y un aumento de la polaridad del material, con vistas a una mejor adherencia de la capa de pintura aplicada.
Los métodos utilizados para aumentar la polaridad son el tratamiento corona (transformación superficial a base de descargas de alta tensión), tratamiento con plasma a baja presión, ataque con ácido crómico en caliente, aplicación de una solución de benzofenona y aplicación de radiación ultravioleta, flameado y aplicación de solución de poliolefinas cloradas; los dos últimos son los métodos más utilizados.
El flameado consiste en recorrer la superficie del plástico con una llama oxidante, que provoca un aumento de la polaridad del material y facilita por ello su pintado. Este tratamiento se complementa en muchos casos con la aplicación posterior de un promotor de adherencia a base de poliolefinas cloradas, o sea, la aplicación de una ligera película de este producto sobre la superficie de la pieza mediante pulverización aerográfica o por simple inmersión.
Efectuada la aplicación por uno u otro método, bastará esperar unos minutos para que, una vez evaporados los disolventes que componen dicha solución, pueda procederse a la aplicación de la o las siguientes capas de pintura. Se insiste en la necesidad de aplicar una capa muy fina del producto, ya que de lo contrario la adherencia

podría no ser satisfactoria.

En el caso del POM (polióxido de metileno), plástico de muy difícil adherencia, se requiere un ataque con una solución de ácido fosfórico caliente durante unos minutos. Una vez realizado cualquiera de los tratamientos descritos, se pasará a la etapa de pintado propiamente dicha.

Tabla 15. PROPIEDADES Y APLICACIONES DE REVESTIMIENTOS POLIMÉRICOS

Nombre	*Método de aplicación*	*Método de curado*	*Resistencia a la humedad*	*Adherencia a los metales*	*Flexibilidad*	*Usos típicos*
Acrílico	Atomización, pincel, inmersión.	Secado al aire	Buena	Excelente	Buena	Laca para automóviles, tableros, partes, circuitos.
Alquídicos	Atomización, pincel, inmersión.	Secado al aire	Baja	Excelente	Regular	Esmalte para automóviles
Epoxi-fenólico	Atomización, inmersión.	Reacción horneado	Excelente	Excelente con imprimante	Buena	Aislamiento eléctrico
Fluorocarbono	Atomización, inmersión.	Fusión de solvente	Excelente	Excelente	Excelente	Utensilios para cocina de alta temperatura
Fenólicos	Atomización, inmersión.	Calor	Excelente	Excelente	Regular	Película de horneado a alta temperatura
Nylon	Llama, atomización.	Ninguno	Regular	Excelente	Regular	Alta temperatura cojinetes de baja fricción.
Poliestireno	Atomización, inmersión.	Evaporación del solvente	Buena	Baja	Regular	Película para rollos (alambre-cable)
Poliuretano	Atomización, pincel, inmersión.	Secado al aire	Buena	Bueno con imprimante	Buena	Muebles
Silicona	Atomización, pincel, inmersión.	Secado al aire a horneado	Excelente	Excelente	Excelente	Recubrimientos resistentes al calor
Cloruro de vinilo	Atomización, rodillo, inmersión.	Secado al aire	Buena	Buena a excelente	Excelente	Película para tarros, muebles.
Caucho de butilo	Atomización, inmersión, pincel	Secado al aire	Excelente	Buena a excelente	Excelente	Sustituto superior del caucho natural.
Caucho de cloropreno		Secado al aire	Excelente	Buena a excelente	Excelente	Protección para artículos deportivos
Fluoroelastómero		Secado al aire	Excelente	Buena a excelente	Excelente	Pinturas de mantenimiento en ambientes hostiles
Neoprene		Aire o calor	Excelente	Requiere Primer		

Plásticos

Estos materiales nacen a partir de una reacción química llamada polimerización. En dicha reacción los monómeros se unen entre sí para formar los polímeros.

Los plásticos se producen a partir de recursos naturales como petróleo, gas natural, carbón y sal común. Las moléculas pueden ser de origen natural, como la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrelazadas, dependiendo del tipo de plástico.

Los plásticos tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo.

Una de las aplicaciones principales es el empaquetado. Se comercializa una buena cantidad de PEBD (polietileno de baja densidad) en forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. El polietileno de alta densidad (PEAD) se usa para películas plásticas más gruesas, como la que se emplea en las bolsas de basura. Se utilizan también en el empaquetado, el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y el cloruro de polivinilideno (PCVO). Este último se usa en aplicaciones que requieren estanqueidad, ya que no permite el paso de gases (por ejemplo, el oxígeno) hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas, y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas.

La construcción es otro de los sectores que más utilizan todo tipo de plásticos, incluidos los de empaquetado descritos anteriormente. El PEAD se usa en tuberías, del mismo modo que el PVC. Éste se emplea también en forma de hoja, como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos, y el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico marcos para puertas, ventanas y techos, molduras y otros artículos.

Otros sectores industriales, en especial la fabricación de motores, dependen también de estas sustancias. Algunos plásticos muy resistentes se utilizan para fabricar piezas de motores, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión, bombas de combustible y aparatos electrónicos.

Los plásticos se emplean también para fabricar carcasas para equipos de oficina, dispositivos electrónicos, accesorios pequeños y herramientas. Entre las aplicaciones del plástico en productos de consumo se encuentran los juguetes, las maletas y artículos deportivos.

Dado que los plásticos son relativamente inertes, los productos terminados no representan ningún peligro para el fabricante o el usuario. Sin embargo, se ha demostrado que algunos monómeros utilizados en la fabricación de plásticos producen cáncer. De igual forma, el benceno, una materia prima en la fabricación del nylon, es un carcinógeno. Los problemas de la industria del plástico son similares a los de la industria química en general. La mayoría de los plásticos sintéticos no pueden ser degradados por el entorno. Al contrario que la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el metal y el vidrio, no se oxidan ni se descomponen con el tiempo. Se han desarrollado algunos plásticos degradables pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en la

mayoría de los basurales.
En definitiva, la eliminación de los plásticos representa un problema medioambiental. El método más práctico para solucionar este inconveniente es el reciclaje que se utiliza, por ejemplo, con las botellas de bebidas gaseosas fabricadas con tereftalato de polietileno (PET). En este caso, el reciclaje es un proceso bastante sencillo. Se están desarrollando soluciones más complejas para el tratamiento de los plásticos mezclados de la basura, que constituyen una parte muy visible, si bien relativamente pequeña, de los residuos sólidos. Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. A modo de ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible; los lubricantes reducen la fricción, y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Elección del plástico adecuado

Al prepararse a diseñar un producto elaborado total o parcialmente con material plástico, el diseñador debe investigar:

1. Las propiedades físicas, térmicas, eléctricas y químicas del plástico, para determinar si podrá resistir las condiciones específicas de trabajo a que será sometido, y establecer el término probable de su duración útil.
2. Las limitaciones que el material plástico impone al diseño, que están relacionadas en cierto modo con sus propiedades físicas, pero que dependerán en gran parte del método de producción de la pieza.
3. La economía de la producción en la que deben considerarse el costo de las herramientas y las matrices, el tiempo empleado en su ejecución y la cantidad de piezas que se espera producir con el equipo inicial de herramientas y máquinas.
4. El costo del producto plástico en relación con el mercado de productos similares elaborados con otros materiales, teniendo en cuenta las ventajas que puede ofrecer el producto plástico en sus cualidades estructurales, su poco peso y su aspecto. En muchos casos se podrá sacrificar al aspecto una o dos consideraciones relacionadas con la resistencia.

La larga serie de los materiales plásticos, muchos de los cuales se pueden obtener con propiedades físicas específicas para satisfacer determinadas demandas de aplicación, hace que el diseñador no muy preparado en el campo de los plásticos experimente dificultades para elegir con exactitud el material apropiado. Abundante información se ha publicado acerca de los diversos materiales, sus propiedades y sus características; pero es tan grande su cantidad y tan amplio el campo de aplicación, que es difícil para el diseñador obtener un cuadro claro y definitivo que le permita evaluar los materiales plásticos en relación con el particular problema de diseño que deba resolver.
Un método para clasificar los materiales plásticos que revisten interés para el diseñador industrial, consiste en dividirlos en grupos de materiales termoestables y materiales termoplásticos:

Termoestables: su estructura química está formada por moléculas entrelazadas, lo cual produce que, cuando se moldean por acción del calor, sufra un cambio químico y ya no se pueda modificar su forma. En algunos casos pueden ser muy duros, aunque frágiles, y en otros, blandos y flexibles.

Termoplásticos: poseen un ordenamiento molecular lineal y ramificado. Esta estructura química

Cuadro 17. TERMOESTABLES	
Denominación	*Sigla*
Anilina-Formaldehído	**AF**
Butadieno-Estireno	**SB**
Éter de Polifenileno Modificado	**PPE**
Fenol-Formaldehído	**PF**
Furfurílicas	**PFF**
Melamina Formaldehído	**MF**
Oxido de Polifenileno	**PPO**
Poliaril Éter Cetonas	**PAEK**
Policloropreno	**CR**
Poliéster	**UP**
Poliéter Sulfona	**PESU - PES**
Poliéter-Imida	**PEI**
Polisulfona	**PSU**
Politetrafluoretileno	**PTFE**
Politrifluorcloroetileno	**PCTFE**
Poliuretano	**PUR**
Resinas Alcídicas	**RA**
Resinas de Poliéster Insaturado	**UP**
Resinas Epoxi	**EP**
Siliconas	**SI**
Urea-Formaldehído	**UF**

no sufre cambios durante el calentamiento. Esto significa que se pueden calentar y moldear cuantas veces se desee. Aunque se endurezcan al enfriarse, se pueden fundir y volver a tomar una nueva forma por efecto del calor y la presión. Son flexibles y resistentes a los golpes.

Termoestables

Anilina – Formaldehído (AF)

Se obtiene de la condensación de la anilina con el formol.

Nombres comerciales

Anilín-Harz (Alemania), Dilectene (Estados Unidos y Francia), Cibanite (Suiza) y Panilax (U.K.).

Propiedades

- Resina termoestable de alto punto de reblandecimiento y escasa fluidez.
- Los materiales resinosos son amarillos o marrones, transparentes o translúcidos en filamentos.
- No le afectan los cambios de humedad, las bacterias, ni los hongos.
- No es higroscópica, ni frágil.
- Las características mecánicas y de trabajo son muy buenas.
- Tiene dificultades para el moldeo.
- Puede laminarse sin alteración a 100-120º C.
- Pueden formarse pastillas en frío.
- Las temperaturas de reblandecimiento y otras características varían según las proporciones de sus componentes.

Tabla 16. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Materiales	*Siglas*	*Temperatura del molde en ºC*	*Densidad en kg/dm³*	*Temperatura de inyección en ºC*	*Presión de inyección en kg/cm²*	*Factor de contracción*	*Contracción de moldeo en %*	*Conductibilidad calorífica en cal/cm/cm²/seg*	*Coeficiente de dilatación lineal*	*Calor específico cal/gr/ºC*
Agua	**H2O**									1
Aire										0,23
Acero								130	1,2	0,118
Acrilonitrilo-Butadieno Estireno	**ABS**	60	1,01 1,10	180 320	420 1400	1,3	0,3 0,6	3,1 6	6 13	0,35 0,38
Acetato de Celulosa	**CA**	45 60	1,24 1,34	168 254	560 2240	2 2,6	0,3 0,7	4 8	8 16	0,3 0,42
Acetibutirato de Celulosa	**CAB**	65 80	1,15 1,22	168 249	560 2240	2 2,4	0,2 0,5	4 8	11 17	0,3 0,4
Propionato de Celulosa	**CAP**		1,18 1,24	168 260	560 2240	2 2,4	0,1 0,5	5,3	11 17	0,38 0,4
Etilcelulosa	**EC**	40 65	1,09 1,17	177 260	560 2240	1,8 2,4	0,5 0,9	3,8 7	10 20	0,3 0,75
Polietileno de Baja Presión - Alta Densidad	**HDPE**	40 55	0,94 0,96	165 316	700 1400	2	2 5	11 12,4	11 13	0,55
Polietileno de Alta Presión - Baja Densidad	**LDPE**	40 60	0,91 0,93	149 260	560 1050	2,1 3,6	3 5	8	16 18	0,55
Poliamida 6-6	**PA6**	70 135	1,09 1,15	243 282	700 1750	2,1 2,2	1,5	5 6	11 14,5	0,55
Poliamida 11	**PA11**		1,04	200 225	500 1500		0,7 2,5	7	11	0,58
Policarbonato	**PC**	80 90	1,2	275 300	700 2100		0,5 0,7	4,6	7	
Policlorotrifluoretileno	**PCTFE**	80 120	2,1	230 290	1400 2800	2	0,5 1	6	7 4,5	0,22
Polimetacrilato de Metilo	**PMMA 120**	45 120	1,17 1,2	193 254	700 1400	1,6 2	0,2 0,8	10 4	10 5	0,35
Polipropileno	**PP**	70 100	0,9 0,91	199 288	700 1400	2	1 2	3,3	11	0,46
Polióxido de Fenileno	**PPO**	90 120	1,06	288 338	1050 1410	2 3,5	0,7	4,5	2,7 3,1	
Polisulfona	**PPSU**		1,24	343 399	1050 1410	1,8 2,2	0,7	6,2	5,6	
Poliestireno	**PS**	50 65	1,04 1,08	160 320	700 2100	1,6 2,3	0,1 0,6	2,4 3,3	6 8	0,32
Poliestireno Anticalórico	**PS**	80 90	1,05 1,11	180 370	700 2310	1,6 2,4	0,1 0,8	1,9 3	6 8	0,32 0,35
Poliestireno Antichoque	**PS**	60 70	0,98 1,1	190 320	700 2100	1,6 2,4	0,2 0,8	1 3	3,4 21	0,32 0,35
Poliuretano	**PUR**		1,2 1,2	177 190	1410		0,9	7,8	11	
Policloruro de Vinilo Plastificado	**PVC**	60 70	1,16 1,35	180 195	560 1750	2 2,6	1 5	3 4	7 25	0,3 0,5
Policloruro de Vinilo Rígido	**PVC**	40 50	1,35 1,45	160 205	1050 2800	2 2,4	0,1 0,4	3 7	5 18,5	0,2 0,28
Policloruro de Vinilideno	**PVDC**		1,65 1,72	150 205	700 2100	2	0,5 2,5	3	19	0,32
Poliestireno Acrilo-Nitrilo	**SAN**	80 85	1,075 1,1	190 320	700 2310	1,6 2,4	0,2 0,5	2,9	6 8	0,32 0,34
Polimetil Penteno	**TPX**		0,83				1,5 3		11,5	

Tabla 17. COMPARATIVO DE MATERIALES TRANSPARENTES EN PLANCHAS

Propiedades				Materiales													
				Acrílico Colado PMMA		Polietilentereftalato				Policarbonato Compacto PC		Poliestireno PS		Policloruro de Vinilo PVC		Vidrio	
						PETG		PET									
Tipo		Método ASTM	Unidades														
Ópticas	*Transparencia*	*D-1003*	*%*	**E**	92	**MB**	88	**MB**	88	**MB**	84	**B**	82	**B**	82	**MB**	84
	Resistencia a rayos UV			**MB**		**R**	Amarilleo	**R**	Amarilleo	**B**		**M**	Amarilleo	**M**	Amarilleo	**E**	
Mecánicas	*Resistencia a la Tracción*	*D-0638*	*kg/cm²*	**B**	490 / 770	**B**	560 / 750	**B**	570 / 780	**B**	600 / 680	**M**	350 / 640	**B**	420 / 500	**MB**	69.000
	Resistencia a la Flexión	*D-0790*	*kg/cm²*	**MB**	800 / 1.100	**MB**	800 / 1.000	**MB**	780 / 1.000	**MB**	850 / 1.000	**B**	560 / 980	**MB**	700 / 1.100	**M**	
	Resistencia al Impacto	*D-256IZOD*		**B**	1,5 / 2,5	**MB**	4,0 / 5,0	**MB**	4,0 / 5,0	**E**	10,0 / 16,0	**R**	1,0 / 2,0	**MB**	5,0 / 20,0	**M**	
	Resistencia al Rayado	*D-0785*		**B**	M 100	**R**	M 70 / 78	**R**	M 70 / 80	**M**	M 70 / 78	**R**	M 70 / 80	**R**	M 65 / 85	**E**	
	Rigidez			**MB**		**B**		**B**		**B**		**B**		**B**		**E**	
Procesado	*Moldeabilidad*			**E**		**E**		**E**		**B**		**E**		**E**		**M**	
	Curvado en frío			**B**		**MB**		**R**		**E**		**MB**		**MB**		**M**	
	Maquinado			**E**		**MB**		**B**		**MB**		**R**		**MB**		**M**	
	Facilidad de reparación de rayas			**E**		**B**		**R**		**M**		**M**		**M**		**M**	
Varias	*Peso específico*	*D-0792*		**MB**	1,19	**MB**	1,25	**MB**	1,35	**MB**	1,2	**MB**	1,05	**MB**	1,32	**M**	2,2
	Rango de espesores		*mm*	**MB**	2-100 Amplio	**R**	1,5 - 10 Limitado	**R**	1 - 2 Limitado	**R**	2 - 12 Limitado	**R**	1 - 10 Limitado	**R**	1 - 6 Limitado	**B**	2 - 20 Inexacto
	Posibilidad de colores			**E**		**R**		**R**		**R**		**M**		**R**		**R**	
	Reciclabilidad			**E**	SI	**E**	SI	**E**	SI	**M**	NO	**E**	SI	**R**	Parcial	**E**	SI
	Resistencia a la intemperie			**E**		**R**		**R**		**R**		**M**		**M**		**E**	
Térmicas	*Aislación Térmica*			**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**R**	
	Coeficiente de dilatación lineal		*cm/cm ºCx10-6*		5,0 / 9,0		7,0		7,0		6,0 / 7,0		6,0 / 8,0		5,0 / 9,0		0,26 / 0,58
	Comportamiento la combustión			**R**	Arde Lentamente	**R**	Arde Lentamente	**R**	Arde Lentamente	**B**	Auto extinguible	**M**	Arde Lentamente	**MB**	No arde	**MB**	No arde
Químicas	*Resistencia química ambiental*			**MB**		**R**		**R**		**R**		**M**		**R**		**E**	
	Limpieza y mantenimiento			**B**		**B**		**B**		**R**		**M**		**M**		**E**	
Seguridad	*Astillamiento*			**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**MB**		**M**	
	Humos tóxicos combustión			**MB**	NO	**MB**	NO	**MB**	NO	**M**	SI	**M**	SI	**M**	SI	**E**	NO

E, B, M, MB, R: Excelentes, buenas, malas, muy buenas y regulares.

Transformaciones
Moldeo por compresión y coladas con adición de diversas cargas refrigerando el molde.

Tratamientos
Los aditivos de coloración admisibles son limitados.

Aplicaciones
Se utilizan para aislamientos electromagnéticos y de alta frecuencia, aparatos telefónicos, paneles para tableros y conmutadores eléctricos, estratificados con panel y soportes para tubos de televisión.

Presentación comercial
Semielaborados, estratificados y laminados.

Butadieno – Estireno (SB)
Por emulsión se obtiene un copolímero formado por cinco partes de butadieno y una de estireno.

Nombres comerciales
Buna-S (Alemania), Butazote (U.K.), Butaprene SS (U.S.A.) y Priolite S (Estados Unidos).

Propiedades
- Recuperación rápida después de estirado.
- Resistencia al calor.
- Resistencia al envejecimiento, superior a los cauchos naturales.
- Posibilidad de reducir la flexibilidad con un aumento de estireno.
- Aumento elevado de la resistencia a la tracción y la rotura, con la adición de negro humo.

Transformaciones
Compresión, extrusión, espumas y adhesivos.

Tratamientos
Admite caucho natural en todas las proporciones. Se añaden antioxidantes para aumentar la resistencia al ozono y agentes atmosféricos. Como reforzantes para aumentar la resistencia a las temperaturas de uso se utilizan cargas inorgánicas y negro humo. Se vulcaniza con azufre.

Aplicaciones
Posee todas las aplicaciones del caucho natural, al que reemplaza total o parcialmente, artículos, mecánicos, baldosas, colas, correas, impregnación de hilos y cables. Suelas para calzado, mangueras y látex.

Presentación comercial
Crudo y vulcanizado, látex y semielaborados.

Éter de polifenileno modificado (PPE)
La introducción en 1996 por GE Plastics de su PPO modificado para inyección Noryl ha sido una de las historias de éxito más importantes de la industria de plásticos.

Fenol formaldehído (PF)
Condensación del fenol y del formol, pudiendo reemplazarse por el cresol y el fufural, respectivamente. Las resinas fenólicas son de naturaleza termoestable y en su forma final o curada son infusibles e insolubles. Pueden ser combinadas con rellenos y agentes reforzadores para obtener una amplia gama de propiedades físicas, eléctricas, químicas y de moldeabilidad. El uso de los materiales fenólicos ha alcanzado amplia difusión en la industria. Los materiales fenólicos fundidos pueden emplearse en la construcción de engranajes de bombas. En objetos de uso común se emplean desde hace mucho tiempo a causa del hermoso lustre que puede dárseles, de su amplía variedad de colores y de la facilidad con que pueden ser trabajados.

Nombres comerciales
Bakelite (Estados Unidos), Gedelite (Francia), Fluosite (Italia), Mouldrite (U.K.), Trolon, Trolitan y Neoresit (Alemania).

Propiedades
- Material termoestable.
- Químicamente inerte.
- Se amarillenta y envejece con la luz solar.
- Soporta elevadas temperaturas.
- Extremada dureza.
- Gran resistencia mecánica.
- Gran estabilidad dimensional.
- Opaco a los rayos X.
- Buenas propiedades de mecanización.

Transformaciones
Moldeo por compresión, transferencia, inyección, coladas, barnizadas, cementos e impregnaciones.

Tratamientos
Acepta todo tipo de cargas como fibras de madera, papel, algodón, corcho, amianto, grafito, cuarzo, carbón y yeso. Permite coloración de todo tipo, preferentemente oscura.

Aplicaciones
Laminado de gran resistencia, engranajes y piñones, aislantes, accesorios de industrias eléctricas, muelas abrasivas, tableros de decoración, impregnación de bobinas eléctricas y de madera. Gabinetes para equipos eléctricos, teléfonos, barnices y lacas endurecibles. Adhesivos líquidos y en polvo.

Presentación comercial
Polvo de moldeo, pellets para colada, barnices, lacas, adhesivos y cementos.

Furfurílicas (PFF)
Para la preparación de las resinas de Fenol-Furfural, se puede extraer el furfural de residuos agrícolas. Luego se mezcla una parte con cinco de Fenol, obteniéndose así una resina de muy buenas propiedades mecánicas.

Nombres comerciales
Alkor, Durite, Duralon y Pertinex (Estados Unidos)

Propiedades
- Termoestable.
- Excelentes propiedades físicas y químicas como anticorrosivo.
- Gran resistencia mecánica.
- Excelentes propiedades eléctricas.

Transformaciones
Moldeo por compresión, inyección, transferencia, técnicas de recubrimientos, adhesivos y colada en frío.

Tratamientos
Acepta cargas como aserrín, carbón, sílice y grafito.

Aplicaciones
Adhesivos, accesorios para paneles de control, aislamientos de cables, aglomerante para elementos de fricción, barriles, cajas para baterías, casquillos para válvulas electrónicas, cementos de unión para casquillos de lámparas eléctricas, estratificados con F.V., equipos eléctricos, mangos aislantes, tableros eléctricos y electrónicos, y revestimientos en general.

Presentación comercial
Polvos de moldeo, soluciones líquidas, estratificados en hojas, barnices y lacas.

Melamina formaldehído (MF)
Se obtiene por condensación, disolviendo la melamina en formalina.

Nombres comerciales
Fórmica (Argentina y U.K.), Maprenal (Alemania), Melantine (Suiza) y Plaskon (Estados Unidos).

Propiedades
- Resina termoestable.
- Resiste altas temperaturas.
- Gran facilidad de coloración y transparencia.
- Estable a la luz y al calor.
- Buena resistencia química.

Transformaciones
Moldeo por compresión, extrusión, inyección, colada, estratificados, laminados y mecanización de la superficie.

Tratamientos
Acepta cargas como papel, algodón, fibra de vidrio, asbesto y tejido de nylon.

Aplicaciones
Adhesivos, aislantes, artículos de menaje, bandejas, botones, conmutadores eléctricos, esmaltes, mangos, revestimientos (laminado o estratificado), muebles domésticos, industriales y profesionales.

Presentación comercial
Polvos de moldeo, estratificados, aglomerados, láminas y barnices.

Oxido de polifenileno (PPO)
En el mercado se encuentran pellets del color beige propio.

Propiedades
Destacada estabilidad al calor.
- Excelente resistencia mecánica.
- Ventajosas propiedades dieléctricas en un gran intervalo de temperaturas.
- Temperatura máxima de uso sin perjuicios 175ºC.
- Buena estabilidad a los productos químicos.

Transformaciones y aplicaciones
Los procesos de inyección se emplean para obtener piezas funcionales en lavarropas, lavaplatos, instalaciones de agua caliente, componentes en la industria electrónica, artículos domésticos resistentes al calor y al agua, instrumentos médicos esterilizables, clavos, tornillos y piezas técnicas.
Para la construcción de moldes hay que contar con una contracción de 0,7 a 0,8%.

Poliaril éter cetonas (PAEK)
Estos polímeros los producen a escala industrial Basf y Victrex, ambas en Europa, con una capacidad de 1.800 tn y la demanda global pasó de 1.500 tn en 2003. Amoco entrará en este mercado con la marca Kadej. Desde su introducción en 1981, la demanda ha ido creciendo por encima de la media general y se duplicó en el año 2005.
Este optimismo se basa en las propiedades del material, que posee una resistencia extraordinaria al calor, un excelente comportamiento ante fuego, una resistencia química y a la hidrólisis sólo igualada por los fluoropolímeros.

Policloropreno (CR)
Se obtiene tratando el vinil acetileno por medio de una reacción con ácido clorhídrico en presencia de catalizadores.

Nombres comerciales
Neoprene, Pliobond (Estados Unidos.), Pren, Alloprene (U.K.) y Mustone (Japón).

Propiedades
- Termoestable.
- Propiedades físicas y elásticas similares a las del

caucho natural.
- Buena resistencia a la tracción.
- Buenas cualidades mecánicas.
- Absorbe las vibraciones mecánicas.
- No le afectan los hongos ni las bacterias.
- Puede unirse a los metales.
- Más duro y estable que el caucho.

Transformaciones
Compresión, extrusión y recubrimientos.

Tratamientos
Posible aumento de la elasticidad y resistencia a la abrasión por medio de la vulcanización.

Aplicaciones
Adhesivos para usos múltiples, aislantes eléctricos de gran resistencia al calor, cintas transportadoras, amortiguadores mecánicos, diafragmas para agua y aceite, válvulas, protección de telas, impermeabilizantes, mangueras, algunos tipos de neumáticos y ruedas abrasivas.

Presentación comercial
Sólida, látex, películas y dispersión de neopreno.

Poliéster (UP)
Se obtiene partiendo de compuestos orgánicos no saturados, que encierran varios grupos ésteres que pueden polimerizar o copolimerizar con otros monómeros, originándose así una estructura tridimensional y por lo tanto termoestable.

Nombres comerciales
Polyte (España y U.K.), Cellobond (U.K.), Laminac (Estados Unidos) y Palatal (Alemania).

Propiedades
No es fácil determinar propiedades, porque todas dependen del porcentaje de resina, catalizador, refuerzo y otras condiciones de empleo.
En general, se pueden mencionar:
- Material termoestable.
- Químicamente muy inerte.
- Grandes características mecánicas.
- Se puede trabajar mecánicamente con herramientas de uso corriente.
- Se pude moldear manualmente o con muy bajas presiones.
- Gran poder de absorción y amortiguamiento a vibraciones sonoras y otras frecuencias.
- Buen aislante del calor.
- Excelente resistencia a la humedad.

Transformaciones
Moldeo por compresión, moldeo al vacío, colada, moldeo mixto y moldeo con preformas.

Tratamientos
Coloración sin limitación, cuidando la elección de los pigmentos de acuerdo a la resina empleada.

Aplicaciones
Carrocerías completas o partes, accesorios de autos, motos, aeronaves o trenes. Chapas para la construcción, sillas, butacas y sillones. Cascos, boyas marinas, tanques para la industria, cañerías, elementos para la decoración, estructuras y paneles para stands.

Presentación comercial
Laminados de todo tipo y preparados líquidos.

Poliéter Sulfona (PESU-PES)
Es un plástico amorfo y transparente con estabilidad térmica muy elevada y buena resistencia química. Debido a su procesado relativamente simple ha encontrado un nicho de aplicación en ingeniería electrónica, médica y otras.

La mitad de las 28.000 tn/año del consumo mundial se produce en Europa y es suministrada por

Amoco, Basf y Sumitomo.

Sus características de resistencia al fuego y a la hidrólisis y su compatibilidad con el PTFE le abren un amplio campo de aplicación.

Poliéter – Imida (PEI)

Introducido en el mercado en 1981 por GE Plastics con el nombre de Ultem. Este plástico está en el nivel alto de rendimiento y ha tenido un crecimiento muy elevado, especialmente desde 1993. Su resistencia al fuego, incluso sin aditivos, le ha proporcionado nichos de aplicación tan diversos como la electrónica y los interiores de aviación.

Polisulfona (PSU), al igual que el PES, es un plástico amorfo y transparente con estabilidad térmica muy elevada y buena resistencia química. Su procesado relativamente simple ha encontrado un nicho de aplicación en ingeniería electrónica, médica y otras.

Sus características de resistencia al fuego y a la hidrólisis le abren un amplio campo de aplicación.

Politetrafluoretileno (PTFE)

Se prepara por la acción del ácido fluorhídrico sobre cloroformo, se obtiene así el difluormonoclorometano, por calentamiento se origina el monómero de tetrafluoretileno. Se polimeriza por emulsión con catalizador.

Nombres comerciales

Teflon (Estados Unidos), Fluorolex (Estados Unidos), Fluon (UK) y Ostalon (Alemania).

Propiedades

- Traslúcido, blanco o grisáceo.
- Amorfo y cristalino.
- Absorción nula a la humedad.
- Inalterable a los agentes atmosféricos y a la luz solar.
- Alta resistencia a la temperatura (inalterable hasta 327ºC).
- Buena estabilidad térmica entre 75 y 300ºC, tiene un coeficiente de fricción bajísimo.
- Grandes propiedades como aislante, incluso en los de alta frecuencia.
- Es uno de los plásticos más caros.

Transformaciones

Moldeo en frío a alta presión, con preformas. Extrusión, presión, calandrado (estos procesos precisan técnicas especiales por no fundir y fluir como otros plásticos).

Tratamiento

Posibilidades medianas de coloración. Soporta los pigmentos minerales.

Aplicaciones

Adhesivos, aislantes eléctricos, condensadores eléctricos, cintas, diafragmas y juntas para válvulas. Electrónica e industria en general, hojas y placas aislantes para transformadores, generadores, etcétera. Rodillos para la industria textil, de papel, entre otros. Soldaduras y tuberías anticorrosivas. Retenes estratificados con fibra de vidrio, válvulas para alta frecuencia, etcétera.

Presentación comercial

Semielaborados como hojas, planchas, perfiles y tubos. Suspensiones en disolventes orgánicos.

Politrifluorcloroetileno (PCTFE)

En el mercado se encuentran pellets en diversas tonalidades, incoloros hasta oscuros.

Nombre comercial

Hostaflon C.

Propiedades
- Estabilidad química y térmica elevada.
- Gran resistencia y dureza, muy buenas propiedades dieléctricas.
- Fisiológicamente inocuo.
- No inflamable.
- Temperatura máxima de uso sin perjuicios 200ºC.
- Muy resistente frente a todos los productos químicos.

Transformaciones y aplicaciones
En el proceso de inyección, se encuentran aplicaciones en piezas para construcción de aparatos (especialmente químicos), válvulas, llaves, rodamientos y vías de deslizamiento, ruedas motrices, juntas de pistones, juntas y accesorios para aparatos eléctricos.

Poliuretano (PUR)
En el mercado se pueden encontrar pellets incoloros y opaco (color natural) y coloreados.
Después de un mal período iniciado en 1990, los fabricantes de PUR se vieron sorprendidos por un incremento de la demanda de un 13% en 1999.
Está en camino la construcción de plantas de reciclado del material, sea por glicólisis o por adición de molido a la espuma de PUR, con lo que se incrementará el grado de reciclado de este material.

Nombres comerciales
Durethan U, Ultramid U, Pernon, Igamid U (Alemania) y Vulcaprene (U.K.).

Propiedades
- Alta resistencia y exactitud de medidas.
- Resistente a la tracción, al desgaste y al desgarre.
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Baja absorción de agua.
- Temperatura máxima de uso sin perjuicios 88ºC.
- Estabilidad frente a álcalis, ácidos débiles, ésteres, benzol, bencina, carburantes, aceites y grasas.
- Inestable frente a ácidos concentrados.

Transformaciones
En procesos de inyección se utilizan en piezas de objetos de uso y piezas técnicas, con elevadas exigencias en cuanto a resistencia y exactitud de medidas.

Aplicaciones
Piezas para lavarropas, aislamiento eléctrico, para aspiradores de polvo, cojinetes y engranajes resistentes al desgaste, juguetes y juntas.

Para la construcción de moldes debe preverse una contracción de 0,9 a 1%.

Presentación comercial
Soluciones, polvos de moldeo, fibras, colas, espumas rígidas y blandas.

Resinas alcídicas (RA)
Se obtienen por reacción de los polialcoholes con ácidos o anhídridos.

Nombres comerciales
Alfatalal (Alemania y Francia), Beckosol (Alemania y Países bajos), Glyptal (Alemania), Duraplex, Plaskon (Estados Unidos) y Epox (U.K.).

Propiedades
Materias termoplásticas en la etapa intermedia de fabricación. Las propiedades físicas y características técnicas de los diversos tipos de resinas varían sensiblemente según el producto empleado para efectuar la policondensación. Fundamentalmente se reconocen tres tipos: cortas, largas y modificadas. Las resinas cortas son relativamente duras, se estabilizan por el calor y los recubrimientos hechos con ellas deben cocerse en estufas. Las resinas

largas son más blandas, más solubles en aceites y disolventes, menos viscosas y capaces de secar al aire libre. Las resinas alquídicas modificadas varían sus propiedades según el agente modificante introducido. Requieren elevadas temperaturas para su preparación.

Transformaciones

Recubrimientos por pulverización, inmersión y aplicación por rodillo o brocha.

Aplicaciones

La resina sola suele tener poca aplicación; generalmente se usa mezclada o modificada casi exclusivamente en recubrimientos, acabados decorativos de metales, aislantes eléctricos, lacas para automóviles, acabados para muebles, elastómeros, barnices secantes al aire para interiores y exteriores, esmaltes al fuego, materiales de construcción, tintas de imprimir, revestimientos de madera y metales, y pinturas en general.

Presentación comercial

Soluciones diversas para revestimientos, resinas viscosas y resinas en emulsión acuosa.

Resinas de poliéster insaturado (UP)

Son los principales materiales utilizados como matriz en la fabricación de composites, tanto para semielaborados como para moldeo.
Son muchos los suministradores de este material, destacando por la variedad de tipos Basf y Hüls, a los que se añaden DSM, Cray Valley, Jotun, Lonza, Scott Bader y Resisa.
A los múltiples grados de resinas UP deben añadirse los viniléster (VE) y las viniléster uretanos (VU), con resistencia mecánica y química mejoradas.

El mercado actual es incierto por la escasez de fibras de vidrio y por la progresiva sustitución de composites por termoplásticos en muchas aplicaciones. Los composites están sujetos al papel de lanzamiento de esta industria, según los expertos, y a abrir camino a muchas aplicaciones que después son sustituidas por otros materiales. Su grado de desarrollo dependerá de la disposición y capacidad para realizar innovaciones.

Resinas Epoxi (EP)

El mercado global de EP era en 1998 de 725.000 tn, el 60% de las cuales se utilizaba en la fabricación de adhesivos y el resto, en resinas de colada y matriz de composites.
Estas resinas dominan el mercado de adhesivos estructurales y la industria eléctrica hace un uso extensivo de su resistencia a las tensiones elevadas. Con los composites se obtienen características mecánicas superiores a las LTP, pero su aplicación en aeronáutica desabasteció el mercado haciendo declinar su consumo en el campo eléctrico.
Estos materiales requieren el uso de proporciones elevadas de endurecedores que forman parte del producto reticulado, por lo que la lista de suministradores europeos se refiere a resinas; son Ciba, Shell y Bayer los más destacados. Las aplicaciones en adhesivos y recubrimientos determinarán el nivel de crecimiento del material en los próximos años.

Siliconas (SI)

Son polímeros o compuestos sintéticos semi-inorgánicos constituidos por largas cadenas de átomos de silicio y de oxígeno dispuestas alternativamente, entre las cuales y bajo la acción del calor solamente, pueden crearse ligaduras transversales para formar estructuras tridimensionales. Frecuentemente, la reacción que lleva al endurecimiento se logra con el agregado de un agente catalizador constituido por una sustancia

alcalina, por ejemplo la trietanolamina, o por un compuesto órgano-metálico.

Las resinas de siliconas se presentan comercialmente en forma de soluciones en tolueno o en otros solventes aromáticos, que deben eliminarse antes de la laminación. Según los tipos, el moldeo puede realizarse a presión de tan solo 3 o 4 kg/m^2 o a alta presión (70-100 kg/cm^2), con temperaturas de 175 a 200ºC y un sucesivo período de poscurado a 250ºC que le imparte su estado definitivo.

Nombres comerciales
Celaron (Francia), Siladur (Alemania), Vitrosil (Italia) y Silastic (Estados Unidos).

Propiedades
Las propiedades más destacadas de estas resinas son, indudablemente, su muy buena estabilidad térmica y sus excelentes calidades eléctricas, que se mantienen elevadísimas hasta muy altas temperaturas.
Además pueden soportar perfectamente la acción de casi todos los reactivos inorgánicos corrientes, como también la de los alcoholes alifáticos inferiores, de los aceites minerales, etcétera.

Transformaciones
Son aptas para procesos como moldeo, calandrado. Lubricación, engrase, moldeo de caucho, impregnación. Espumas, estratificados. Los colores que se pueden obtener son diversos.

Aplicaciones
Aceites especiales para lubricantes, para grasas, para alto vacío. Recubrimientos de metales o vidrio. Tratamientos impermeabilizantes. Aislamiento de bobinas eléctricas y motores. Cementos para óptica. Aglutinante de mica para planchas. Lociones, perfumes, cremas. Agentes antiadherentes para desmolde. Agente de abrillantamiento para carrocerías. Tubos para transfusiones y drenaje. Agente de impregnación hidrófoba. Cirugía plásticas, entre otros.

Presentación comercial
Aceites lubricantes, grasas, compuestos. Polvos de moldeo. Caucho de siliconas, espumas, barnices, masillas elásticas, etcétera.

Urea – Formaldehído (UF)
Se obtiene por la condensación de la urea y del formol. Los materiales plásticos derivados de la urea poseen la poco frecuente combinación de ser termoestables y ofrecer un variado surtido de colores, incluyendo muchos de los delicados tonos pastel.
Las ureas tienen buenas propiedades dieléctricas y buena resistencia a la tensión y a la flexión. Los materiales moldeables de urea se pueden obtener en forma granular o en polvo, y los laminados, en forma de hojas.
Estos materiales han tenido exitosa aplicación en cajas de balanzas y de termostatos, accesorios de iluminación, cajas de relojes y gabinetes de radio. Su amplia variedad de colores, incluyendo el blanco y los tonos pastel, combinada con sus propiedades aislantes y de moldeabilidad, son las razones de su amplia utilización industrial.

Nombres comerciales
Formica (UK), Plaskon (Estados Unidos), Aminolac (Francia) y Urazone (Bélgica).

Propiedades
- Resina termoestable.
- Insípida, inodora.
- Dura y tenaz.
- Estabilidad de coloración a la luz y al calor.
- Medianas propiedades mecánicas.
- Excelentes cualidades de moldeo.

- Buenas propiedades difusoras a la luz.
- Sin cargas, excelentes propiedades eléctricas.

Transformaciones y tratamientos
Moldeo por inyección, compresión y extrusión. Colada, laminados y soluciones líquidas. Además, posee aproximadamente 2.000 matices de colores.

Aplicaciones
Teléfonos, dispositivos y conductores eléctricos. Pantallas y reflectores moldeados, conmutadores e interruptores. Instrumentos de alta tensión. Cajas de instrumental. Mangos. Laminados de papel tala. Tratamiento de textiles, hebillas, botones, recipientes y estuches, espumas. Vasos, vajillas y objetos para el hogar. Líquidos aglomerantes, barnices, colas frías y calientes. Estratificados y otros.

Presentación comercial
Polvos de moldeo, colas, barnices, estratificados, aglomerante y adhesivos.

Termoplásticos
Acetato de celulosa (CA)
Se obtiene de la mezcla de hilazas de algodón, ácido acético glacial y anhídrico acético en la proporción de cinco a tres. Se utiliza ácido sulfúrico como catalizador. Creados para salvar las desventajas de inflamabilidad e inestabilidad de coloración del nitrato de celulosa, los acetatos de celulosa tuvieron su aplicación inicial de importancia en la fabricación de películas para cinematografía.

Nombres comerciales
Cellidor, Cellit, Cellon (Alemania), Cellomod (U.K.), Diofan (Suecia), Rho Doglas (Francia), Sicalit (Italia), Fenite (Estados Unidos.) y Celex (España).

Propiedades
Algunas propiedades varían considerablemente con el grado de acetilización y con la viscosidad.
- Material termoplástico.
- Transparente, traslúcido y opaco.
- Ligeramente higroscópico.
- Gran tenacidad y resistencia al choque.
- Posee una resistencia y elasticidad que le son características.
- Transmite la luz ultravioleta.
- Se descompone a la luz solar con exposición muy prolongada.
- Buenas cualidades de moldeo.
- Se pueden obtener en una amplísima gama de colores.

Transformaciones
Inyección, extrusión, compresión, laminación en planchas y hojas delgadas. Estampado en relieve.

Tratamientos
Permite coloración con pigmentos de gran variedad. Acepta diversas cargas.

Aplicaciones
Adornos diversos, agujas, aislamientos de conductores eléctricos y térmicos. Anuncios impresos, barnices especiales, cabinas de aviones, cajas de interruptores, cintas magnetofónicas, cepillos de dientes, embalajes varios, estuches, cajas, juguetes, láminas transparentes, películas fotográficas, lámparas, encuadernación, vidrios de seguridad, perfiles, monturas para anteojos, lacas para papel, textiles, calzados, artículos de escritorio y artículos para dibujo.

Presentación comercial
tubos, fibras, barnices y espumas.

Cuadro 18. TERMOPLÁSTICOS	
Denominación	*Sigla*
Acetato de Celulosa	**CA**
Acetobutirato de Celulosa	**CAB**
Caseína	**CS**
Copolímeros de Estireno	**ABS / ASA**
Copolímeros de Estireno-Acrilonitrilo	**SAN**
Cumarona-indeno	**CI**
Etil Celulosa	**EC**
Nitrato de Celulosa	**NC**
Poliacetato de Vinilo	**PVA / PVAC**
Polialcohol Vinílico	**PALV**
Poliamida	**PA**
Policarbonato	**PC**
Policloruro de Vinilideno	**PCVO**
Policloruro de Vinilo	**PVC / PCV**
Poliestireno	**PS_1**
Poliestireno Anticalórico	**PS_2**
Poliestireno Antichoque	**PS_3**
Polietileno de Alta Densidad	**PEHD**
Polietileno de Baja Densidad	**PELD**
Polímeros de Cristal Líquido	**LCP**
Polimetil Metacrilato	**PMMA**
Polioximetileno	**POM**
Polipropileno	**PP**
Polivinil Carbazol	**PVZ**
Sulfuro de Polifenileno	**PPS**
Tereftalato de Polietileno	**PET / PETG**

Acetobutirato de celulosa (CAB)

Se obtiene agregando el ácido butírico sobre el acetato de celulosa. Es un éster de celulosa mezclado que se prepara para mejorar las propiedades del acetato de celulosa.

Nombres comerciales

Cellidor B, Triafol B (Alemania), Kodapak II, Tenite II, Hercose y Nixon CAB (Estados Unidos).

Propiedades

- Material termoplástico.
- Blanco, escamoso o granular.
- Varía de transparente a opaco.
- Resiste a agentes atmosféricos y rayos solares.
- Ligera tendencia a fluir en frío.
- Resistencia mecánica superior al acetato.
- Excelentes cualidades de moldeo.
- Necesita menos plastificantes que el acetato de celulosa, a igualdad de plasticidad.
- Compatible con muchos plastificantes, resinas y gomas.
- Incompatible con otro derivado celulósico.

Caseína (CS)

Se obtiene con la leche desnatada, libre de grasas, azúcares y ligeramente calentada, se le añade el cuajo, se separa del suero, se lava, se prensa para separar el agua, y finalmente se muele endureciéndolas con formol. También se puede obtener a partir de los granos de soja.

Nombres comerciales

Gallalita, Lactoid (U.K.), Modelith (Alemania), Caselith (Francia y Bélgica), Lanital (Italia), Ambloid (Japón) y Ameroid (Estados Unidos).

Propiedades

- Resina termoplástica cuando está algo húmeda, que se transforma en termoestable por reacción con el formol.
- Se presenta como polvos blanco - amarillentos, entre translúcidos y opacos.
- Aspecto muy parecido al cuerno.
- Malas cualidades de moldeo.
- Se colorea a la luz solar.
- Los agentes atmosféricos la endurecen.
- Buenas propiedades mecánicas.
- Buenas propiedades como aislantes eléctricos para bajas tensiones.
- Tiene la desventaja de su carácter higroscópico, pues tiende a alabearse al absorber agua.
- El agua a 80-90ºC la hace plástica y enfriada recobra su rigidez.

Transformaciones

Compresión, extrusión, embutido, aserrado, taladrado, torneado y estampado.

Tratamientos

Admite todos los colores sin limitación.

Aplicaciones

Agujas, aislantes para baja tensión, artículos de fantasía y propaganda, botones, hebillas, lapiceras, hojas, planchas, películas, colas y adhesivos variados.

Presentación comercial

Barras, tubos, bloques, películas, fibras y polvo de moldeo.

Copolímeros de estireno (ABS/ASA)

El ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) y el ASA (Acrílico-estireno-acrilonitrilo) son amarillo-cremosos, generalmente opacos. Se pueden encontrar pellets de todo tipo de color, pero siempre opacos. El ABS se aplica primordialmente en interiores del automóvil. La capacidad instalada mundial de producción es de 6,4 Mtn/año. Además com-

parte el mercado de aplicación y posee similares características que el ASA.

Nombres comerciales
Novodur W, W 20, H, Lustran I y Vestodur.

Propiedades
- Tenacidad, gran resistencia, rigidez y dureza.
- Estable al sonido (sin resonancia).
- Muy estable al clima, la intemperie y el envejecimiento.
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Fisiológicamente inocuo.
- Temperatura máxima de uso sin perjuicios, 80ºC.

Transformación y aplicaciones
En los procesos de inyección existen aplicaciones en elementos de la industria del automóvil, cajas y diversas piezas para máquinas de oficina, teléfonos, aparatos domésticos y de cocina, recipientes de transporte, revestimientos y piezas especiales para radio, televisión y equipamientos de audio y juguetes.

Copolímeros de Estireno – Acrilonitrilo (SAN)
El color y aspecto de este material en el mercado es incoloro, de tonos transparentes y opacos.

Nombres comerciales
Luran y Vestoran.

Propiedades
- Dureza, tenacidad, resistente a las raspaduras y al desgaste de las superficies.
- Muy estable al clima, la intemperie y el envejecimiento.
- Fisiológicamente inocuo.
- Se puede usar en temperaturas de hasta 85ºC, sin ningún tipo de perjuicio.

Transformación y aplicaciones
Entre sus aplicaciones de inyección más importantes se encuentran cajas y diversas piezas de aparatos de oficina y domésticos, aparatos de radio y televisión, en grabadores y reproductores de sonido, artículos domésticos y vajillas de calidad.

Cumarona – Indeno (CI)
La resina se prepara por polimerización de la cumarona y del indeno, obtenidos ambos de la destilación del alquitrán de hulla (nafta).

Nombres comerciales
Catarex, Cumar, Picconmaron (Estados Unidos), Claradone (U.K.) y T.H. Haz (Alemania).

Propiedades
- Resinas termoplásticas.
- Su estado puede variar de semifluido a sólido quebradizo.
- La coloración varía de amarillo claro a marrón oscuro o negro.
- Similar a la brea (sólidas).
- Similar al betún (semisólidas).
- Tiene falta de elasticidad, poca resistencia a la tracción y es frágil (propiedades que limitan su uso).
- Los revestimientos son insensibles a la luz.
- Buenas propiedades como aislante eléctrico, acústico y térmico.
- Escasa absorción de agua.

Transformaciones
Los propios de recubrimientos, impregnación y mezclas. Puede mezclarse con el estireno, caucho, algunos polímeros acrílicos, resinas fenólicas, asfalto, etcétera.

Aplicaciones
Adhesivos para metales, papel, vidrio, madera,

cuero, plásticos, textiles, etcétera. Aglomerantes de materiales inertes. Barnices, pinturas, revestimientos para la construcción, terminaciones, anticorrosivos para el uso náutico, tinta para estampado e impresión, pinturas resistentes a ácidos, y otros.

Presentación comercial
Forma sólida en escamas, forma líquida en soluciones de disolventes variadas, emulsiones, etc.

Etil Celulosa (EC)
Para obtenerla se trata la celulosa en forma de lísteres de algodón con una solución fuerte de cloruro de etilo.

Nombres comerciales
Celcon (Estados Unidos), Trolit (Alemania) y Ethulon (U.K.).

Propiedades
- Resina termoplástica.
- Estable al calor y a la luz.
- Resiste temperaturas de hasta –40ºC.
- Gran estabilidad dimensional.
- Excelentes propiedades eléctricas.
- Estable al agua.
- Soporta los agentes atmosféricos.
- Conserva dureza y flexibilidad dentro de un gran margen de temperatura.

Transformaciones
Compresión, inyección, extrusión, corte, taladrado, torneado y aserrado.

Aplicaciones
Adhesivos, apresto para telas y papel, base de cintas adhesivas, bobinas, barnices, cristales de seguridad, embalaje, impermeabilizantes, laminados, planchas, películas, recipientes, envases diversos, tintas y tuberías.

Presentación comercial
Polvos de moldeo, lacas, barnices y etilcaucho.

Nitrato de Celulosa (NC)
El celuloide se prepara por la acción del ácido nítrico sobre hilazas de algodón en presencia del ácido sulfúrico que actúa como catalizador.

Nombres comerciales
Ballit (Alemania), Celluloid (Estados Unidos) y Xylonite (U.K.).

Propiedades
- Material termoplástico.
- Absorbe agua fácilmente.
- Muy resistente a la humedad.
- Puede moldearse bajo presión con facilidad.
- Muy tenaz y resistente al choque.
- No se astilla al romperse.
- Muy inflamable.
- Mal conductor de la electricidad.
- Se carga fácilmente con la electricidad estática hasta cierto límite, luego estalla.
- A la luz solar, envejece.
- Gran resistencia a la tracción y al desgaste.
- Es el plástico más antiguo en uso.

Transformaciones
Compresión, soplado y toda clase de trabajo mecánico.

Tratamientos
Sin limitación de colores. Se pueden usar cargas como aserrín fino para tapaporos y cementos.

Aplicaciones
Algodón, pólvora, adhesivos, aparatos de precisión, artículos de moldeados, barras y pasamanos, cristales irrompibles para interiores, hojas y láminas para diversas aplicaciones, películas fotográficas, mangos de cepillos, teclas de piano,

perillas, impermeabilización de telas, láminas delgadas para paquetería fina (celofán).

Presentación comercial

Hojas, películas, láminas, barras y tubos.

Poliacetato de vinilo (PVA / PVAC)

Es el producto resultante de la reacción del acetileno y del ácido acético glacial, en presencia de un catalizador.

Nombres comerciales

Gelva, Vinylite (Estados Unidos), Novyl (Francia) y Polivinal (España).

Propiedades

- Producto termoplástico.
- Líquido es incoloro, inodoro e insípido.
- Poco estable. Hierve a 73ºC.
- Es duro y tenaz.
- Puede presentarse sólido, transparente u opaco.
- Malas cualidades de moldeo.
- Elevada resistencia al arco eléctrico.
- Excelente adhesivo.

Transformaciones

Soluciones, adhesivos, laminados y moldeo de formas complejas.

Tratamientos

Coloración sin limitación. Forma copolímeros con otros plásticos (cloruro de vinilo, acetato de vinilo).

Aplicaciones

Adhesivos para tela, papel y madera. Adhesivos para porcelana, metales, plásticos. Aglomerante para madera y corcho. Fibras, cueros, chicles para masticar, papeles de gran brillo y papeles transparentes, recubrimientos anticorrosivos y tinta para imprenta.

Presentación comercial

Polvos, gránulos, emulsiones acuosas, soluciones en acetona y otros disolventes. Adhesivos, bloques y perlas.

Polialcohol vinílico (PALV)

Se obtiene por hidrólisis del poliacetato de vinilo en solución alcohólica.

Nombres comerciales

Polivinol (España), Vinol, Elvanol (Estados Unidos), Vinaviol (Italia), Vinylon (Japón) y Drawirit (Alemania).

Propiedades

- Material de termoplasticidad limitada.
- Se presenta en forma de polvos amarillentos o blancos, transparentes u opacos.
- Densidad relativamente baja.
- Buena elasticidad.
- Gran resistencia a la tracción, a la vibración y a la flexión.
- Mayor resistencia al roce que el caucho.
- Los tubos de poliacetato de vinilo transmiten el sonido sin absorberlo.

Transformaciones

Encolados, inyección, colada, soplado y extrusión.

Tratamientos

Coloración sin limitación.

Aplicaciones

Adhesivos en general, aislamientos eléctricos, hojas y películas, membranas para la industria del automóvil, química y alimenticia. Revestimientos de papeles, cartones y tejidos. Tubos plegables.

Presentación comercial

Polvos, semielaborados, tubos, perfiles, películas,

dispersiones y filamentos.

Poliamida (PA)

Nylon que se obtiene por condensación entre ácidos y aminas, lográndose una estructura molecular, similar a las proteínas que forman fibras sintéticas. El consumo global es de 6 Mtn/año, con un primer campo de aplicación en las fibras. Las poliamidas tienen una gran variedad de aplicaciones.

Nombres comerciales

Grilon (U.K. y Argentina), Nylon (Estados Unidos, U.K. y Francia) y Perlon (Alemania).

Propiedades

-Material termoplástico.
-Transparente, inodoro e insípido.
-Inalterable a la luz ultravioleta.
-Resistente a la intemperie.
-Escasa conductividad térmica.
-Gran resistencia al impacto.
-Excelentes propiedades mecánicas y eléctricas.
-Durante el estirado, las moléculas se orientan paralelamente al eje de las fibras.
-Las fibras son bastantes higroscópicas.
-Puede ser estirado en frío hasta siete veces su longitud.

Transformaciones

Inyección, extrusión, compresión, calandrado, soluciones y estirados.

Tratamientos

Sin limitación de colores.

Aplicaciones

Textiles en general, pieles artificiales, pelo artificial, correas, cintas, hilos de coser, sogas, tanzas para pescar, cerdas de cepillos, cierres de cremallera, engranajes silenciosos, cojinetes mecánicos, aislamientos eléctricos, tiras para asientos y hamacas, telas de paracaídas, cierres de botellas y sifones.

Presentación comercial

Granos, escamas, polvos de moldeo, fibras, filamentos, tubos, láminas y hojas.

Policarbonato (PC)

Se obtiene de la reacción del fosgeno y el bisfenol, en presencia de un catalizador con disolventes inertes como el tolueno. El consumo mundial de PC se ha triplicado en estos últimos 15 años. Los principales productores son GE Plastics y Bayer (70% de la capacidad europea).
La industria de ópticas para automotores, mediante recubrimientos antirrayado ha revolucionado este campo, y puede ser aún más importante el de cristales para gafas, en que el aligeramiento sobre las de cristal, si las previsiones se materializan, pueden proporcionar un importante servicio a muchos millones de consumidores. Las previsiones para el futuro de este plástico son de las más optimistas de toda la industria.

Nombres comerciales

Lexan (Estados Unidos), Printon KPK y Makrolon (Alemania).

Propiedades

- Material termoplástico.
- Transparente, inodoro e insípido.
- Inalterable a la luz ultravioleta.
- Inalterable a la intemperie.
- Inalterable al oxígeno y al ozono.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Gran resistencia al impacto.
- Escasa conductividad térmica.
- Resiste los cambios de temperatura con gran estabilidad dimensional.
- Buenas propiedades eléctricas que se mantienen

hasta 140ºC.
- Se puede tornear, fresar, taladrar, aserrar, pulir, etcétera.
- Luego de moldeado presenta una superficie muy brillante.
- Se puede imprimir, metalizar, pintar, etcétera.
- Admite una perfecta esterilización.

Policloruro de Vinilideno (PCVO)

El monómero se obtiene por cloración del cloruro de vinilo. Su utilización como polímero resulta difícil, por lo que suele polimerizarse, generalmente con cloruro de vinilo. Se destaca por su robustez y sus excelentes propiedades de duración. Es resistente al calor y a la mayoría de los agentes químicos.

Nombres comerciales

Saran, Velon, Lumite (Estados Unidos), Vestan, Diorit (Alemania) y Cobex (U.K.)

Propiedades

- Destaca por sus excelentes propiedades de duración.
- Resistente al calor y a la mayoría de los agentes químicos.
- El polímero es blanco amarillento, opaco o transparente.
- Excelente resistencia a los agentes atmosféricos, pero con el tiempo envejece volviéndose duro, tenaz y poco flexible.
- Fácilmente puede labrarse, roscarse o soldarse.
- Buen aislante eléctrico y térmico.
- Gran resistencia a la tracción.

Transformación

Extrusión, inyección y compresión.

Tratamientos

No tiene limitación de colores. Los copolímeros más comunes se obtienen con el cloruro de vinilo; con los polímeros acrílicos se consiguen copolímeros de bajo punto de fusión.

Aplicación

Asientos, barras, tubos, cables, cuerdas para náutica, cintas, cables para sillas y hamacas. Engranajes, hilos de redes de pesca, filtros para la industria química, películas, recipientes, filamentos y fibras resistentes.

Presentación comercial

Polvos de moldeo, hilos, cables, cuerdas, fibras, monofilamentos, películas, láminas.

Policloruro de vinilo (PVC/PCV)

Se obtiene de la mezcla del etileno y el dicloroetano en presencia de un catalizador. Entre los distintos tipos de plásticos, el PVC es uno de los más consumidos. Y es también el más versátil en sus características y aplicaciones, y el más criticado.

Los descréditos por parte de los grupos ecologistas son totalmente injustificados ya que los estudios científicos demuestran la inocuidad del PVC. Es 100% reciclable y tiene una muy buena relación calidad/precio.

Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se pueden obtener desde productos rígidos a totalmente flexibles.

Propiedades

- Material termoplástico.
- Inodoro e insípido.
- No es tóxico.
- Buenas cualidades de moldeo.
- Se suelda con facilidad.
- Poca estabilidad a la luz y al calor.

- Para casi todas las aplicaciones debe ser plastificado, lo que le confiere infinidad de características, que dependen siempre del plastificante empleado.

Transformaciones
Compresión, extrusión, inyección, laminados de todo tipo y estampados en relieve.

Tratamientos
Sin limitación de colores. Admite cargas de todo tipo.

Aplicaciones
Planchas de gran variedad, hojas delgadas, fibras textiles, fibras textiles, tejidos impermeables, aislamientos de cables, piezas para aparatos eléctricos, correas, tuberías anticorrosivas, muñecas flexibles, cepillos, juguetes, calzados, bolsos y tintas de impresión.

Presentación comercial
Polvos, filamentos, láminas, cerdas, fibras textiles, tubos, barras, perfiles rígidos y flexibles.

Poliestireno (PS_1)
Se obtiene por polimerización del estireno, y éste del etil-benceno, después de hidrogenar, vaporizar y condensar.

Nombres comerciales
Polystirol (Alemania), Coppers, Estirofuan (Estados Unidos), Polidux (España) y Rhodolene (Francia).

Propiedades
- Material termoplástico.
- Incoloro, transparente, de aspecto vítreo.
- Insípido e inodoro.
- No tóxico.
- Muy ligero de peso.
- Excelente facilidad de moldeo.
- Excelentes características eléctricas.
- Resistente a los agentes atmosféricos.
- Muy buena compatibilidad para formar copolímeros (con esto se mejoran sus cualidades).

Transformaciones
Inyección, extrusión, compresión, calandrado, emulsiones, soluciones y estratificados.

Tratamientos
Los objetos de poliestireno pueden ser pulidos, barnizados, metalizados, impresos y grabados. Sin limitación de colores, inclusive acepta colorantes de pigmentación fluorescente, fosforescente y luminiscente. Acepta todo tipo de cargas, éstas disminuyen su resistencia al choque y elasticidad, pero mejoran la estabilidad al calor.

Aplicaciones
Aislamientos de cables de alta frecuencia, cajas, aparatos eléctricos y electrónicos, piezas decorativas, bandejas para heladeras, infinidad de envases, embalajes, estuches, vasos y juguetes.
Por sus buenas condiciones se lo utiliza como aislante en sus dos formas, sólido o en espumas (poliestireno expandido).

Presentación comercial
Polvos de moldeo, emulsiones, soluciones, colada, estratificados, espumas y perlas.

Poliestireno anticalórico (PS_2)
Existen de este material pellets transparentes y opacos, en cualquier tonalidad (color natural, generalmente amarillento).

Nombres comerciales
Polystirol 51 y Vestyron N.

Propiedades
- Estabilidad de forma al calor especialmente alto.
- Estabilidad de dimensiones.

- Frente a la humedad, buenas propiedades dieléctricas.
- Reducida tendencia a la deformación de grietas.
- Insípido e inodoro.
- Soporta temperaturas de hasta 95ºC.

Transformaciones
Procesos de inyección en objetos de uso sometidos a esfuerzos térmicos

Aplicaciones
Vajillas y tazas, cubiertos para servir, potes para heladera, artículos electrónicos, artículos de moda).

Poliestireno antichoque (PS_3)
Existen de este tipo solamente pellets en colores opacos.

Nombres comerciales
Polystirol EF, Vestyron 540, 550, 551, 560, 570 y 571.

Propiedades
- Alta rigidez.
- Buenas propiedades dieléctricas.
- Resistente al choque, duro y tenaz.
- Poca tendencia a la corrosión por tensiones, por lo que es apropiado para el inserto de piezas.
- Insípido e inodoro.
- Soporta normalmente temperaturas de hasta 70ºC.

Transformación y aplicaciones
En procesos de inyección, se aplican en cajas de telefonía, radio y televisión, puertas y piezas para heladeras, cajas de instalaciones, interruptores, cubiertos, vasos, juguetes y embalajes.

Polietileno de alta densidad (PEHD)
Se obtiene por una polimerización a baja presión, haciendo burbujear etileno en una suspensión de catalizadores en un hidrocarburo. Es muy versátil y se lo puede transformar de diversos modos.

Otro PE, el de ultra-alta densidad (PEHMWHD), es un nuevo material del que DSM suministra fibras de alta tenacidad (Dyneema) para refuerzos de composites.

Nombres comerciales
Hostalen GD (Alemania), Petrothene, Merlex (Estados Unidos) y Rigidex (U.K.).

Propiedades
- Material termoplástico.
- No tóxico.
- Inodoro e insípido.
- Tiene mayor densidad que el ordinario.
- Es más rígido.
- Presenta un alto grado de cristalinidad.
- Mayor resistencia a la temperatura.
- Resistente a la corrosión y a los hongos.
- Mejores características mecánicas.
- Alta resistencia a la tracción, a la abrasión.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Gran impermeabilidad a líquidos y vapores.
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- Es autolubricante, como los Nylons.
- Resistencia química superior a la del polietileno ordinario y a la mayoría de los termoplásticos.
- Extremadamente inerte, se puede esterilizar.

Transformaciones
Inyección, extrusión, compresión, calandrado, soplado, vacío, mecanizado, soldadura, fibras y espumas.

Tratamientos
Colores sin limitación.

Aplicaciones
Casi todas las del polietileno ordinario, aislamiento de cables eléctricos, mamaderas, botellas y vasijas

esterilizables. Cascos de seguridad, cintas aislantes, envases alimenticios, engranajes y cojinetes, aparatos químicos, material para cirugía, medicina y farmacia. Paneles difusores de la luz, películas para envases, revestimientos anticorrosivos para linternas y aparatos químicos, revestimientos de papel, cartón y metálicos, redes, tubos rígidos y flexibles, filtros, válvulas y cables coaxiles.

Presentación comercial

Granulado, polvo fino, hojas, film, tubos, filamentos y perfiles.

Polietileno de baja densidad (PELD)

Se obtiene por polimerización del etileno (gas natural). Esto se logra comprimiendo el gas a una presión superior a 1000 atm; con presencia de una pequeña cantidad de oxígeno, se obtiene polímeros de cadena más o menos larga y de peso más o menos elevado, este se denomina también polietileno de alta presión.

El polietileno es otro de los materiales objeto de crítica por su impacto ambiental pero, debido a que su estructura química, es extremadamente simple, solo carbono e hidrógeno fácilmente reciclables le hacen obtener un buen equilibrio ecológico frente a otros materiales competitivos. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas.

Nombres comerciales

Polythene (Estados Unidos), Fertene (Italia), Plastylene (Francia), Alkathene (U.K.), Lupolen y Trolen (Alemania).

Propiedades

- Material termoplástico.
- Sólido, incoloro, traslúcido.
- Graso al tacto.
- Superficie similar a la parafina.
- Insípido, inodoro.
- No tóxico.
- Buen aislante para alta frecuencia.
- Puede existir bajo forma cristalina (elástico, oscuro, poco soluble, deformable) o la forma amorfa (duro, resistente, más claro, más soluble).
- Es impermeable al vapor de agua (en láminas).
- Es permeable al oxígeno y CO_2.
- Posee notables propiedades mecánicas.

Transformaciones

Inyección, extrusión, compresión, calandrado, recubrimientos, soplados diversos, estampación por presión, soldadura en caliente, estirado en frío de lámina, cortado, fresado, taladrado, torneado y aserrado.

Tratamientos

Sin limitación de colores. Necesita cargas estabilizantes para el calor y la luz. Es compatible con el caucho natural y el sintético.

Aplicaciones

Vasos, botellas, recipientes, embudos, platos, cajas de baterías, mangos de cubiertos y otros objetos domésticos, juguetes, embalaje de productos alimenticios, cortinas y manteles, revestimiento de conductores de muy alta frecuencia. Engranajes y otras piezas mecánicas, tubos para riego, protección de plantaciones agrícolas, películas para envolver, impregnación de papeles y telas. Guarniciones, protección de superficies metálicas contra la corrosión.

Presentación comercial

Granulado, placas, hojas de variados espesores, tubos, varillas, bloques, perfiles y emulsiones acuosas.

Polímeros de cristal líquido (LCP)

Las características moléculas en forma de varillas

de estos plásticos les proporcionan una viscosidad dependiente del cizallamiento, por lo que se obtienen muy buenas longitudes de flujo de inyección, al tiempo que los valores mecánicos aumentan de modo inversamente proporcional al espesor.
Pese a sus sobresalientes características, el consumo es aún reducido y absorbido en un 70% por la industria eléctrica, por lo que no se han puesto en marcha varias iniciativas europeas para su producción, teniendo en cuenta las sobradas capacidades en Estados Unidos y Japón.

Polimetil metacrilato (PMMA)

Posee algunas de las propiedades ópticas más apreciadas en los materiales plásticos transparentes. A causa de su transparencia cristalina, su estabilidad, su resistencia a los factores atmosféricos y su moldeabilidad, los acrílicos han alcanzado amplia popularidad como vidrio sintético.
Su monómero, el metacrilato de metilo, de la capacidad instalada mundial, la mitad se dedican a producir PMMA para artículos semiacabados y material de moldeo. El resto del volumen se dedica a la producción de adhesivos, ligantes y recubrimientos y a producir una serie de copolímeros termoprocesables con estirénicos y elastómeros.
Como es de naturaleza termoplástica, pueden fabricarse piezas de las más complicadas formas, en las cuales son características muy útiles su transparencia y sus propiedades ópticas.

Nombres comerciales

Plexigum, Resarit, Perspex (UK), Lucite, Methacral (Francia), Flexite (España), Plexiglass (Alemania, Estados Unidos, España) y Plastiglas (Italia).

Propiedades

- Alta resistencia mecánica.
- Alta dureza superficial.
- Estabilidad a la intemperie.
- Transparencia como el vidrio.

Transformaciones

En el proceso de inyección se encuentran aplicaciones en elementos de construcción, para la técnica de óptica e iluminación (lentes, cubiertas de focos luminosos, etc.), lapiceras estilográficas, vidrios para gafas y relojes, teclas para máquinas de escribir e instrumentos musicales, reglas y artículos de dibujo en general. Apto también para compresión, colada-soplado, vacío, emulsiones.

Aplicaciones

Sus más típicas aplicaciones son, en techos corredizos para cabinas de aviones o ventanillas semiesféricas en forma de ampolla para los mismos, piezas para diversos instrumentos, cajas transparentes y reflectores moldeados.

Presentación comercial

Los acrílicos se pueden obtener como polvos para moldeado, o como hojas, varillas, barras y tubos fundidos. Gran diversidad de formas, planchas de todos los espesores. Bloques, barras, tubos, perfiles, polvos de moldeo, dispersiones acuosas, filamentos, etcétera.

Polioximetileno (POM)

Las excelentes características técnicas del material y su facilidad de moldeo le han otorgado un campo bien diversificado de aplicaciones técnicas. Por ello, su crecimiento ha sido de los más regulares.
Un factor favorable para el POM es su capacidad de reciclado químico sin pérdida de propiedades mediante escisión de monómeros. Por ello, el POM puede ganar un terreno adicional en los campos más afectados por la legislación del reciclado.

Polipropileno (PP)

Se obtiene por la polimerización del propileno.

Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso.
El homopolímero de PP es quebradizo a bajas temperaturas, por lo que la mayor parte de sus aplicaciones se efectúan mediante copolímeros o aleaciones con elastómeros.

Nombres comerciales
Hostalen PP, Vestolen P (Alemania), Latene 120LV, Moplen (Italia), Propathene, Arpylene APP, Arpylene TPP, Arpylene APS, Formid (U.K.), Profil y Propylsar (Estados Unidos).

Propiedades
- Material termoplástico.
- Plástico rígido.
- Alta cristalinidad.
- Elevado punto de fusión.
- Excelente resistencia química.
- Baja densidad.
- Barrera a los aromas, impermeable, irrompible, atóxico y liviano.
- Resistente a temperaturas de hasta 135ºC.
- En películas se muestra transparente.

Transformaciones
Inyección, soplado, extrusión y termoformado.

Tratamientos
Al adicionarle distintas cargas como talco, caucho o fibra de vidrio se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería.

Aplicaciones
Película / film para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria. Bolsas tejidas para papas, cereales. Envases industriales, Big-Bag, hilos, cabos y cordelería. Caños para agua caliente, jeringas descartables, tapas en general, envases, bazar y menaje. Cajones para bebidas.

Polivinil – Carbazol (PVZ)
En el mercado se encuentran pellets preferentemente en colores naturales, gris a verde oliva, opaco.

Nombres comerciales
Luvican M170.

Propiedades
- Estabilidad al calor extraordinariamente elevada, destacadas propiedades dieléctricas.
- Rígido y quebradizo.
- La temperatura máxima de uso sin perjuicios es 170ºC.
- Estable frente a ácidos y álcalis, alcohol, éster y bencina.
- Inestable frente a benzol.
- En la construcción de moldes debe preverse una contracción del 0,6%.

Transformaciones y aplicación
En procesos de inyección se utiliza para piezas de aislamiento eléctrico sometidas a altas cargas térmicas en el sector de la técnica de alta frecuencia.

Sulfuro de Polifenileno (PPS)
Este plástico se encuentra en la frontera entre los técnicos y los de alto rendimiento, puesto que al añadirles cargas y refuerzo de fibras obtiene una resistencia al termoformado vecina a su punto de fusión. Existen dos tipos, el reticulado desarrollado por Phillips y el lineal obtenido por Kureha. El desarrollo de PPS ha sido de los más regulares en los últimos años, con una capacidad instalada de 53.000 tn/año en el mundo.

Tereftalato de Polietileno (PET/PTG)
Se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por policondensación. Existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para obtener el grado botella se lo debe poscondensar; hay

diversos colores para estos usos.
De la producción global de materiales de moldeo, aproximadamente el 50% van al envase, y el restante a la película estirada.

Propiedades

- Transparente.
- Irrompible.
- Liviano.
- Impermeable.
- Atóxico.
- Inerte al contenido.

Transformación y aplicaciones

El PET es desarrollado como material para fibras (Tergal, etc.), su principal aplicación ha sido después en la fabricación de películas para fotografía, cintas magnéticas, reprografía y otros. La aparición del proceso de inyección-estirado-soplado a mediados de 1970 determinó una segunda gran aplicación del PET: botellas para bebidas gaseosas, que actualmente es la más importante.

Procesos de transformación de los plásticos

Los materiales plásticos ofrecen al diseñador industrial posibilidades de procesado tan variadas como los metales.
Los procesos empleados para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos.
Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Los productos extrudados, como por ejemplo los tubos, tienen una sección con forma regular.
Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde. El calandrado es otra técnica mediante la que se forman hojas de plástico. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales. Por ejemplo, el politetrafluoretileno tiene una viscosidad de fundición tan alta que debe ser prensado para conseguir la forma deseada, y sinterizado, es decir, expuesto a temperaturas extremadamente altas que convierten el plástico en una masa cohesionada sin necesidad de fundirlo.
Una de las ventajas que ofrece el uso de los plásticos moldeados es que eliminan casi totalmente las operaciones de trabajado y acabado.
Las piezas de inyección tienen ventajas similares sobre las elaboradas por medio de mecanizados.
Los plásticos laminados, que se pueden obtener en planchas y en tubos, son generalmente trabajados a máquina para darles la forma y el tamaño deseados. En las piezas moldeadas deben eliminarse las rebabas y las marcas dejadas por las desembocaduras de los conductos de alimentación del molde.
Después del moldeado, las piezas plásticas se someten a un acabado grueso para quitar las rebabas de la línea de separación de los miembros del molde y de las diversas aberturas que pueda presentar la pieza. Vienen luego las operaciones de perforado y confección de roscas y cualquier otro trabajado a máquina que la pieza requiera. Por último, si existe la necesidad, un pulido final produce el acabado deseado.

Las marcas dejadas por los conductos de alimentación en las piezas moldeadas por inyección deben, a menudo, ser quitadas por medio de un

limado o corte efectuado a mano. Esta operación debe realizarse con el cuidado necesario para no perjudicar el acabado de la pieza moldeada. La operación de terminado se hace puliendo con cintas abrasivas, especialmente adaptables para piezas de tamaño medio y grande.
A menudo, un cuidadoso estudio previo del diseño ayudará a eliminar muchos maquinados a realizar después del moldeado. Sin embargo, hay casos en que el trabajado a máquina es necesario; por ejemplo, cuando hay que perforar pequeños agujeros, especialmente cuando están a un ángulo que no permite incluirlos en el molde.
Es necesario el trabajado a máquina también en los casos en que es esencial la exactitud en las dimensiones y se especifican tolerancias muy bajas. Lo ideal es realizar el menor trabajado a máquina posible en los plásticos moldeados, para evitar traspasar la capa superficial de resina. Si se rompe esa capa superficial pueden perderse parcialmente algunas propiedades químicas, eléctricas o mecánicas.
Tal como se expuso en precedentes consideraciones, todos los plásticos son malos conductores del calor. Por tal razón, el calor generado por la fricción de las herramientas cortantes debe ser conducido fuera del propio plástico de alguna manera, ya sea por la misma herramienta, por refrigeración a aire, o por refrigerantes líquidos. La mayor parte del trabajado a máquina de materiales plásticos es hecho en seco. Dado que algunos componentes de los plásticos termoestables, como los fenoles y las ureas, frecuentemente contienen rellenos abrasivos, las herramientas pueden perder su filo con facilidad. Bajo condiciones de velocidad y alimentación inadecuadas las herramientas pueden llegar a quemarse.
Otro fenómeno que debe ser tenido en cuenta es la tendencia que presentan algunos plásticos a ablandarse. El calor generado por el roce, al trabajar estos materiales, puede calentar su superficie hasta el punto de hacerle tomar una consistencia gomosa, a raíz de lo cual las herramientas se cubren de una película de resina quemada. En el caso de mechas de alta velocidad esto provoca adherencias y posibles rajaduras, con la consiguiente inexactitud en el trabajo. Las herramientas de corte de Stellite son excelentes para trabajar todo tipo de plásticos, y su uso será económico cuando se encare una producción intensa y continua.

Calandrado

El calandrado es esencialmente una operación de laminado, en la que una masa de tipo plastilina de un material termoplástico se pasa a través de rodillos calientes, que conforman una lámina de un espesor uniforme. El proceso también se utiliza para aplicar recubrimientos plásticos a otros materiales.
Es una tecnología antigua utilizada en la industria papelera y del caucho y que se aprovecha también en la industria de los materiales plásticos; es la de mayor interés para la producción de hojas de PVC rígido y plastificado.
También hay otros materiales plásticos que se pueden calandrar, pero hasta ahora no alcanzaron gran importancia industrial. Casi el 90% de las hojas de PVC que se fabrican se obtienen por calandrado, debido a su amplio intervalo de elasticidad.
Un equipo de calandrado está compuesto por varias unidades de máquinas:
1. Dispositivo para la mezcla y la plastificación.
2. La calandra propiamente dicha.
3. Equipos sucesivos para el tratamiento y el enrollamiento de los folios.
Por lo general, el PVC, bajo forma de polvo, se mezcla con estabilizantes, lubricantes, cargas, colorantes y, de ser necesario, también con plastificantes. Equipos completamente automáticos

de transporte y de dosificación de los materiales permiten que las formulaciones originales se mantengan tal cual. En la fase siguiente, unos mezcladores-amasadores transforman la mezcla, bajo la acción del calor y de la energía mecánica, en una masa bien homogénea y plastificada. Esta operación requiere particular cuidado ya que hay que evitar que el material sufra degradaciones térmicas.
Actualmente se utilizan mezcladores de cilindros conectados con una amasadora o extrusor. Los progresos técnicos conciernen a la alimentación de la calandra, y por lo general se tiende a reemplazar la alimentación por medio de cintas transportadoras por una alimentación directa desde el extrusor a través de una hilera especial de cabezal ancho.
La calandra propiamente dicha, que representa el núcleo central de toda la transformación, está compuesta por 3-5 cilindros; por lo general son calandras de 4 y 5 cilindros colocados en forma de L o F de hasta 2.500 mm de longitud que se calientan por medio de vapor o de agua caliente, y ejerciendo fuertes presiones sobre el material en estado plástico le confieren uniformidad, espesor y resistencia a la tracción y al desgaste.
Para la extracción de la hoja del último cilindro, la calandra está provista de un sistema de cilindros con temperatura regulable que se pueden accionar por separado o en grupos.
Después del calandrado, y antes de que la hoja se enfríe definitivamente y sea enrollada, la hoja se puede someter a un tratamiento térmico de temple, o ser estirada mediante una serie de rodillos de reducido diámetro.
El proceso de acoplamiento consiste en unir dos o más hojas de igual o diferente material por medio de calor, de presión o eventualmente con un adhesivo hasta formar una sola capa.

Colada

El proceso de colada se utiliza para resinas termoplásticas y termoestables; es uno de los más sencillos y económicos, y por muchos aspectos tiene casi características artesanales. El moldeo se diferencia de las demás tecnologías porque no requiere ejercicio de presión.
Este proceso consiste en verter el material plástico en estado fluido en moldes huecos donde al solidificarse toma la forma de la matriz. El material pasa del estado líquido al sólido mediante tratamientos especiales que varían según los casos:
1. Aplicación de calor.
2. A temperatura ambiente, por medio de agentes de fraguado o catalizadores.
Las resinas que se prestan para ser transformadas por colada son numerosas: celulósicas, cloroviníllicas, epoxis, fenólicas, metacrílicas, poliamidas, policarbonatos, poliésteres, polietilénicas, poliestirénicas, polimetacrílicas, ureicas y siliconas. Los materiales que sin embargo dan los mejores resultados son: polimetil-metacrilato, poliéster, poliuretanos, PVC, resinas epoxi y fenólicas.
Los moldes pueden ser de madera, yeso, plomo, acero o vidrio. Los moldes de vidrio se aprovechan para la fabricación de planchas de PMMA (polimetil-metacrilato) de gran espesor, aplicación de gran importancia industrial. Las resinas poliésteres no saturadas, antes de la reacción final, se hallan en estado líquido y por consiguiente se aprovechan también para efectuar encapsulados de objetos decorativos.
Asimismo, es muy importante el proceso de colada para la transformación de poliuretanos y de los plastisoles (pastas a base de PVC).
La fundición o colada se utiliza extensamente para encapsular circuitos electrónicos.

Compresión

Es el proceso más común para conformado de materiales plásticos termoestables (resinas fenólicas, ureicas y melamínicas) y raramente se aplica para los termoplásticos, porque en este caso se debe enfriar el molde para que la pieza se pueda retirar. Fue y es el método más usado para transformar los materiales plásticos a partir del descubrimiento del celuloide, puesto que ya se conocía en la industria del caucho.
El principio es muy sencillo: balanceando adecuadamente la presión y el calor se comprime al material plástico en polvo, pellets o en pasta dentro de un molde provocando una reacción irreversible de las resinas y obteniendo un producto acabado indeformable.
El equipo mecánico es una prensa vertical compuesta por dos platos portamoldes, uno fijo y otro móvil, que se acercan y se alejan alternativamente determinando el cierre y la apertura del molde. A veces, la presión que la prensa debe ejercer sobre el material es muy alta pero se la transmite de manera gradual ya que una fuerte presión inicial comprometería el éxito del moldeo. También la temperatura del molde debe ser uniforme y debidamente ajustada en función de las características del material.
Las resinas termoestables que existen actualmente en el comercio bajo la forma de polvo o de gránulos (pellets) se transforman por compresión directa.
El ciclo de moldeo por compresión se divide en las siguientes fases:
1. Empastillado.
2. Precalentamiento.
3. Carga del material en el molde.
4. Cierre lento del molde y desaereación.
5. Fraguado del manufacturado.

El empastillado consiste en comprimir, generalmente en frío, el material colocado en la cavidad de un molde para obtener pastillas conforme a la horma; con este método se obtiene la eliminación del aire contenido en los gránulos, lo que permite un mejor acabado superficial de los manufacturados y la abreviación de los ciclos de moldeo con menos desperdicio de material plástico.
El precalentamiento se efectúa por convección, con rayos infrarrojos y de alta frecuencia (más rápido y eficaz), que facilita el endurecimiento uniforme entre las zonas superficiales e internas del manufacturado en un tiempo muy breve.
El moldeo de las resinas termoestables se efectúa bajo ciertas condiciones de presión, temperatura y tiempo de fraguado; la variación de cualquiera de estos parámetros hace variar a los demás.
Después del moldeo se procede a la eliminación de las rebabas de las piezas, ya sea mediante limadura, con tratamiento con arena o haciendo rodar las piezas en tambores giratorios.
Los laminados plásticos para madera se fabrican con este sistema. Este laminado es un semielaborado compuesto por capas de material fibroso (papel o tejido) impregnadas con resinas termoestables profundamente unidas entre sí por la acción de la presión y del calor ejercido por grandes prensas hidráulicas.

Espumado

Es sabido que a muchos materiales plásticos puede otorgársele una estructura celular sólida o flexible (de celdas abiertas o de celdas cerradas). Dichos materiales se denominan espumas o espumados.
En la actualidad, hay dos tipos de materiales espumados que han conquistado gran importancia industrial: el poliestireno y los poliuretanos.

Poliestireno espumado: se obtiene mediante la incorporación de líquidos volátiles o de gases (cloruro de metilo, propileno, butileno, pentano)

durante o después del procesamiento del poliestireno para la obtención de las perlas o de gránulos. El proceso de transformación se divide en tres fases partiendo del preespumado de las perlas mediante vapor a 100ºC, maduración en torres especiales alrededor de 24 horas y por último, el moldeo de los bloques en moldes especiales que se cortan sucesivamente en planchas de diferentes medidas y espesores; es posible asimismo moldear manufacturas (por lo general embalajes) utilizando máquinas similares a las de inyección, en lugar de material fundido. En los moldes se dosifican perlas preespumadas que se funden sucesivamente en el molde por medio del vapor.

Poliuretano espumado: se clasifican en continuos y discontinuos.
Con los procedimientos continuos se pueden fabricar bloques espumados flexibles o rígidos de base poliéster o poliéter. Los componentes bases, catalizadores y emulsionadores, se dosifican por medio de bombas de alto rendimiento, en una cámara de mezclado; acto seguido la mezcla va espumándose mientras baja por una cinta transportadora de papel en forma de paralepípedo abierto en su parte superior; de esta manera se forman bloques largos que sucesivamente se someten al recocido y corte en planchas y perfiles de las dimensiones que se deseen.
Entre los procesos discontinuos están acrecentando su importancia las plantas para producción de productos de poliuretanos semiespumados denominados «estructurales o integrales», que van del tipo elástico al tipo rígido. En la tecnología de la producción se la conoce también bajo la sigla RIM (*reaction injection molding*).
El equipo está compuesto por una máquina de mezclado y dosificación de alta presión de los productos intermedios, generalmente polioles y disocianatos, y por una prensa portamoldes; la mezcla líquida de los intermedios se vierte en el molde donde se produce una reacción y el espumado, llenando las cavidades del mismo y endureciendo el material hasta alcanzar las características finales deseadas. Los moldes son más sencillos que los utilizados para los materiales termoplásticos y pueden ser tanto de resina como de metal.
Los manufacturados de poliuretanos espumados rígidos hallan su aplicación en el sector de los muebles, en el técnico (carcasas de radio, TV, calculadoras, etc.), como así también en el automotriz y deportivo.
Las piezas de poliuretano espumado semirrígido encuentran su aplicación también en el área automotriz (parachoques, tableros, consolas, apoyabrazos, volantes, paneles para puertas etc.), Artículos deportivos (empuñaduras para bastones de esquiar, botas de esquiar, guantes para hockey sobre hielo, suelas de zapatos, etcétera.
Los productos obtenidos de poliuretano espumado flexible se aplican en muebles acolchados, colchones; en la industria automotriz (asientos, parasoles, revestimientos interiores, etc.); industria textil, industria del embalaje, y otras.
Todos los espumados permiten insertos metálicos, comportándose de manera neutra. Un ejemplo puede ser el de los volantes de automóviles que poseen insertada una estructura interna, conformada por pieza central de aluminio inyectado y una varilla redonda de acero.

Extrusión

La extrusión es la tecnología que se adopta para transformar a un polímero, mediante la acción del calor y de la presión, en un manufacturado de forma continua como película, tubo o perfil.
La máquina que se utiliza para este proceso se llama extrusor y funciona como a continuación se detalla: el polímero pasa por la tolva y entra

en un largo cilindro donde, por el movimiento hacia adelante de un tornillo, se comprime, funde y homogeniza. Cuando llega al final del cilindro, el material fundido pasa a través de la boquilla que le imprime la forma final que se desea dar al manufacturado a través de la operación sinfín.
Un dispositivo de extracción puesto a la salida de la extrusora arrastra la manufactura sometiéndola al enfriamiento por medio de agua o soplado de aire.
Una correcta extrusión dependerá de la potencia de la máquina, de la temperatura de elaboración, del uso de un tornillo adecuado al polímero que se procese y del modelo de la extrusora.
Los materiales que más se procesan con esta tecnología son el polietileno de alta y de baja densidad (PEHD/PELD), el PVC, el poliestireno y copolímeros (PS, SAN, ABS), el polipropileno (PP), las poliamidas (PA), el policarbonato (PC) y las resinas celulósicas y acetálicas.
El proceso de extrusión se aplica para las siguientes principales producciones:
1. Extrusión de películas tubulares sopladas.
2. Extrusión con cabezal ancho de películas y planchas.
3. Extrusión de tubos y perfiles.
4. Producción de flejes de dirección monoaxial y monofilamentos.
Para la producción de **películas tubulares sopladas,** el extrusor debe poseer una boquilla anular, un equipo de extracción de rodillos y una bobinadora.
El aire que se introduce a través de un orificio efectuado en el mandril de la extrusora, dilata la película tubular hinchándola desde el interior mientras todavía es plástica hasta alcanzar el diámetro deseado. El tubo es aplastado sucesivamente por un par de rodillos y enrollado por una bobina. Para este tipo de procesamiento, el material mayormente usado es el polietileno de baja densidad (PELD) con el cual se producen sacos, bolsas, películas termocontraibles para el embalaje de pallets; películas de este material se aprovechan para recubrimientos, impermeabilizaciones y otras aplicaciones de uso agrícola. Otros materiales plásticos que se prestan para la producción de películas sopladas son el polipropileno (PP), las poliamidas (PA) y los poliésteres saturados. Todos los materiales citados se pueden utilizar acoplados, como por ejemplo poliamida / polietileno de baja densidad para envasar alimentos.
Después de la fase de enfriamiento, el tubo extrudado se envía por medio de un par de canaletas a una cinta transportadora que lo lleva a un grupo de enrolladores pasando también a través de un equipo para el tratamiento de la película para la imprenta mediante sistema electrónico.
Por último, cabe acotar que existe una técnica de producción por «coextrusión», es decir, en vez de laminar dos películas diferentes se tiende, reduciendo los costos, a producir películas coextrudadas sopladas en una sola fase; fueron puestos a punto varios procedimientos para la producción de películas coextrudadas de poliamida / polietileno; la adherencia entre los dos materiales de características completamente diferentes se consigue con la activación química de las superficies internas de las películas, o insertando entre las dos películas otra película especial capaz de facilitar la adherencia.
Para la extrusión de **películas planas y de planchas** se utilizan extrusores normales con un orificio rectilíneo con labios abiertos en razón del espesor del producto que se desea fabricar. Requiere mucho cuidado el ajuste de la calefacción y la temperatura del cabezal, ya que la misma debe ser uniforme y constante en todos los puntos de la masa metálica.
El equipo se completa con los cilindros de enfriamiento, mecanismos de expulsión y de arrastre

hasta la bobinadora. La extrusión con cabezal ancho se utiliza para fabricación de películas de poliamida 6, polipropileno y copolímeros del polietileno que se aprovechan, en espesores de 10 hasta 59 micrones aun acoplados con otros materiales, para el embalaje de alimentos; su aplicación va aumentando también en el sector técnico; se utiliza para el recubrimiento de cables eléctricos, soportes de papel carbónico, soportes para alfombras, cintas adhesivas, etcétera.
Se pueden metalizar las películas, con el fin de protegerlas contra las radiaciones luminosas.
En cuanto a la extrusión de planchas, se nota la tendencia a usar equipos con los cuales se pueden obtener planchas de hasta 3,5 m de ancho, ya que hay mucha demanda para el termoconformado para embarcaciones, piezas técnicas, recubrimientos de ABS y de poliestireno antichoque; se tiende asimismo a extruir con copolímeros estirénicos planchas de espesor de 0,8 a 2 mm con equipos de alta potencia para la producción de vasos y envases; antes de su enrollamiento en la bobina, el material pasa a través de varios cilindros de enfriamiento.

Extrusión de tubos y perfiles. Con este proceso se obtienen grandes cantidades de perfiles de PVC rígido antichoque y plastificado, de poliestireno antichoque para la industria de la construcción (puertas, ventanas, postigos, etc.), y de los muebles. Se fabrican también perfiles semiespumados de poliestireno, de PVC rígido; aparte del ahorro de material que se consigue con este tipo de elaboración, también resultan más sencillas las operaciones de perforado. La producción de los citados perfiles se realiza con los extrusores tradicionales, agregando al material plástico agentes químicos de espumado; durante el proceso se liberan gases inertes que provocan, en la masa que sale de la extrusora, la formación de la estructura porosa. Variando adecuadamente las condiciones de extrusión, especialmente el calibre, se pueden producir perfiles semiespumados de superficie cerrada, como también perfiles con zonas externas compactas y núcleo espumado.
Con este sistema se fabrican productos estructurales como paneles competitivos con los de madera, con superficies acabadas, mayor estabilidad dimensional y duración.
La extrusión de tubos es una de las producciones más corrientes: airando matriz, el mandril de la extrusora y el calibre, se pueden producir tubos de varios diámetros. Durante la fase de arrastre se hace adherir el tubo a un calibrador en el cual se ha provocado un vacío por intermedio de una bomba aspirante. El equipo, por lo general, está provisto de un enfriador por agua, de un mecanismo de arrastre de rodillos o de orugas y de una cortadora. El material plástico mayormente utilizado es el PVC, luego la poliolefina y el ABS con los cuales se fabrican una gran variedad de tubos en el sector de las tuberías bajo presión, para drenaje y desagües; para cables telefónicos y eléctricos; drenaje agrícola, canales artificiales, etcétera.

Producción de flejes y monofilamentos. Se trata de un sector muy amplio que comprende la producción de un surtido de manufacturados denominados «textiles de película», porque partiendo de un gránulo se produce primeramente una película que debidamente estirada y fibrilada se convierte en rafia directamente procesable en las máquinas de tejer normales; de este modo se fabrican sacos, cuerdas, soportes para alfombras en sustitución de los materiales tradicionales; se fabrican también con el mismo procedimiento hilados para tejidos de punto.
La película se corta luego en tiras que se someten a un tratamiento de estirado que provoca la

orientación de las moléculas y la consecuente adquisición de características mecánicas nuevas; luego el material se bobina y está listo para ser utilizado en las máquinas textiles.
Los monofilamentos (sobre todo en resinas poliamidas) se fabrican aplicando al extrusor un pequeño cabezal perforado; dichos monofilamentos se enfrían solo parcialmente y por fin se estiran para que la nueva orientación molecular aumente su resistencia mecánica.

Impresión

Las piezas de material plástico se pueden someter a un tratamiento superficial para otorgarles alguna gráfica particular.
Una de las formas más comunes de decoración es la impresión, y en muchos casos existe la necesidad de transmitir mensajes publicitarios por medio del manufacturado plástico. Existen varios sistemas para imprimir el plástico, tantos como los hay para el papel. Uno de los más comunes es el que consiste en imprimir en caliente por medio de un cliché, una capa de pigmento sobre la superficie del polímero. La impresión se efectúa solo después de haber sometido la superficie a un tratamiento preventivo que permita el anclaje de las tintas.
Los procesos de impresión son:
1. Serigrafía.
2. Offset.
3. Flexografía.
Otros sistemas de decoración son el barnizado por vaporización y la metalización. También, cuando se trate de metalización, la pieza a decorar debe someterse a un tratamiento previo que permita el anclaje del metal según el clásico procedimiento electrolítico (galvanización). Este sistema se adopta para algunos tipos especiales de ABS. Otro método de metalización ideal para casi todos los materiales plásticos es el del vacío: un polvo metálico finísimo, generalmente de aluminio, se deposita sobre el producto precalentado que se introduce luego en la cámara de vacío (se producen por este método, los reflectores).
El gofrado se obtiene haciendo pasar una hoja de material plástico todavía caliente, a la salida de la calandra sobre un cilindro en el que está grabada la decoración que se desea imprimir sobre la manufactura.
Es posible también otorgar a las superficies efectos de afelpamiento. Mediante una textura aplicada con un soplete de presión, finísimos filamentos textiles se depositan sobre la superficie del material plástico otorgando efectos visuales y táctiles.

Inyección

El moldeo por inyección es el principal proceso usado para la transformación de los materiales termoplásticos. Casi el 25% de estos materiales se moldean por inyección; en la actualidad también los termoestables se pueden transformar con esta tecnología.
En el moldeo por inyección el polímero ingresa por la tolva en forma de pellets en un compartimiento de inyección caliente, se funde y es empujado por medio de un pistón en la cavidad del molde. Debido a que la cavidad del molde se cierra antes de la inyección, se obtiene excelente exactitud.
En contacto con las paredes frías del molde, el material se solidifica y, al abrirse el molde, la pieza se puede extraer sin peligro de deformaciones.
El polímero se forma en el molde con bajas presiones de moldeo y esto significa que pueden utilizarse moldes muy poco costosos. Muchas formas de poliuretano, que van desde elastómeros hasta espumas rígidas, se conforman por este proceso (RIM) en diversas piezas como parachoques, extensiones para los guardabarros y los spoilers. Aunque el método RIM se utiliza en

la actualidad, principalmente para poliuretanos, se puede moldear por inyección en forma similar cualquier monómero reactivo, tales como los que se encuentran en la resina epoxídica y el nylon, por ejemplo.
En el mercado existen actualmente dos tipos fundamentales de inyectoras: las convencionales de émbolo, y las de tornillo preplastificador.
En las **inyectoras de émbolo,** la materia prima pasa de la tolva a un cilindro de acero con un torpedo en su interior que empuja al material contra las paredes calentadas por resistencias eléctricas, elevando al material a la temperatura de moldeo. Un émbolo accionado hidráulicamente empuja al material fluidificado en el cilindro inyectándolo en el molde a través de una boquilla.
Las máquinas de émbolo son muy sencillas pero requieren presiones de inyección muy altas, y los ciclos productivos no son rápidos porque la fluidificación de la masa en el cilindro requiere mayor tiempo. Sirve sobre todo para el moldeo de productos para los cuales no se realizan grandes series.
Mientras que las **inyectoras con preplastificador tornillo-pistón,** producen una plastificación más rápida y homogénea, por lo tanto se obtiene mayor rendimiento de la producción.
El grupo preplastificador está compuesto por un cilindro calentado con resistencias eléctricas en cuyo interior se halla un tornillo sinfín en movimiento.
El tornillo se acciona por medio de un motor eléctrico o hidráulico de velocidad variable. Es el tornillo el que hace avanzar al material procedente de la tolva y provoca su fusión por medio de la presión y la fricción durante el deslizamiento de la masa plástica contra la pared del cilindro calentado. Además, la rotación del tornillo determina la fusión homogénea de toda la masa, que una vez plastificada, se acumula en la cabeza del cilindro.
La presión hidráulica es la que después empuja al tornillo con un rápido movimiento punzonador y que de ese modo inyecta, a través de la boquilla, a la masa plastificada en el molde.
Además de estas, existen prensas de inyección vertical, las cuales se utilizan por lo general para el moldeo de piezas con insertos.

Mecanizados

Los materiales plásticos, ya sean termoplásticos o termoestables, se pueden trabajar con máquinas herramientas adoptando los mismos métodos usados para la transformación de la madera o de las aleaciones livianas. Se pueden tornear, fresar, taladrar, enclavar, roscar, punzonar, aserrar o cortar con alambre caliente, si se trata de espumados. Se pueden acabar superficialmente con cepillos, esmeriladores, etcétera. Se pueden encolar con adhesivos a presión, en emulsión acuosa, en solución de dos componentes y termosoldantes. En cuanto a la soldadura, los polímeros se sueldan con los sopletes normales, con herramientas calentadas, con barra caliente (para películas) y con ultrasonido.
Los semielaborados de partida son planchas, hojas, laminados, películas y barras macizas o huecas.

Operaciones

Aserrado. El aserrado de piezas de materiales fenólicos moldeados se hace sobre todo con sierras circulares y en sierra sinfín; para cortes rectos se recomiendan las sierras sinfín, porque éstas se calientan menos que las circulares.
Para cortar curvas se requieren hojas más angostas y con dientes más inclinados que para hacer cortes rectos.
El aserrado se hace generalmente en seco, pero algunos técnicos recomiendan el agua como re-

frigerante. Algunas veces se obtienen cortes más suaves calentando el material.
El aserrado de poliestireno y acetato de celulosa fraguados en frío puede hacerse con sierras circulares que tengan 4 ó 5 dientes por centímetro para láminas delgadas, y 2 dientes por centímetro para láminas de más de 6 mm de espesor. Sierras de 15 a 22,5 cm de diámetro se operan a velocidades entre 3.000 y 3.600 RPM. El espesor de las sierras circulares generalmente es de 0,75 a 1,5 mm, y sus caras deben ser ligeramente cóncavas. Un chorro de agua hace el corte más limpio.
El método más satisfactorio de aserrar materiales plásticos vinílicos consiste en emplear una sierra sumergida en el agua. Cuando se asierran resinas sin relleno, el aparato debe ser equipado con sierras de acero templado. La velocidad superficial recomendada es de 1.000 a 1.200 m/min (1.200 RPM para una sierra de 30 cm) y la sierra debe llevar de 4 a 5 1/2 dientes por centímetro. Los dientes no deben tener inclinación.

Escariado. No es una práctica habitual el escariado o ensanchado de agujeros en plásticos moldeados. El escariado se emplea, principalmente, para limpiar de rebabas los agujeros. Cuando es necesario repasar un agujero cónico, se pueden obtener buenos resultados con una mecha escariadora de expansión. Debe usarse un escariador de avance rápido y baja velocidad (no más de 50 a 100 RPM), en conjunto con un soporte flotante autocentrante. En piezas de sección reducida (de menos de 3 mm de espesor), conviene perforar los agujeros con un diámetro menor que el deseado en 0,25 mm.

Estampado. Se emplea a menudo sobre materiales plásticos, como por ejemplo para estampar letras en bajo o alto relieve para grabar la marca en piezas de materiales plásticos. Se utilizan matrices de bronce calientes, y en algunos casos se calienta también el material a ser estampado.
Fresado. Cuando es necesario fresar piezas moldeadas, se recomiendan velocidades y avances del valor de las empleadas para trabajos en bronce. La velocidad empleada es de 120 m/min usando fresas de acero ordinario, y de 360 a 480 m/min con fresas al carburo. A veces se utilizan fresas de aleta con una o dos cuchillas, a alta velocidad y con cortes finos. Cuando hay que quitar poco material se puede usar un tupí de alta velocidad con herramienta de punta de acero al carburo.
Se pueden utilizar fresas comunes pero, si se afilan las cuchillas de la fresa dándoles mayor ángulo de luz, se puede trabajar a velocidades más altas. También en este caso puede ser necesario emplear un chorro de aire para asegurar la adecuada remoción de virutas de la fresa.

Punzonado. En la confección de piezas de plásticos laminados se aplican extensamente el corte de agujeros, el corte a cizalla o guillotina y el recortado a presión. El espesor de la lámina y la temperatura de la lámina son los factores que determinan las operaciones a emplear. Algunos materiales pueden punzonarse en frío, hasta un cierto espesor. Otros requieren ser calentados, siendo generalmente mayor el espesor que se puede cortar cuando la lámina ha sido calentada. Las láminas pueden calentarse sobre planchas adecuadas, hornos o estufas. Algunos materiales pueden ser calentados hasta 140°C sin dañarlos, otros sólo hasta 120°C. Una temperatura demasiado alta puede afectar el acabado de la lámina, y un excesivo tiempo de calentado puede tornar quebradizo el material. El corte debe hacerse dentro de los dos minutos, o menos, después del calentamiento.
Los materiales laminados ceden algo cuando son punzonados; por ello el agujero producido es un poco menor que el punzón. Debe tenerse en

cuenta este porcentaje, que depende del tipo y espesor del material.

Roscado. Los mejores resultados en la confección de roscas hembra de pequeño tamaño se obtienen con mechas de acero rápido nitrado y cromado. Las velocidades usuales oscilan de 12 a 16 m/min. Las herramientas tienen tres estrías en lugar de las cuatro comúnmente usadas en trabajos mecánicos. Una inclinación negativa de alrededor de 5º en la cara frontal de apoyo ayudará, en cierta medida, a evitar que la herramienta se trabe al ser retirada de los agujeros. Las roscas pequeñas pueden hacerse en seco. El agua es más eficaz para facilitar la operación de roscar que la grasa o el aceite.
En las roscas hechas a máquina se recomienda excederse en 0,05 a 0,125 mm del tamaño exacto; esto asegura un 75% de filete completo, para evitar que se rompa la rosca. Un pequeño chanfle reducirá al mínimo el levantamiento de material alrededor del borde del agujero. Cuando se trata de roscas de más de 6 mm de diámetro, es más conveniente moldearlas en la misma pieza que hacerlas luego, salvo cuando se trabaja sobre secciones muy delgadas.
El uso de insertos con rosca, fijados a la pieza durante el moldeado, elimina la necesidad de perforar y hacer roscas en pequeños agujeros.

Taladrado. Para obtener eficacia en la perforación de agujeros de hasta 6 mm de diámetro, es recomendable utilizar mechas especiales para plásticos. Estas mechas se pueden obtener con puntas de 60º, y para mayores espesores, 90º. Un helicoide suave es mejor para agujeros pasantes, mientras que para agujeros ciegos es más apropiado el uso de un helicoide rápido.
Para taladrar se usan generalmente velocidades de 30 a 90 m/min, pero para materiales que contienen rellenos inertes o abrasivos deberán emplearse velocidades menores, de aproximadamente 25 m/min.
Cuando se perforan plásticos laminados, el borde de corte de la mecha debe ser afilado y delgado, con poco ataque. Un ángulo de corte amplio evitará tajaduras y astillamientos.

Torneado En las operaciones de torneado, alisado de caras, frenteado y perforado, realizadas sobre piezas de materiales fenólicos moldeados, se recomiendan herramientas con menor ángulo de corte y mayor inclinación sobre la superficie de la pieza que las empleadas cuando se trabaja sobre acero u otros metales.
Las velocidades de corte oscilan de 60 a 180 m/min para herramientas de acero rápido, y de 150 a 450 m/min para las herramientas de corte de «Stellite».

Plastificado

La protección de los metales contra la corrosión se obtiene mediante la aplicación de barnices y pinturas, las cuales al secarse forman una capa muy fina sobre la superficie metálica que tiene la función de protegerla y mejorarla estética y ergonómicamente.
Con la difusión de los materiales plásticos, además del tradicional tratamiento con barnices y pinturas, se desarrolló una nueva técnica de protección. Se trata del recubrimiento plástico o plastificación, que consiste en depositar una película de material plástico sobre el objeto a proteger o decorar.
Existen varios procesos de plastificación. Uno consiste en sumergir el objeto en el plastisol (al estado líquido), extraerlo más o menos rápido, gotear el exceso de resina y gelatinizar.
Otras tecnologías se basan en el recubrimiento de piezas metálicas mediante polvos plásticos; entre

las mismas caben citarse la sinterización en lecho fluidificado y el rociado de pinturas electroestáticas de polvo plástico.
El uso del sistema por rociado electroestático ha sufrido incrementos porque otorga la posibilidad de aplicar capas más finas.
En líneas generales, los polvos más usados para el método de inmersión son: PVC (40%), polietileno (35%), poliamida 11 (10%), resinas epoxídicas (8%) y acetobutirato de celulosa (7%). Para el método electroestático se toman en consideración principalmente los polvos derivados de las resinas epoxídicas (90%), seguido el PVC y las resinas de poliésteres.
Con el sistema de lecho fluido, el objeto a cubrir se calienta primero a una temperatura superior al punto de ablandamiento de la resina, y seguidamente se sumerge en el polvo de material de adecuada granulometría; el polvo se fluidifica mediante una corriente de aire o de gas inerte (nitrógeno), la pieza se extrae después que el polvo se haya adherido a las paredes calientes del objeto y que por efecto del calor se encuentra fundido recubriéndolo; se completa la operación introduciéndolo en un horno por cierto período.
El sistema de vaporización electroestática consiste en aplicar el polvo sobre una pieza con un soplete; a causa de su carga electroestática el polvo se adhiere inmediatamente al manufacturado que se introduce luego en un horno para terminar la operación.

Pulp

Es un proceso utilizado en termoestables. La producción de la pieza se obtiene sumergiendo un molde poroso con la forma deseada en un tanque que contiene una mezcla de PULP, resina plástica y agua.
El agua se elimina después de la forma porosa por medio de un vacío quedando adherida a ésta la mezcla de PULP y resina. Cuando se alcanza el grosor suficiente de PULP se moldea en la forma final.

Rotomoldeo

Es una tecnología antigua, ya aplicada para el caucho y adoptada para los materiales plásticos para el conformado de reducidas series y de cuerpos huecos de grandes dimensiones y espesores.
Las dimensiones de las piezas no tendrían límite si no fuera por la dimensión del horno. Las ventajas principales que brinda este proceso son el bajo costo de los moldes y la uniformidad de espesores de las paredes de la pieza que se obtiene.
El principio es muy sencillo. Se coloca el material polimérico adoptado (por lo general, se trata de polietileno en polvo fino o de plastisoles vinílicos) en un molde hueco que se hace girar en el interior de un horno alrededor de dos ejes perpendiculares entre sí. Durante la operación, el molde se calienta; la fuerza centrífuga provocada por la rotación distribuye el polímero de manera uniforme contra las paredes calientes del molde; el polvo se funde y toma la forma del molde; se enfría el molde y se extrae el producto.
Los moldes son producidos generalmente en chapas embutidas, dobladas, punzonadas, etc., y unidas por soldadura.
Los materiales más utilizados para la transformación por moldeo rotacional son el polietileno de alta y baja densidad (en forma de polvo), los plastisoles vinílicos (estado líquido), poliestireno, policarbonatos, poliamida 6 para producción de cuerpos huecos abiertos o cerrados sin junta y de capacidad mayor a 1 m^2. Hay que considerar que para la producción de cuerpos huecos de las citadas dimensiones, la inversión en maquinaria representa solo el 25-30% respecto de lo requerido para otros métodos de producción.
Mediante rotomoldeo se pueden obtener muebles (sillas y mesas), pallets, tanques, recipientes para transporte, embarcaciones, entre otros.

Soplado

Es un método de moldeo de materiales plásticos que se usa para la fabricación de cuerpos huecos. Esta tecnología se desarrolló en base a los siguientes sistemas principales:

1. Extrusión-soplado.
2. Inyección-soplado.
3. Inmersión-soplado.
4. Sistemas especiales.

El sistema **extrusión-soplado** (el más difundido) es la combinación de la tecnología de la extrusión con la del soplado. Esto significa que se extruda un tubo de material plástico denominado parison o manga en el interior de un molde formado por dos cavidades, y que luego, por intermedio de una boquilla, se sopla aire en el tubo mientras se halla todavía en estado plástico, de manera que se adhiera a las paredes del molde y tome su forma. Después del enfriamiento del molde por circulación de agua, el manufacturado hueco se extrae del molde.

El material plástico más usado es el polietileno (alrededor del 80%) seguido por el PVC, polipropileno y otros materiales plásticos como el policarbonato y la poliamida.

Se fabrica un vasto surtido de recipientes como botellas, tambores, bidones incluso con asas para el envase de productos químicos, para el hogar, para alimentos, gasolinas, nafta, lubricantes, antiparasitarios y hasta los acumuladores para tanques de nafta de 1.500 2.000 y 3.000 litros.

También las máquinas para la extrusión-soplado de cuerpos huecos se fueron perfeccionando considerablemente a partir de equipos muy veloces para la producción de envases muy reducidos, hasta las máquinas mas potentes para la producción de tambores de gran capacidad, de una estación o de dos estaciones y con sistemas giratorios. Dispositivos especiales aseguran la producción de recipientes con un excelente acabado del fondo y rosca perfecta del cuello, superficies brillantes y elevada resistencia a la rotura y menos permeabilidad al dióxido de carbono y oxigeno. Las mazarotas o sobrantes se quitan en el molde o en sucesivas operaciones.

Otros estudios recientes determinaron la aplicación de la coextrusión al soplado, sistema con el cual se producen botellas de polipropileno y de polietileno recubiertas internamente o externamente con poliamida para el envasado en caliente, por ejemplo de mermeladas.

Inyección-soplado. Las ventajas que brinda esta tecnología respecto de la de extrusión-soplado se pueden sintetizar del siguiente modo: precisión dimensional más elevada sobre todo en el cuello y bocas, espesores más uniformes en las paredes, menores oscilaciones de peso y del volumen, elevado brillo superficial, y ningún desperdicio debido a mazarotas o sobrantes. Las desventajas son los costos más elevados de los moldes ya que se necesita uno para la inyección y otro para el soplado, además de no existir posibilidad de fabricar recipientes con asas.

Inmersión-soplado. Presentado por primera vez en 1973, está basado en la inmersión de un espárrago en una cámara de inmersión donde se halla la masa plástica fluidificada (generalmente a base de poliolefinas); sucesivamente, el cuerpo recubierto con dicho material se extrae y se lleva a una cavidad de soplado donde, por insuflación de aire, se realiza el soplado del cuerpo hueco.

Las ventajas respecto de la extrusión-soplado consisten en la falta de descartes, tolerancias muy precisas en el interior y exterior del cuello junto a la falta de rayaduras a lo largo de la manufactura. Comparado este sistema con el de inyección-soplado se observa que no hace falta el moldeo por

inyección de la preforma.
Han sido inventados varios procesos de transformación nuevos, aún en fase de desarrollo, como el soplado de cuerpos huecos semiespumados en poliestireno y otros materiales para el transporte de mercadería sensible a las temperaturas (helados, fruta fresca y productos químicos).

Termoconformado

El termoconformado (también denominado vacuum, vacum o termoformado) es una tecnología de transformación que no utiliza la materia prima en forma de gránulos, polvo o líquido como los demás procesos, sino que utiliza semielaborados como planchas o películas.
El principio es muy sencillo aunque, en la práctica, existen alrededor de 20 variantes del proceso.
Se coloca la plancha de materia prima en un marco y se calienta hasta alcanzar la temperatura de ablandamiento, por medio de irradiación de rayos infrarrojos. El marco desciende hasta la matriz y se hace vacío desde abajo, obligando a la plancha a adherirse contra las paredes del molde, tomando su forma. El contacto con el molde frío, y muchas veces ayudado con aire, provoca el endurecimiento de la pieza.
Existen otros métodos que prevén el uso de un punzón o contramolde para facilitar el moldeo; o combinar la acción del vacío y la presión de aire. La practicidad, la eficiencia y el factor económico son los elementos que determinaron el continuo desarrollo de este proceso.
En la fabricación, por ejemplo de embalajes y vajilla descartable, generalmente el proceso es continuo partiendo de una hoja de material plástico enrollado en bobinas que van desenrollándose sin interrupción, delante de un dispositivo de irradiación térmica y luego pasa a ser moldeada, enfriada y cortada.
Otra manera de obtener un proceso continuo es colocar una extrusora o calandra delante de la matriz, obteniendo así una alimentación ininterrumpida; la hoja sale de la extrusora y se envía a la fase de moldeo todavía caliente (blanda), evitando así el proceso de calentamiento, lo que disminuye costos y tiempo de trabajo.
El termoconformado asegura una alta producción, sobre todo cuando se trata de piezas chicas. También se fabrican piezas de grandes dimensiones como paneles interiores de heladeras, partes internas de automóviles y recipientes profundos.
El costo de los moldes es reducido, por lo que es posible realizar bajas series.
Los materiales empleados para la fabricación de los moldes son: yeso, madera, poliéster y aluminio.
Las resinas adecuadas para ser transformadas por moldeo en caliente son: poliestireno, ABS, PMMA, PVC, acetato de celulosa, polipropileno y polietileno.
Los progresos alcanzados en el moldeo en caliente se pueden sintetizar de la siguiente manera:

1. Moldeo en caliente de planchas de grandes dimensiones. Se fabrican cascos para embarcaciones de ABS, puertas de grandes dimensiones de ABS, interiores de puertas de heladeras, paneles interiores de automóviles.

2. Líneas de termoformado para la producción a elevada velocidad de embalaje. Partiendo de planchas de poliestireno, todas las operaciones de precalentamiento, termo-conformado, apilamiento, eventual riveteado en el caso de vasos e impresión se realizan automáticamente (aproximadamente 30.000 piezas por hora).

Transferencia

El moldeo por transferencia o transfer es una

versión modificada del método de compresión en el cual se puede introducir el plástico en un molde cerrado para evitar la rebaba.

La diferencia consiste en el hecho de que la resina se calienta hasta el punto de fusión y luego se «transfiere» al molde cerrado donde se completa la reacción bajo la acción combinada de la presión y el calor. En cambio, en el caso del moldeo por compresión el material plástico se coloca en la cavidad abierta del molde que luego se cierra, y que solo entonces pasa al estado de fusión.
Una ventaja del moldeo por transferencia es que permite colocar mejor los insertos.
Esta técnica se desarrolló para facilitar el moldeo de piezas complejas con cavidades profundas o inserciones.

VIDRIOS

No existe aún una definición precisa de los vidrios. Un concepto adoptado desde el punto de vista científico, los define como «son sólidos amorfos». El vidrio se denomina amorfo porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que, aunque las unidades moleculares están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. Otra conceptualización, de origen tecnológico, hace referencia a la forma de obtención: «Son materiales sólidos que se obtienen por enfriamiento rápido de una masa fundida, impidiendo su cristalización».

Los vidrios derivan históricamente de los materiales cerámicos. Pero, tecnológicamente, los materiales cerámicos se diferencian de los vítreos porque se obtienen por consolidación (sinterizado) de una mezcla de sustancias en polvo conformada a temperatura ambiente y sometida a la acción del calor, dando origen a un material policristalino; en tanto que los vidrios se producen por fusión total de una mezcla más o menos similar a temperaturas más elevadas, obteniéndose las piezas por conformado del material a alta temperatura cuando aún la masa fundida tiene alta viscosidad. De todos modos, no hay una línea divisoria precisa entre vidrios y cerámicos, pero en líneas generales se diferencian por la existencia o no de una estructura molecular cristalina.

El vidrio fundido es maleable y se le puede dar forma mediante diversas técnicas. En frío, puede ser tallado; a bajas temperaturas es quebradizo y se rompe con fractura concoidal.

Se fabricó por primera vez antes del 2000 a.C., y desde entonces se ha empleado para elaborar recipientes de uso doméstico así como objetos decorativos y ornamentales, entre ellos joyas.

El ingrediente principal del vidrio es la sílice, obtenida a partir de arena, pedernal o cuarzo. La sílice se funde a temperaturas muy elevadas para formar vidrio. Como tiene un elevado punto de fusión, y sufre poca concentración y dilatación con los cambios de temperatura, es adecuada para aparatos de laboratorio y objetos sometidos a choques térmicos (deformaciones debidas a cambios bruscos de temperatura), como los espejos de los telescopios. El vidrio es un mal conductor del calor y la electricidad, por lo que resulta práctico para aislamiento térmico y eléctrico. En la mayoría de ellos, la sílice se combina con otras materias primas en distintas proporciones. Los fundentes alcalinos, por lo general carbonato de sodio o potasio, disminuyen la temperatura de fusión y la viscosidad de la sílice. La piedra caliza o dolomita (carbonato de calcio y magnesio) actúa como estabilizante. Otros ingredientes, como el plomo o el bórax, proporcionan al vidrio determinadas propiedades físicas.

Propiedades

Como propiedades generales de los vidrios, a considerar en función de los condicionantes de diseño en el proyecto de una pieza para la elección del material, podemos citar:

1. Ausencia de porosidad.
2. Posibilidad de superficie perfectamente lisa, satinada, mate o texturada.
3. Posibilidad de transparencia, traslucidez (opalescencia) y opacidad.
4. Impermeabilidad.
5. Variedad de colores.
6. Estabilidad dimensional (con distintos coeficientes de dilatación).

Tabla 18. COMPOSICIONES DE LOS VIDRIOS REPRESENTATIVOS										
Denominaciones		*Porcentajes de Componentes (%)*								
		SiO_2	***Na_2O***	***K_2O***	***CaO***	***MgO***	***BaO***	***PbO***	***B_2O_3***	***Al_2O_3***
Sílice	(fundida)	99,5 +								
96% de Sílice	(Vycor)	96,3	< 0,2	< 0,2					2,9	0,4
Soda-cal	Lámina de vidrio	71-73	12-14		10-12	1-4				0,5-1,5
Silicato de plomo	Eléctrico	63	7,6	6	0,3	0,2		21	0,2	0,6
	Alto contenido de plomo	35		7,2				58		
Borosilicato	Baja expansión (Pyrex)	80,5	3,8	0,4					12,9	2,2
	Baja pérdida eléctrica	70		0,5				1,2	28	1,1
Aluminoborosilicato	Normal (Aparato)	74,7	6,4	0,5	0,9		2,2		9,6	5,6
	Bajo álcali (Vidrio E)	54,5	0,5		22				8,5	14,5
Aluminosilicato		57	1		5,5	12			4	20,5
Vidrio-cerámica		40-70				10-35				10,35

7. Resistencia térmica.
8. Resistencia al ataque químico.
9. Resistencia al ataque atmosférico.
10. Facilidad de limpieza y esterilización.
11. Facilidad con que se puede cerrar herméticamente.
12. Protección de radiaciones nocivas (luz, ultravioletas).
13. Aislación eléctrica.
14. Dureza (resistencia al rayado).
15. Resistencia al impacto.
16. Bajo costo, materias primas abundantes y baratas.
17. La resistencia mecánica, punto débil durante mucho tiempo, se ha superado en parte con tratamientos especiales, como el templado térmico.

Materias primas

Las materias primas principales en cuanto a volúmenes e incidencia en los costos son: arena o cuarzo, carbonato de sodio, feldespato potásico, calizas dolomíticas y casco de vidrio (reciclado de piezas rotas, descartadas o recuperadas).

Los componentes menores (que entran en un porcentaje en peso del 1 ó 2% en la mezcla) son los afinantes, colorantes, oxidantes, reductores, opacificantes, etcétera.

Desde el punto de vista de su origen, los componentes se pueden clasificar de la siguiente manera:

Componentes minerales

Arenas y cuarzo, introducen sílice (SiO_2). No son arenas comunes, sino con un mínimo de 98% de sílice.

Feldespatos, aluminosilicatos, introducen alúmina (Al_2O_3), K_2O y Na_2O.

Calizas, introducen CaO.

Dolomita, carbonato doble de Ca y Mg.

Fluorita, fluoruro de Ca (vidrios opales).

Manganeso, (como MnO_2) decolorante. Lo reemplaza el selenio.

Cuadro 20. TIPOS BÁSICOS DE VIDRIOS
ALUMINOSILICATOS
BOROSILICATOS
CERÁMICOS
DE ÓPTICA
DE SÍLICE
FOTOSENSIBLES
LÁSER
MULTICELULAR
PLOMADOS
RESISTENTE AL ACIDO FLUORHÍDRICO
RESISTENTES A LOS VAPORES METÁLICOS
SILICATOS

Baritina, sulfato de bario ($BaSO_4$). Vidrio satinado y escarchado. Vidrios ópticos de alto índice de refracción. Vidrios para cristalería fina.
Sulfato de sodio, (Na_2SO_4) vidrios ámbar de azufre-carbono.
Litio, (como Li_2O) vidrios cerámicos, esmaltes vítreos.

Componentes no minerales

Carbonato de sodio, (Na_2CO_3) soda solvay. Cumple la función de fundir la sílice y da silicato de sodio.
Bórax, vidrios neutros y termo resistentes.
Óxidos, de cinc, arsénico, antimonio, cobalto, cadmio, níquel, cromo, circonio, etc., otorgan propiedades especiales y colorantes.
Óxido de plomo, alto índice de refracción, se usa en los cristales de plomo para vajilla y adorno.

Casco de vidrio

Cubre comúnmente entre el 10 y el 40% de la mezcla, aunque teóricamente podría llegar al 100%. Abarata los costos y puede provenir de la misma fábrica (piezas defectuosas, rotas y recortes) o comprarse fuera de ella (vidrios de desecho utilizados para vidrios de color, como por ejemplo botellas de cerveza).

Tipos de vidrios

Es habitual que los vidrios se denominen por su componente principal, o bien por el que interesa para una propiedad o aplicación determinada. Los vidrios de óxidos son los que contienen oxígeno como formador de puentes entre átomos de otros elementos, consolidando la estructura.
Las propiedades que más se han utilizado para clasificar los vidrios son el coeficiente de dilatación, la resistencia al ataque químico y, en el caso particular de los vidrios ópticos, el índice de refracción y la dispersión. El primero ha sido propuesto por la ISO; refleja el comportamiento frente a los cambios de temperatura y la posibilidad de

Cuadro 21. TIPOS DE VIDRIOS (a-m)			
ALUMINOSILICATOS Y ALUMINOBOROSILICATOS	Blancos Especiales	Laboratorio	English
			Jena
			Kavaller
			Krasma
			Labo
			Neutro
			Turingia
		Alumbrado	
		para Termómetros	
		Prensa	
CERÁMICOS			
DE OPTICA	Borato Flint		
	Borosilicato		
	Crown - Bario - Cinc		
	Crown - Bario ligero		
	Crown - Bario pesado		
	Crown Duro		
	Flint - Bario ligero		
	Flint Borosilicato		
	Flint Extradenso		
	Flint ligero		
	Flint Ordinario		
	Flint Pesado		
	Fosfato Crown		
DE SÍLICE			
FOTOSENSIBLES			
LÁSER			
MULTICELULAR			

soldar vidrios entre sí.
Otra propiedad usada para clasificar los vidrios es su color. La clasificación por dureza no es conveniente porque debido a la disparidad de criterios usados para definirla, resulta muy confusa.

Vidrios aluminosilicatos y aluminoborosilicatos

Los vidrios aluminosilicatos poseen entre sus componentes principales SiO_2 y Al_2O_3. Son vidrios de alto punto de ablandamiento, usados para material especial de laboratorio y como base de muchos vidrios cerámicos. Si contienen B_2O_3 se denominan aluminoborosilicatos.
El desarrollo de la química fue exigiendo productos de mayor calidad; más resistentes a los esfuerzos mecánicos, choques térmicos, ataque al agua y productos químicos; así como diseños que cubran las diferentes necesidades.
Se desarrollaron de esta manera los vidrios de Turingia (silicatos sódico-cálcicos, pero recién se obtuvieron resultados satisfactorios con los vidrios borosilicatos, fabricados por primera vez por Schott en Alemania, que dieron origen a los actuales vidrios resistentes térmicos (Pyrex) y neutros. Los primeros poseen una excelente resistencia a los choques térmicos y muy buena a los ataques químicos; mientras que los segundos muestran una sobresaliente resistencia a los ataques químicos, y su resistencia al choque térmico es algo menor que la de los anteriores.
Los elementos para laboratorio pueden ser de primera o segunda elaboración, manuales, semiautomáticos o automáticos; y es común que

conductividad eléctrica.
Una característica muy importante es que sus propiedades pueden modificarse dentro de amplios rangos y en forma continua variando los parámetros de los procesos de fabricación.
Este tipo de cerámica o vidrio se utiliza en la actualidad en utensilios de cocina, conos frontales de cohetes o ladrillos termoresistentes para cubrir naves espaciales. Los otros vidrios derivados que contienen metales o aleaciones que pueden magnetizarse (ferromagnéticos) son resistentes y flexibles, y resultan muy útiles para transformadores eléctricos de alta eficiencia.

Vidrios de óptica

La mayoría de las lentes que se utilizan en anteojos, microscopios, telescopios, cámaras y otros instrumentos ópticos se fabrican con vidrio óptico. Éste se diferencia de los demás vidrios por su forma de desviar (refractar) la luz. La fabricación de vidrio óptico es un proceso delicado y exigente. Las materias primas deben tener una gran pureza, y se debe tener mucho cuidado para que no se introduzcan imperfecciones en el proceso de fabricación. Pequeñas burbujas de aire o inclusiones de materia no vitrificada pueden provocar distorsiones en la superficie de la lente. Las llamadas cuerdas, estrías causadas por la falta de homogeneidad química del vidrio, también pueden causar distorsiones importantes, y las tensiones en el vidrio debidas a un recocido imperfecto afectan también las cualidades ópticas.
En la antigüedad, el vidrio óptico se fundía en crisoles durante períodos prolongados, removiéndolo constantemente con una varilla refractaria. Después de un largo recocido, se partía en varios fragmentos y los mejores volvían a ser triturados, recalentados y prensados con la forma deseada.
En la actualidad se ha adoptado un método para la fabricación continua de vidrio en tanques revestidos de platino, con agitadores en las cámaras cilíndricas de los extremos (homogeneizadores). Este proceso produce cantidades mayores de vidrio óptico, con menor costo y mayor calidad que el método anterior.
En la actualidad, en lentes sencillos se usa cada vez más el plástico en lugar del vidrio. Aunque no es tan duradero ni resistente al rayado, el plástico es fuerte, ligero y puede absorber tintes.

Fibras ópticas

Consisten básicamente en una varilla de vidrio recubierta con una camisa o manto de otro vidrio de mayor índice de refracción, con lo que se consigue una reflexión total en la superficie interna. Su diámetro varía entre 10 y 150 micrones, y su longitud puede llegar a varios metros. Se unen en haces desde unas decenas hasta miles de fibras que pueden ser rígidas o flexibles. Si las fibras del haz están ordenadas (haces «coherentes») se logra la transmisión de imágenes.
Sus aplicaciones más importantes son: la iluminación de zonas de difícil acceso, iluminación de zonas sensibles a la temperatura, alarmas contra incendios, dispositivos de transmisión, procesamiento y codificación de información, telefonía, sistemas de automatización, indicadores de nivel, microscopía, decoración, etcétera.

Vidrios de sílice

Los vidrios de sílice contienen más del 95% de SiO_2, y existen diversos tipos, caracterizados por sus denominaciones comerciales. Se los llama incorrectamente «vidrios de cuarzo».
El vidrio de sílice tiene unas propiedades físicas notables para la producción de objetos de laboratorio: débil densidad, coeficiente de dilatación muy bajo,

se fabriquen en el mismo laboratorio. Son de importancia los artículos graduados para la medición de líquidos y gases; la graduación se realiza por grabado con ácido, aplicación de esmaltes vitrificables o esmaltes de difusión sobre la base de plata.

Borosilicatos

Estos vidrios contienen bórax entre sus ingredientes fundamentales, junto con sílice y álcali. Destacan por su durabilidad y resistencia a los ataques químicos y a las altas temperaturas, por lo que se utilizan mucho en utensilios de cocina, aparatos de laboratorio y equipos para procesos químicos. Existen diversos tipos de gran importancia industrial: vidrios neutros, de gran resistencia al ataque por el agua, y vidrios termoresistentes o térmicos, de bajo coeficiente de dilatación. El contenido de B_2O_3 oscila entre el 8 y el 18%.

Vidrios cerámicos

Los vidrios cerámicos son todos aquellos materiales vítreos que, por medio de una desvitrificación controlada, quedan constituidos por una matriz vítrea y fases cristalinas separadas. Los vidrios cerámicos pueden ser transparentes (si los cristales son lo suficientemente pequeños), o traslúcidos. Entre ellos se incluyen los vidrios opales, a veces denominados «opalina». Los vidrios cerámicos se clasifican según las propiedades más sobresalientes como: ferro-magnéticos, procesables mecánicamente, etcétera.

Un artículo de vidrio conformado puede tratarse térmicamente a fin de lograr en su masa cierta estructura cristalina. El material así obtenido puede someterse a tratamientos de terminación, posee porosidad cero, resistencia mecánica y al choque térmico varias veces mayor que la de los vidrios y materiales cerámicos tradicionales, mayor dureza a la abrasión, resistencia al ataque químico y menor calor específico débil y resistividad eléctrica elevada. La rigidez dieléctrica es elevada; una placa de sílice transparente de 3 mm de espesor resiste a 1.000.000 voltios.

La transparencia a los rayos luminosos y ultravioletas es muy extensa, lo que permite emplear este vidrio para la fabricación de las lámparas de arco de mercurio en la producción de radiaciones ultravioletas.

El vidrio de sílice resiste muy bien al agua y a los ácidos, incluso concentrados, salvo al ácido fosfórico, que es aproximadamente diez veces menos atacado por el ácido fluorhídrico que el vidrio ordinario. Por el contrario, es bastante sensible a las soluciones alcalinas, y esta acción aumenta muy rápidamente con la temperatura.

El vidrio de sílice transparente es empleado para la confección de pequeños objetos de laboratorio, como cápsulas, mecheros de lámparas de mercurio, crisoles, etc.; estos objetos se obtienen por fusión del cuarzo al soplete.

El vidrio de sílice opaco difiere del primero por la inclusión de una multitud de pequeñas burbujas gaseosas. Se obtiene por fusión de arenas cuarzosas teniendo en cuenta la elevada temperatura de fusión y la viscosidad del vidrio obtenido; el modo de fabricación es bastante particular y consiste en fundir la arena sobre un electrodo que tiene la forma del objeto a fabricar.

Vidrios fotosensibles

En el vidrio fotosensible, los iones de oro o plata del material responden a la acción de la luz, de forma similar a lo que ocurre en una película fotográfica. Este vidrio se emplea en procesos de impresión y reproducción y su tratamiento térmico tras la exposición a la luz produce cambios permanentes.

El vidrio fotocromático se oscurece al ser expuesto a la luz tras lo cual recupera su claridad original. Este

Cuadro 22. TIPOS DE VIDRIOS (p-v)		
PLANOS DE SEGURIDAD	Armado	
	Templado	
	Inastillables	
PLOMADOS	**Cristal**	Aislantes para lámparas
		de Baccarat
		de New Castle
		de Strass
		de Vonéche
		Ingles
		para Frascos
		para Termómetros
	Semicristal	para Ampollas
RESISTENTE AL ACIDO FLUORHÍDRICO		
RESISTENTES A LOS VAPORES METÁLICOS	Resistente al Mercurio	
	Resistente al Sodio	
SILICATOS	**Blancos**	Cristal de Bohemia
		Cristal de Venecia
		Cristalería
		Cubiletería
		Frascos
		Planos
	para Botellas y Aisladores	
TERMORESISTENTES	Borosilicato	
	Durax	
	Kunger	
	Maxos	
	Pyrex	
	Resista	
	Silex	
	Vulcanit	
VIDRIOS ATÉRMICOS	Reflejantes	
	Absorbentes	

vuelve vítrea y transparente. Luego se aumenta la temperatura hasta el rojo blanco. Se conserva esa temperatura durante unas dos horas agitando durante la primera hora. Tras una hora de reposo se puede empezar a trabajar como el vidrio.

Vidrios resistentes a los vapores metálicos

La fabricación de las lámparas de vapores de mercurio y de sodio, cada día más extendidas, exige un vidrio que tenga unas propiedades muy particulares. La temperatura de régimen de estas lámparas es, en efecto, de 200 a 300ºC y la presión interior es muy alta. El vidrio debe, además, resistir a la corrosión muy activa de estos vapores y también tener una resistencia de aislamiento eléctrico elevada. Por último, el vidrio no debe absorber las radiaciones emitidas.

comportamiento se debe a la acción de la luz sobre cristales diminutos de cloruro de plata o bromuro de plata distribuidos por todo el vidrio. Es muy utilizado en lentes de anteojos y en electrónica.

Vidrios láser

El vidrio láser es un vidrio dopado con un pequeño porcentaje de óxido de neodimio, y es capaz de emitir luz láser si se monta en un dispositivo adecuado y se bombea con luz ordinaria. Está considerado como una buena fuente láser por la relativa facilidad con que pueden obtenerse pedazos grandes y homogéneos. Es frecuentemente usado en punteros y alarmas.

Vidrios multicelular

El vidrio multicelular es una materia aún poco conocida, obtenida por diversos procedimientos. Unos de orden químico consisten en introducir en el vidrio una sustancia que provoca en el seno del vidrio en fusión una reacción reversible entre 700 y 1.000ºC liberando óxido de carbono y produciendo gran número de pequeñas burbujas gaseosas.
Se puede igualmente partir de polvo de vidrio al cual se agregan unos elementos volátiles y se lleva al rojo. La espuma de vidrio así obtenida es echada en bloques, que son cortados luego en placas.

Otros procedimientos consistentes en provocar la formación de burbujas por insuflación de aire han sido igualmente propuestos. El principal objetivo es la formación de células de paredes muy delgadas.
La densidad aparente de este material está comprendida entre 0,4 y 0,5 y puede incluso descender a 0,3.
La conductibilidad calorífica es débil. Las cualidades de aislamiento acústico de esta sustancia la convierten en un material escogido para la construcción de tabiques livianos en el interior de los edificios, así como de revestimientos caloríficos. Esta espuma de vidrio, también es empleada en flotadores.
Posee numerosas posibilidades de aplicación, ya que esta materia puede ser trabajada como la madera. Tiene la ventaja sobre ésta de ser inflamable, imputrescible y de poder ablandarse y deformarse por el calor.

Vidrios plomados

También llamados vidrios al plomo o vidrios de plomo, contienen plomo en su composición en cantidades variables, pudiendo no ser el componente principal. Se fabrican comercialmente con contenidos de entre el 5 y el 80% de PbO. En Europa esta denominación se utiliza para vidrios con más del 18% de PbO.
El vidrio empleado para cristalería de mesa de alta calidad, y conocido como vidrio cristalino, se fabrica con fórmulas de silicato de potasio que contienen óxido de plomo. El vidrio plomado es pesado y refracta más la luz, por lo que resulta apropiado para lentes o prismas y para imitación de joyas.
Como el plomo absorbe la radiación de alta energía, el vidrio plomado se emplea en pantallas para proteger al personal de las instalaciones nucleares.

Vidrios resistentes al ácido fluorhídrico

Calentando el fosfato bicálcico se trasforma en pirofosfato de cal, que a temperatura más alta pasa al estado vítreo perfecto.
Procedimiento: se calienta el fosfato ácido lentamente al rojo oscuro, agitando. Se mantiene a esta temperatura hasta que toda la masa se

Tabla 19. DIMENSIONES COMERCIALES DE LOS VIDRIOS PLANOS					
Denominación	*Espesor (mm)*		*Medidas aprox. (m)*		*Peso kg/m²*
	NOMINAL	*REAL*	*ANCHO*	*LARGO*	
Simple o Sencillo	2	1,8 a2,1	1,60 1,70 2,15	0,95 1,10 1,10	5,1
Doble	2,8	2,5 a 2,8	1,80 2,15	de 1,02 a 1,32 (de 5 en 5 cm)	7
Triple	4,2	3,6 a 2,8	2,15	de 1,52 a 1,72 (de 10 en 10 cm)	9,5
Grueso	5	4,4 a 5,0	2,15	1,85	12
	6	5,0 a 6,0	2,15	2,00 3,5	14,5
	7	6,0 a 7,0	2,00 a 3,50	1,8	17
	8	7,0 a 8,0	2,15	1,8	19,5
	9	8,0 a 9,0	2,15	1,8	22
	10	9,0 a 10,0	2,15	1,8	24
	11	10 a 11	a pedido		27
	12	11 a 12			29,5

Vidrios silicatos

Los vidrios silicatos o silicáticos poseen como componente principal SiO_2. Son los más importantes comercialmente. Los más comunes son los denominados vidrios soda-cal, que contienen como componentes principales, luego de la SiO_2, a los óxidos de Na_2O y CaO. También están los vidrios potásicos (con K_2O reemplazando a Na_2O), etcétera. En menores proporciones contienen MgO y Al_2O_3.
El vidrio de elevado contenido en sosa puede disolverse en agua para formar un líquido viscoso. Este líquido se conoce como vidrio soluble y se emplea como barniz ignífugo en ciertos objetos y como sellador. La mayoría del vidrio producido es una composición de sosa y cal empleada para fabricar botellas, cristalería de mesa, lámparas eléctricas, vidrios de ventana y vidrios laminados.

Vidrios planos

La fabricación de vidrios planos actual ocupa uno de los primeros lugares en la industria del vidrio. En cuanto a tonelaje, es la primera, alcanzando una producción igual a la de todas las demás industrias del vidrio juntas.
La amplia gama de aplicaciones del vidrio ha hecho

que se desarrollen distintos tipos.
El vidrio de ventana, que ya se empleaba en el siglo I d.C., se fabricaba utilizando moldes o soplando cilindros huecos que se cortaban y aplastaban para formar láminas. En la actualidad, casi todo el vidrio de ventana se fabrica de forma mecánica estirándolo desde una pileta de vidrio fundido alimentada por un horno de tanque. En el proceso de Foucault, la lámina de vidrio se estira a través de un bloque refractario ranurado sumergido en la superficie de la piscina de este material y se lleva a un horno vertical de recocido, de donde sale para ser cortado en hojas.
El vidrio de ventana normal producido por estiramiento no tiene un espesor uniforme, debido a la naturaleza del proceso de fabricación. Las variaciones de espesor distorsionan la imagen de los objetos vistos a través de una hoja de ese vidrio. El método tradicional de eliminar esos defectos ha sido emplear vidrio laminado bruñido y pulimentado, conocido como vidrio de placa. Éste se produjo por primera vez en Saint Gobain (Francia) en 1668, vertiendo vidrio en una mesa de hierro y aplanándolo con un rodillo. Después del recocido, la lámina se bruñía y pulimentaba por ambos lados. Hoy, el vidrio de placa se fabrica pasando el material vítreo de forma continua entre dobles rodillos situados en el extremo de un crisol previo. Después de recocer la lámina en bruto, ambas caras son acabadas de forma continua y simultánea.
En la actualidad, el bruñido y el pulimentado están siendo sustituidos por el proceso de vidrio flotante, más barato. En este proceso se forman superficies planas en ambas caras haciendo flotar una capa continua de vidrio sobre un baño de estaño fundido. La temperatura es tan alta que las imperfecciones superficiales se eliminan por el flujo del vidrio. La temperatura se hace descender poco a poco a medida que el material avanza por el baño de estaño y, al llegar al extremo, el vidrio pasa por un largo horno de recocido.
En arquitectura se emplea vidrio laminado sin pulir, a menudo con superficies figurativas producidas por dibujos grabados en los rodillos. El vidrio de rejilla, que se fabrica introduciendo tela metálica en el vidrio fundido antes de pasar por los rodillos, no se astilla al recibir un golpe. El vidrio de seguridad, como el empleado en los parabrisas de los automóviles, se obtiene tras la colocación de una lámina de plástico transparente (butiral de polivinilo) entre dos láminas finas de vidrio de placa. El plástico se adhiere al vidrio y mantiene fijas las esquinas incluso después de un fuerte impacto.

Vidrios atérmicos

Estos vidrios transmiten solamente una fracción de la energía radiante solar, fundamentalmente en la región visible del espectro, reduciendo la carga térmica emergente de su superficie interna. Se logran de dos maneras: agregando a la masa de vidrio colorantes que absorben algunas radiaciones (vidrios absorbentes); o bien aplicando sobre su superficie capas metálicas de cromo, cobre, Cr-Cu, Cr-Ni, Fe, Al y Au, por deposición en alto vacío o capas de óxidos aplicadas por inmersión en una solución o por rociado con aerosol. Estos últimos se denominan vidrios térmicos reflejantes para control solar, o «semiespejados». Pueden lograrse reflexiones selectivas según la longitud de onda combinando distintas capas con diversos espesores (espejos retrovisores antiencandilantes).
También pueden obtenerse vidrios absorbentes usando un material adecuado en los vidrios laminados.
Los vidrios atérmicos encuentran gran aplicación en la arquitectura.

Vidrios planos de seguridad

Son aquellos fabricados o tratados de manera de reducir el riesgo en caso de accidentes. Deben resistir esfuerzos mecánicos importantes sin romperse, (presión del viento, impactos, flexión, etc.) y en caso de rotura hacerlo de forma que los fragmentos no constituyan un peligro para los usuarios.

Vidrios armados

Impiden la caída de trozos de vidrio en caso de rotura. Además, se usan en techos y claraboyas para evitar la propagación de incendios.
Estos vidrios llevan incluida una malla metálica cuadrada o hexagonal y generalmente se fabrican en espesores de 5 a 7 mm.

Vidrios sándwich

Están constituidos por dos láminas de vidrio unidas rígidamente entre sí por una lámina de plástico. Las planchas pueden ser de vidrio recocido o templado, incoloros o de color, o puede ser de color la lámina de plástico. También puede haber varias capas de vidrio-plástico superpuestas (vidrios antibalas, hasta 7 láminas de vidrio y 26 de butiral de polivinilo (PVB) ventanillas de aviones). Al principio se usó celuloide; actualmente se utiliza butiral de polivinilo de 0,6 a 0,8 mm de espesor. En caso de ser curvado, la operación se realiza previamente al pegado que se lleva a cabo a presión y calor.
En caso de rotura, los fragmentos quedan unidos al plástico, impidiendo daños, manteniendo cerrado y permitiendo la visibilidad. Sus principales aplicaciones son: parabrisas, ventanas, cerramientos, vidrieras, protección de instrumentos y objetos de valor, etcétera. Es el que ofrece más seguridad, aunque también el más costoso.

Vidrios templados

Son los vidrios de uso común en puertas de edificios, tabiques, mamparas, vidrieras, cerramientos, ventanillas de vehículos, muebles, etcétera. Se logran por templado térmico, lo que aumenta más de 5 veces su resistencia mecánica; al romperse, se fragmentan en trozos pequeños, sin bordes cortantes. Por templado químico se han desarrollado tres tipos especiales: antifractura, antibala y antiexplosión. Estas últimas tienen una resistencia mecánica mayor que los templados térmicamente, pero aún no se los fabrica en gran escala.

Coloración en los vidrios

Los vidrios de color pueden existir bajo dos formas fisicoquímicas distintas:

1. Coloración debida a la existencia de un silicato metálico, simple o complejo, que posee un color propio, que comunica al vidrio por disolución en su masa.
2. Coloración debida a una dispersión en la masa del vidrio de gránulos de metales, de metaloides o de sus óxidos.

A esta última categoría pertenecen los vidrios coloreados con los tonos vivos más buscados. Los vidrios de este tipo son suspensiones coloidales que tienen el vidrio blanco como medio de dispersión. Poseen las propiedades ópticas de las suspensiones acuosas y sus colores son iguales a los de los mismos cuerpos dispersados en el agua. Se tiene la prueba evidente con los vidrios rojos al oro, al cobre y al selenio. Para este último, que pasa del rojo vivo al marrón oscuro, según su concentración, se observa el mismo efecto en el vidrio y en el agua.

Cuadro 23. PROCESOS DE LOS VIDRIOS	
CENTRIFUGADO	
COLADO	
CONFORMADO DE PIEZAS LAMINARES	
CONFORMADO DE TUBOS	
CONFORMADO MECÁNICO	Prensado - Soplado
	Soplado - Soplado
CORTE	
CURVADO	
ESMALTADOS	a Difusión
	Vitrificables
ESMERILADO	
ESPUMADO DE VIDRIO	
ESTAMPADO	
FUSIÓN CON AGITACIÓN	
GRABADO AL ACIDO	
METALIZADO (Espejo)	
PRENSADO	
PRENSADO MANUAL	
PULIDO	
RECOCIDO	
SINTERIZADO	
SOLDADURA	
SOL-GEL	
SOPLADO CON MOLDE	
SOPLADO LIBRE	
TALLADO	
TEMPLADO	Químico
	Térmico
TRATAMIENTOS ELÉCTRICOS	

Procesos de transformación de los vidrios

Una operación común y previa a todos los procesos de conformado es el fundido y refinado de la masa vítrea, realizado en hornos de proceso continuo. Esta operación consiste en la mezcla de las materias primas mencionadas anteriormente, llevadas a una temperatura de aproximadamente 1.400 a 1.500ºC. Al cabo de 36 a 72 horas el material está listo para ser trabajado.

La temperatura a la que este material se trabaja está comprendida en el «intervalo de viscosidad o trabajado», que va de los 800 a los 1.200ºC aproximadamente, según el tipo de vidrio. El límite superior de este intervalo corresponde a la temperatura a la cual el vidrio está listo para ser

Conformado de tubos

Se basa en el estirado del tubo de la masa fundida, con inyección de aire comprimido internamente para formar las paredes del tubo. Regulando las dimensiones del orificio de salida del mandril, el flujo de aire comprimido, la velocidad de estirado y la temperatura, se obtiene tubo de vidrio de distintos diámetros y espesores. Si no se insufla aire se obtiene varilla maciza. El tubo se corta luego con una rueda de acero duro. En las tres variantes de este proceso, el material puede fluir:
1. en forma inclinada (proceso Danner): La velocidad de estirado está entre 30 y 60 m/min;
2. vertical por gravedad (proceso Vello); Permite mayores velocidades de estirado;
3. vertical hacia arriba (proceso Wood); Para pequeñas producciones o composiciones especiales, no permite tolerancias dimensionales muy estrechas. Adecuado para diámetros y espesores pequeños, y para la fabricación de capilares de vidrio en forma continua. Omitiendo el movimiento rotatorio, se pueden estirar capilares prismáticos o con bandas de vidrio opal o de color.
El tubo de vidrio es materia prima fundamental para tubos fluorescentes, material de laboratorio, ampollas para productos medicinales, etcétera.

Conformado mecánico

Soplado-Soplado

Utilizado en la producción de botellas y frascos de boca angosta, en una primera etapa se sopla la boca y una preforma o paresón, que luego se transfiere al molde definitivo para un segundo soplado.

Prensado-Soplado

Similar al anterior, el paresón se obtiene por prensado del material y es adecuado para frascos de boca ancha y tarros.
Estos son procesos de alta producción, por ejemplo de 25 a 150 envases por minuto, según el tamaño. Trabajan con hasta 12 moldes simultáneamente y en forma totalmente automática.
Para este tipo de piezas, la forma geométrica ideal más resistente sería la esfera, pero la que más se le aproxima dentro de lo realizable es la cilíndrica. Las botellas y frascos exigidos en cuanto a resistencia son, en general, combinaciones de ambos.
Las secciones angulosas (cuadradas, facetadas) son menos resistentes que las cilíndricas, porque producen una distribución desigual de los esfuerzos. En cuanto al espesor, la creencia de que aumentándolo en las paredes se aumenta la resistencia es errada. Una pared demasiado gruesa otorga mayor dificultad para eliminar tensiones permanentes durante la fabricación.
La tendencia actual es producir envases cada vez más livianos, con paredes más delgadas, manteniendo o mejorando la resistencia. Otro factor que tiende a optimizar la distribución de las tensiones es la uniformidad de espesores.

Corte

Las mesas de corte están provistas de herramientas diamantadas, de acero especial, carburo de tungsteno o láser.
Los cortes pueden ser líneas rectas o curvas. En el caso del corte láser se produce directamente; en cambio, para los otros tipos de corte se debe marcar la superficie y luego aplicar un esfuerzo de tracción para que la fisura se propague.
Además, todos los tipos de corte pueden ejecutarse manualmente o asistidos, ya sea por medio de un copiador de plantillas u ordenador.
Para vidrios muy gruesos, curvas especiales u orificios, se procede a un corte propiamente dicho con discos o sierras circulares de acero bajo el agua o discos o brocas diamantadas.
Los bordes se suelen «matar» con lija especial o biselado.

conformado, y el inferior a la temperatura a la cual el objeto mantiene la forma, o no se deforma bajo su propio peso. Cada proceso de fabricación está asociado a un determinado intervalo de viscosidad.
En el pasado, la fusión se efectuaba en recipientes de arcilla calentados en hornos alimentados con madera o carbón.
Todavía hoy se emplean recipientes de arcilla refractaria, que contienen entre 0,5 y 1,5 tn de vidrio, cuando se necesitan cantidades de vidrio respectivamente pequeñas para ser trabajado a mano.
En las fábricas modernas, la mayor parte del vidrio se funde en grandes hornos de tanque, introducidos por primera vez en 1872. Estos hornos pueden contener más de 1.000 tn de vidrio y se calientan con gas, petróleo o electricidad. Las materias primas se introducen de forma continua por una abertura situada en un extremo del tanque y el vidrio fundido, refinado y tratado sale por el otro extremo. En unos grandes crisoles previos o cámaras de retención, el vidrio fundido se lleva a la temperatura correcta en la que puede ser trabajado, tras lo cual se transfiere la masa vítrea a las máquinas de modelado.
Vidrio «corto», es el material que pierde rápidamente su fluidez al disminuir la temperatura.
Vidrio «largo», por su lenta variación de la viscosidad con la temperatura permite una mayor comodidad en la operación y una mayor facilidad para obtener formas complejas.

Los principales métodos empleados para modelar el vidrio son el moldeado, el soplado, el prensado, el estirado y el laminado. Todos estos procesos son antiguos, pero han sufrido modificaciones para poder producir vidrio con fines industriales. Por ejemplo, se han desarrollado procesos centrífugos de moldeado en los que el vidrio se fuerza contra las paredes de un molde que gira rápidamente, lo que permite obtener formas precisas de poco peso, como tubos de televisión. También se han desarrollado máquinas automáticas para soplar el vidrio.

Centrifugado

Se lo usa en gran escala para obtener artículos huecos de forma cónica o cilíndrica: la parte intermedia de los bulbos usados en los tubos de TV, y tubos y piezas de gran diámetro (60 cm a 1 m) y espesor (2 a 3 cm), usados para cañerías e instalaciones industriales.

Colado

Consiste en verter el vidrio fundido en crisoles sobre un molde de hierro calentado previamente a 400-500ºC para evitar que el vidrio se adhiera al metal. Las paredes son por lo general móviles para la extracción de la pieza. El contacto con el metal proporciona una superficie rugosa; para que sea lisa hay que pulirla posteriormente al recocido. El vidrio no fluye a través de pequeños orificios o ranuras, ni toma la forma de los ángulos, por lo que los moldes deben ser simples, sin secciones estrechas ni formas intrincadas, ni tampoco muy pequeños; en estos casos se recurre al prensado. La colada se utiliza para fabricar planchas de vidrio de gran espesor, planchas de vidrio de color en pequeñas cantidades y piezas ópticas.

Conformado de piezas laminares

Se parte de una lámina calentada previamente sin llegar al intervalo de trabajado; ésta se coloca sobre una matriz macho de material cerámico y se aumenta su temperatura por medio de un soplete manual en las partes requeridas hasta que, por gravedad u obligado por una herramienta, manual, toma la forma del molde.

Tabla 20. FORMULAS DE COLORACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE VIDRIO

VIDRIOS	COMPONENTES	Arena	Minio	Carbonato de Cal	Carbonato de Potasa	Nitrato de Potasa	Bióxido de Manganeso	Nitrato de Sosa	Carbonato de Sosa	Oxido de Cobalto	Oxido de Hierro	Oxido negro de Cobre	Oxido de Manganeso	Oxido de Cobre	Bicarbonato de Potasa	Bicromato de Potasa	Oxido de Uranio	Yeso	Carbón de Madera	Cal apagada	Flor de Azufre	Oxido de Estaño	Oxido negro de Hierro	Bórax	Sulfuro de Antimonio	Oro	Púrpura de Cassins	Cristal	Salitre	Antimoniato de Potasa	Barita	Oxido de Cinc	Selenio	Sulfito de Cadmio	Cal	Potasa
Violetas	I	100	10	20	36	5	5-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	100	2	20	-	-	10	2	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	260	-	55	-	-	4	0,5	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	100	90	-	20	12	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		-
	V	100	5	30	35	20	5	-	5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-																		-
	VI	100	-	28	-	6	15	30	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-																		-
Azules	I	100	-	20	-	-	-	2	33	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-																		-
	II	100	10	25	-	-	-	6	30	0,4	-	7	-	-	-	-	-	-																		-
	III	100	50	-	28	-	-	-	10	-	3	2	4	-	-	-	-	-																		-
	IV	100	90	-	-	-	-	4	25	6	-	-	-	-	-	-	-	-																		-
Verdes	I	100	-	14	-	4	-	-	19	-	1,9	-	-	3,1	2,2	-	-	-																		-
	II	100	-	21	-	0,2	-	-	42	-	-	-	-	0,2	-	0,4	-	-																		-
	III	100	-	20	-	7	-	-	33	-	3	5	-	-	-	1,4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	100	120	-	-	10	-	-	-	-	4	-	-	11	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	100	90	-		-	-	-	25	0,375	3	-	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amarillos	I	100	-	-	-	-	22	6	32	-	3,5	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	100	-	-	35-40	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	150	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	100	-	-	38	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rojos al Cobre	I-a	100	90	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	15	0,75	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I-b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II-a	25	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II-b	100	3	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-
	III-a	100	-	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
	III-b	80	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Rojos al Oro	I	100	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	5	5		-	-	-	-	-	-	-	-	30
	II	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	8	48
	III	100	78	-	-	7	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	35
	IV	100	60	-	-	5	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	30
	V	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	100	3	3	-	-	-	-	-	-
Rojo al Selenio		100	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	15	10	1,5	1,25	-	-
Negros	I	100	-	-	36	-	-	-	-	10	10	-	10	10	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	100	82	-	38	8	-	-	-	8	12	-	8	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	250	-	50	-	-	-	-	100	1	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Vidrios al Cobre, estos vidrios se obtienen en varias fusiones: la primera composición, a, se funde, se remueve, se saca del crisol, se muele; luego se mezcla en proporciones convenientes con una segunda composición, b, se funde el todo de nuevo, se remueve, se saca del crisol, se muele y se refunde, agregándole un reductor tal como el tártaro o estaño en copos.

Corte por choque térmico

En el caso de tubos o recipientes cilíndricos se marca con un diamante la circunferencia y luego se aplica una llama, o bien se envuelve con alambre caliente y se dejan caer algunas gotas de agua fría en la zona marcada. También puede simplemente hacerse girar el objeto sobre llamas que fluyen de estrechas ranuras horizontales, o cortarse por fusión con llamas sumamente calientes. Al existir una gran diferencia de temperatura entre una franja y el resto del material se produce una grieta que se propaga alrededor de todo el objeto.
Los bordes cortados se suavizan con muelas de agua fría o con llamas de gas, que funden las aristas vivas del borde (pulido a fuego o requemado). Después de esta operación se pasa al recocido.

Curvado

Se parte de planchas calentadas hasta el punto de ablandamiento, que se trabajan por medio de prensas especiales que le dan la forma y curvatura requeridas. Se utiliza para parabrisas y otras aplicaciones.

Esmaltado

Existen dos tipos mayormente importantes de esmaltes aplicables a los vidrios:

Esmaltes vitrificables

Se aplican en forma de serigrafía o con calcomanías. Están compuestos por vidrio, colorante y vehículo. Luego de su aplicación se hornea, quedando incorporado indeleblemente.

Esmaltes a difusión

Son sales de plata o cobre que penetran en el vidrio por acción de la temperatura y se reducen luego al metal correspondiente. Este queda incluido en el vidrio en forma indeleble. Con plata se obtiene color amarillo, y con cobre, rojo pardo.

Esmerilado

Consiste en obtener una superficie rugosa mediante el uso de material abrasivo en forma de disco o chorros dirigidos a gran presión. Con el uso de máscaras pueden obtenerse distintas figuras.

Estampado

Las planchas de vidrio plano pueden deformarse con presión entre dos matrices (macho y hembra). Una vez conformada la pieza se corta de la plancha y se requeman sus bordes. Se fabrica vajilla para cocina y para horno.

Fusión con agitación

Para obtener una masa de vidrio de alta homogeneidad (como las utilizadas en óptica), se usa el agitador inventado por Guinaud en 1805, con algunas mejoras en el diseño y en los materiales.

Grabado al ácido

El ácido fluorhídrico líquido o como vapor ataca a los vidrios silicatos. Se pueden lograr texturas en su superficie como «satinado», «escarchado», etc.; utilizadas para difundir la luz y con fines estéticos. Es posible obtener distintos grados de rugosidad y opacidad.
Existe un procedimiento que consiste en recubrir la superficie con cera, marcar el dibujo que se quiere grabar y someterla a la acción de vapores.

Metalizado (espejo)

Se realiza para lograr una capa adherente de metal sobre la superficie del vidrio. Puede aplicarse oro, plata y platino por deposición al vacío o aplicación directa del metal. Por electrodeposición puede aplicarse plata y cromo.
El plateado tiene máxima importancia en la fabricación de espejos. Para astronomía se hacen espejos con aluminio, que a diferencia de los anteriores se deposita en la cara externa.

Prensado

Consiste en comprimir una cantidad determinada de vidrio fundido entre las dos piezas —macho y hembra— de un molde, y abrir el molde cuando el vidrio ya está rígido.
Existen máquinas semiautomáticas con carga manual del molde y presión neumática o hidráulica; y máquinas automáticas con alimentadores a gotas y de hasta 16 moldes o más que trabajan simultáneamente. Sirven para producciones pequeñas o grandes.
Este proceso es utilizado para la producción de vajilla para mesa, cocina y horno, artefactos para iluminación, lentes, baldosas y ladrillos, etcétera.

Prensado manual

Utilizado para fabricar objetos de adorno, vajilla de cocina, etcétera. Este proceso consiste en dejar caer una gota de tamaño preciso en la parte cóncava (hembra) de un molde de hierro fundido y comprimir con la parte convexa (macho).
En general se trabaja con prensas semiautomáticas.
Los objetos trabajados manualmente se completan con el soldado de asas y pies, fabricados separadamente también por métodos manuales.

Pulido

Se utilizan polvos muy finos de materiales blandos o pastas especiales, que se aplican con una herramienta recubierta en material blando. Se emplean en vidrios planos pulidos y especialmente en vidrios para usos ópticos.

Recocido

Una operación común a todos los productos de vidrio es el recocido. Este es posterior a su conformado y consiste en un calentamiento de la pieza terminada y un enfriamiento lento para eliminar las tensiones internas que se producen al enfriarse, disminuyendo la resistencia mecánica. Por ejemplo, en el caso de una copa, se eleva su temperatura a unos 500ºC en un horno de recocido y se la lleva a temperatura ambiente en un tiempo de 1 ó 2 horas aproximadamente.

Sinterizado

El polvo de vidrio puede moldearse con calor y presión, tanto en seco como en húmedo. Tiene aplicaciones como aislante en electrónica y en fabricación de filtros porosos para laboratorio.
Una variante de este método es conformar un producto en vidrio borosilicato de sodio y someterlo a un tratamiento térmico y luego con ácido sulfúrico, con lo cual el borato de sodio se disuelve y queda un esqueleto poroso de un vidrio con 96% de óxido de silicio. Con un nuevo tratamiento térmico el vidrio sinteriza y se contrae un 30%. Este vidrio reemplaza al de sílice sin que sea necesario utilizar 2.000ºC de temperatura, que es lo que requiere este último para poderlo conformar.

Soldadura

En este caso, se calientan ambas partes a soldar y se adosan ejerciendo una ligera presión. Es un proceso manual que depende de la habilidad del operario. Cuando se trata de vidrios de distinta composición se usan vidrios intermedios o «de pasaje», para eliminar gradualmente la diferencia de coeficientes de dilatación.
Para soldar vidrios de gran diferencia de coeficientes de dilatación, vidrio con metal y vidrio con cerámica, se desarrollaron vidrios especiales para soldar.

Sol-gel

En la década del 80 se desarrolló en la Universidad de Florida (Estados Unidos) un método para fabricar grandes estructuras de vidrio sin emplear altas temperaturas.
La técnica, denominada sol-gel, consiste en mezclar agua con un producto químico como el tetrametoxisilano para fabricar un polímero de óxido de silicio; un aditivo químico reduce la velocidad del proceso de condensación y permite que el polímero se constituya uniformemente. Este método podría resultar útil para fabricar formas grandes y complejas con propiedades específicas.

Soplado con molde

Los objetos de paredes delgadas y sección circular se soplan en moldes de hierro fundido o de madera, en el caso de fabricar hasta 10 ó 12 piezas. Estos moldes están formados por dos mitades y una base separable para la extracción de la pieza.
Se hace girar la pieza dentro del molde para evitar las marcas de las juntas. El reborde se recorta por choque térmico y se termina el borde, a veces con la ayuda de un mechero.
Las piezas de sección no circular se soplan precalentando el molde para evitar la adherencia del vidrio; en este caso quedan las marcas de las juntas.
Contando con mano de obra se realizan series de 700 a 1.500 piezas. El soplado a boca se reemplaza a veces por aire comprimido.

Soplado libre (sin molde)

Después de fundido y refinado el vidrio se deja enfriar unos cientos de grados. La regulación de la temperatura para conseguir exactamente la adecuada es esencial.
Se toma la cantidad necesaria de la masa del material fundido en el extremo de una «caña» o tubo (también denominada «posta» o «toma») y se continúa con una serie de operaciones eminentemente artesanales (soplado a pulmón, deformación, pegado de partes, etc.)
También se puede partir de formas ya definidas: tubos, varillas, preformas, etcétera.
Las operaciones se basan en la habilidad del operario, por lo que este proceso pertenece más al campo artístico que al industrial: generalmente es empleado en piezas artísticas y cristalería fina de baja producción.

Tallado

Se realiza manualmente sobre una rueda giratoria, o «piedra» abrasiva, luego se suaviza con una piedra más fina y por último se trata con ácidos. Se utiliza para pequeñas series o piezas únicas.
Se ha difundido el tallado de vidrios placados, vidrio hueco con una capa de vidrio coloreado.

El tallado elimina la parte coloreada, quedando a la vista el vidrio incoloro.

Templado

El templado incluye todo tratamiento del cual resulte una mayor resistencia mecánica del vidrio por creación de una capa en estado de compresión en su superficie.

Templado químico

El templado químico se basa en un intercambio iónico por medio de un baño de sales. La menor tensión de tracción en el interior del material hace que la rotura no sea explosiva como en el templado térmico. Es adecuado para fabricar objetos de menores espesores. Se fabrican solamente piezas pequeñas y de valor elevado debido a su alto costo (lentes para anteojos de seguridad, tubos para centrifugación, etc.).

Tratamientos eléctricos

El vidrio, a temperaturas normales, es uno de los mejores aislantes eléctricos, pero a cierta temperatura se hace conductor. Esto es aprovechado para realizar algunos trabajos sobre el material, previamente calentado o proveniente de algún proceso de conformado, por medio de corriente eléctrica de alta frecuencia, como soldadura, corte, acabado y perforaciones.
Las ventajas de este método son: penetración profunda y rápida del calor en grandes masas de vidrio duro de alto punto de fusión, regulación exacta de la temperatura (evitando recalentamientos) y delimitación precisa de la zona de caldeo (no deformación o perjuicio de las partes adyacentes).

Glosario

A

Absorbente: material capaz de impregnarse de un fluido.

Adherente: material de alto coeficiente de fricción, adhesivo, que posee agarre (grip).

Aditivos: materiales incluidos en las materias plásticas con función de rellenado, estabilizadores, plastificantes, colorantes, etcétera.

Agitación térmica: vibración de átomos o moléculas en torno a su posición de equilibrio. Resulta ser tanto más amplia cuando mayor es la temperatura.

Aislante acústico ***(phonoinsulator)*****:** material que absorbe o refleja las ondas sonoras limitando la transmisión.

Aislante eléctrico: material con características de baja conductividad eléctrica.

Aislante sonoro: (ver Aislante acústico).

Aislante térmico: material con características de baja conductibilidad térmica.

Aleación: material que contiene dos o más elementos como componentes. Puede haber aleaciones metálicas y poliméricas. Las aleaciones tienen, en general, características y propiedades diversas de las de los elementos que las constituyen.

Análisis energético: dado un producto, el análisis energético consiste en la valoración de la energía empleada en su proceso productivo y en el proceso productivo de los materiales y de los componentes que se integran en él. El resultado se llama también «costo energético del producto». Tal análisis puede extenderse al ciclo entero de vida del producto: en tal caso, además del costo energético, se valora el consumo de energía relativo a su uso en el transcurso de la vida útil y la energía necesaria para su liquidación. O viceversa, la energía utilizable en caso de reciclaje (si el producto presenta un contenido energético recuperable).

Anillo de retroacción: se verifica cada vez que se presenta una relación biunívoca entre las partes de un sistema dinámico, tal que, si A influye sobre B, las variaciones de B influyen a su vez sobre A. La retroacción se dice positiva cuando el resultado es la intensificación del fenómeno; por el contrario, se dice negativa cuando tiende a su atenuación o anulación.

Antiadherente ***(Nonstick)*****:** material con bajo coeficiente de agarre, proyectado para reducir el coeficiente de fricción entre dos superficies o entre dos materiales.

Antialérgico: material que no produce manifestaciones alérgicas.

Antibacteriano: material en grado de detener el desarrollo y la multiplicación de microorganismos patógenos o de provocar la muerte.

Antiestático: material en grado de prevenir la acumulación de cargas electroestáticas en la superficie o de disiparlas, si oportunamente está conectado a masa.

Antimancha: material que no absorbe o interactúa químicamente con sustancias fluidas. Se denomina normalmente así a los tejidos o superficies en los cuales la limpieza es particularmente fácil.

Añadido drogante: elemento añadido de manera controlada a un material para variar algunas propiedades; en particular, por ejemplo, para aumentar su conductibilidad.

Aromatizado: material con aromas perceptibles al olfato o al gusto.

Autoestinguible o autoestinguente: material que interrumpe el proceso de combustión una vez eliminada la fuente de la llama.

B

Biocompatible: material que no ocasiona daños sobre las funciones biológicas de la naturaleza.

Biodegradable: material que se descompone por acciones de los agentes biofísicos naturales (microorganismos, luz solar, humedad, etc.), dando lugar a compuestos no contaminantes.

Blindado: material capaz de reducir o eliminar la intensidad de una onda magnética.

C

Cambio de fase: material que presenta cambios reversibles de fase con la absorción o liberación de calor. Por ejemplo, una resina termoplástica que absorbe y libera calor, cambiando del estado cristalino al líquido, y viceversa.

Circuito integrado: circuito formado por muchos componentes electrónicos (condensadores, diodos, transistores, bobinas) reunidos por conductores y reagrupados en un único núcleo de material.

Coeficiente de dilatación: coeficiente que expresa la variación dimensional que se verifica en un material, correspondiente a una variación unitaria de temperatura. Puede considerarse la variación de volumen y la variación de longitud.

Compost: material que permite obtener, mediante descomposiciones bioquímicas, sustancias para ser usadas como fertilizantes.

Compuesto *(composite)*: material que une sustancias de estructura diferente pero compatibles, con el objeto de realizar un «complejo» estable de las prestaciones superiores a las de sus constituyentes tomados individualmente.

Compuesto avanzado: material compuesto de altas prestaciones en términos de relación de propiedades mecánicas/peso y de resistencia a la temperatura. En general, está formado por fibras de naturaleza diversa (vidrio, material aramídico, carbono, boro, aluminio, carburo de silicio) orientadas según la dirección prevista de las resistencias e integradas en una matriz que también puede ser de naturaleza variada (resinas epoxídicas, poliésteres, poliamídicas o también cerámicas o metálicas). Asimismo existen compuestos homogéneos, como por ejemplo, fibras de carbono en matriz también de carbono.

Conductibilidad térmica: coeficiente que expresa la relación entre flujo térmico e intervalo de temperatura en los extremos de la muestra de material considerado.

Conductor eléctrico: material con características de elevada conductividad eléctrica.

Conductor térmico: material con características de elevada conductibilidad térmica.
Configuración molecular: disposición adoptada en el espacio por átomos de una molécula. En las moléculas orgánicas pueden existir varias configuraciones, originadas por las posibilidades de los átomos de carbono de rodar en torno a un enlace simple: cada configuración presenta estabilidad y un comportamiento químico-físico particulares.

Conformado al vacío: conformado de una lámina de material plástico mediante adhesión a un molde, obtenida extrayendo el aire a través del mismo molde.

Copolímero: polímero que contiene más de un tipo de monómero.

Creep: (ver Escurrimiento viscoso)

Cristal: sólido estructuralmente uniforme en las tres dimensiones, con una configuración de los átomos repetitiva en amplios espacios. El cristal está formado por la repetición de muchas células unitarias, en cada una de las cuales los átomos o las moléculas ocupan posiciones bien precisas. En algunos casos se verifica una formación de grandes cristales (sólidos monocristalinos). Más a menudo se presentan sólidos policristalinos, esto es, formados por un gran número de pequeños cristales regulares estrechamente relacionados entre sí.

Cristales líquidos: líquidos en los cuales las moléculas (en general de forma alargada) pueden disponerse en el espacio de modo bastante regular. En consecuencia, presentan una estructura intermedia entre la de un sólido cristalino (máximo orden) y la de un líquido común (disposición muy desordenada). Esta particular configuración puede obtenerse con materiales diversos constituidos por moléculas orgánicas suficientemente grandes, haciendo que se valoren propiedades bastante alejadas entre sí: de la tendencia a orientarse si están sujetos a un campo electrónico (como en las pantallas de cristal liquido), hasta la producción de materiales poliméricos dotados de altas prestaciones mecánicas y térmicas.

D

Deformación elástica: deformación reversible, esto es, que tiene lugar sin un alejamiento permanente de los átomos (o de las moléculas) de su recíproca posición inicial. La deformación resulta proporcional a la resistencia aplicada, conforme a la ley de Hooke, según una constante de proporcionalidad representada por el módulo de elasticidad de material examinado.

Deformación plástica: deformación permanente provocada por la descolocación de átomos (o moléculas) en posiciones recíprocas distintas de las iniciales. Esto ocurre cuando los materiales están sometidos a cargas superiores a la resistencia de agotamiento y la deformación no es proporcional a la resistencia aplicada. La deformación plástica tiene lugar en condiciones y con mecanismos diversos en los metales con respecto a las materias plásticas.

Dieléctrico: material de baja conducción eléctrica, aislante empleado para la producción de condensadores.

Difusión: migración de átomos o de moléculas a través de un material como efecto de la presencia de un ingrediente de concentración. El efecto es favorecido con un aporte de energía térmica.

Dilatación térmica: dilatación causada por el aumento de las vibraciones de los átomos en relación con un aporte de energía térmica.

Ductilidad: propiedad de los materiales que indica su capacidad de deformarse antes de la rotura. Se expresa en términos de alargamiento o reducción de sección.

Dureza: propiedad de los materiales sólidos, relacionada con la fuerza de los enlaces interatómicos o intermoleculares. Se expresa en términos de resistencia que el material opone a la penetración.

E

Elástico: material que al ser sometido a esfuerzos externos se deforma en modo totalmente reversible y casi instantáneamente retorna a su forma original.

Elastómero: polímero con posibilidad de soportar, sin deformaciones permanentes, variaciones dimensionales bastante consistentes. Tal propiedad es debida a una particular conformación de las moléculas de las que está constituido. La relación entre resistencias y deformaciones no responde a la ley de Hooke (ver Deformación elástica).

Electroreológico: material que modifica la propia viscosidad por efectos de un campo eléctrico.

Escurrimiento viscoso *(Creep)*: fenómeno que provoca una deformación lenta, pero en continuo crecimiento, en los materiales con cargas constantes, aunque sean inferiores a las de agotamiento. La velocidad de deformación aumenta al subir la temperatura o hacerse mayores las cargas. En general, en igualdad de condiciones externas, la velocidad de escurrimiento tiene un distinto comportamiento en el tiempo. El fenómeno no es particularmente relevante para los materiales poliméricos.

Estampado a inyección: conformado de un material a estampado cerrado y a presión. Para los polímeros termoplásticos el molde se enfría, mientras que los termoindurentes exigen la misma temperatura que para la polimerización.

Estampado por aireación: proceso de conformación por estampado, que utiliza la inmisión de aire comprimido dentro de un bloque de cristal fundido o de plástico contenido en un molde.

Estirado en frío: deformación que interviene en los polímeros por encima de la temperatura de transición vidriosa, sometiéndolos a una resistencia después de la cual la disposición de las macromoléculas evoluciona hacia estructuras de mayor cristalinidad. El resultado es una mejora de las propiedades mecánicas del material.

Extensos integrales o Extensos estructurales (materiales): materiales expandidos que, gracias a un proceso particular, presentan una superficie externa compacta. Pueden ser flexibles o rígidos. En el segundo caso, si la «piel» es suficientemente resistente, se llaman «extensos estructurales».

Extrusión: operación de conformado que consiste en comprimir el material y en forzarlo para que pase a través del agujero de una hilera. El material extrudido asume el perfil de la hilera a través de la cual ha sido forzado.

F

Fatiga o desgaste: fenómeno que conduce los

materiales a la rotura como consecuencia de repetidas imposiciones de cargas dinámicas, aunque de baja intensidad.

Fibra: forma particular en que un material puede presentarse, en la cual, gracias al proceso de producción, se efectúan orientaciones de las moléculas tales que consigue, para un material dado, una resistencia próxima a su resistencia teórica, esto es, a la que se exige considerando el conjunto de enlaces atómicos.

Filament winding: proceso para la producción de compuestos de altas propiedades mecánicas en que una fibra continua, preimpregnada de resina, es oportunamente dispuesta envolviéndola con continuidad en torno a una forma central (de geometría de tendencia cilíndrica).

Fotocromático: material capaz de variar la transparencia o el color con las variaciones de intensidad de la luz incidente.

Fragilidad: característica de los materiales opuesta a la tenacidad. Un material frágil se rompe absorbiendo muy poca energía y sin deformación plástica aparente.

H

Hidrófilo: material que absorbe y retiene fácilmente el agua.

Hidrófugo: material que repele el agua, evitando las filtraciones.

Hilera productiva: subsistema de un sistema productivo en el que se presentan enlaces privilegiados entre productores de materias primas, de semielaborados y de productos acabados (por ejemplo: siderurgia–industria del automóvil, o bien industria del cemento–construcción).

Hiperelección de los materiales: condiciones en que se encuentra el utilizador en el momento en que para la producción de un componente dado no hay un solo material que se imponga como elección casi obligada, sino que hay diversos materiales en competencia entre sí. En este caso, la elección puede proceder sólo de un análisis productivo entero y, eventualmente, a la vida entera del producto.

I

Ignífugo: material no combustible.

Impermeable: material que posee la capacidad de no dejarse atravesar por sustancias fluidas.

Integración de las funciones: orientación proyectual y productiva que lleva a realizar componentes complejos. Desde el punto de vista productivo significa reducir el número de los componentes y de las fases de elaboración necesarias (en general, reducción de los ensamblajes). Desde el punto de vista del usuario final puede significar, en cambio, la disponibilidad de un objeto o prestaciones múltiples (reunión de las prestaciones antes realizadas por varios objetos distintos).

Iridiscente: material que cambia de color al variar la dirección de los rayos luminosos incidentes o al variar el ángulo de observación. Adopta los colores del arco iris.

L

Luminiscencia: luz emitida correspondiente a una liberación de energía, que se verifica cuando

los electrones se recombinan con las lagunas electrónicas.

Luminiscente: material en grado de emitir luz por efecto de un proceso químico o físico. Se consideran en esta categoría los materiales fosforescentes, fluorescentes y de luminosidad eléctrica.

M

Macromoléculas: moléculas constituidas por centenares o millares de átomos; su peso molecular puede alcanzar, en consecuencia, valores también muy elevados. Son macromoléculas tanto los constitutivos de sustancias naturales, por ejemplo la celulosa, como los constitutivos de las resinas termoplásticas y de las termoindurentes.

Magnético: material que tiene la propiedad de generar un campo magnético.

Magnetoreológico: material que modifica su propia viscosidad por efecto de un campo magnético.

Magnetostrictivo *(Magnetostrictive)*: material ferromagnético que sujeto a un campo magnético se deforma en el campo elástico.

Material piezoeléctrico: material cerámico dieléctrico con estructura asimétrica, en cuanto en la estructura cristalina no coinciden el baricentro de las cargas positivas y el de las cargas negativas. Están, por lo tanto, presentes en el material muchos bipolos eléctricos permanentes sensibles a las deformaciones mecánicas o a otro estado de deformación debido al efecto de un campo eléctrico impuesto.

Materiales a medida: materiales cuyas propiedades son proyectadas a datos específicos. Se pueden obtener trabajando la microestructura (mediante la elección, por ejemplo, de uno o más polímeros y el oportuno añadido de cargas y aditivos) o la macroestructura (creando materiales compuestos).

Materiales cerámicos: materiales en los cuales están presentes elementos metálicos y elementos no metálicos. Esta familia de materiales comprende los constitutivos de los productos cerámicos tradicionales como la arcilla, y los constitutivos de nuevos productos con particulares prestaciones eléctricas, electrónicas o tecnológicas (resistencia térmica y mecánica).

Materiales expandidos: materiales de estructura celular. Las células pueden ser abiertas o cerradas, y el material puede ser rígido o flexible.

Mecanocromático: material capaz de variar el color si es sometido a acciones mecánicas (compresión, deformación, alargamiento, etc.).

Memoria formal: material que, seguido a una deformación plástica, tiene la capacidad de retornar a la configuración inicial con la aplicación del tratamiento térmico oportuno.

Metales: materiales constituidos esencialmente por elementos capaces de liberar parte de sus electrones de valencia; se caracterizan por su elevada conductibilidad eléctrica, que disminuye a elevada temperatura. La banda de valencia de los metales no está completamente ocupada y coincide con la banda de conducción.

Módulo de elasticidad: constante de proporcionalidad entre esfuerzo y deformación, cuando un material es deformado de modo elástico; también es llamado módulo de Young. Es un índice de la rigidez de los enlaces interatómicos o intermo-

leculares.

Monómero: unidad elemental cuya repetición da lugar a la formación de un polímero. La unión de muchos monómeros da lugar a una macromolécula de polímero. La molécula de monómero sufre una modificación en el momento de agregarse para generar la macromolécula del polímero, o por abertura de uno o más dobles enlaces (poliadición) o por eliminación de algunos de los átomos que la constituyen (policondensación).

N

Neotécnica: expresión con la que se sintetiza un conjunto de características de la actual fase del desarrollo técnico, cuyo elemento común es la búsqueda de soluciones que requieran menos energía y menos materia y que integren más información. Por contraposición, la fase anterior puede ser definida como «paleotécnica».

Nonstick: (ver Antiadherente)

O

Orgánico-inorgánico: el significado originario del término «orgánico» en el lenguaje de la química era relativo a la clasificación de las sustancias derivadas de las plantas o de los animales, en contraposición a «inorgánico», usado para las sustancias procedentes de la materia inanimada. Posteriormente, se demostró que los compuestos definidos orgánicos podían ser producidos artificialmente partiendo de materiales inorgánicos. Son llamados orgánicos los materiales producidos por la química del carbono.

Orientación de los polímeros: proceso tras el cual las moléculas de los polímeros resultan dispuestas en una dirección preferencial.

Paleotécnica: expresión sintética para caracterizar la fase de desarrollo técnico anterior al actual (ver Neotécnica).

Percolación: en un sentido estricto es el modo en que tiene lugar la transición de fase en numerosos fenómenos físicos. Dado un sistema de varios elementos y un cierto número de vínculos entre ellos, el «umbral de la percolación» es sobrepasado cuando el número de enlaces y su disposición son tales que los elementos están todos unidos entre sí al menos por un enlace. Este modelo es utilizado para describir la propagación de nuevas tecnologías en el interior de un sistema productivo. Un nuevo material entra en producción en un objeto complejo sustituyendo un material tradicional en algunas partes, que por lo tanto han de ser rechazados. Superado un cierto umbral del número de partes sustituidas, resulta posible pensar en reproyectar completamente el objeto en función del nuevo material que ha venido a imponerse. Este podría ser el caso del paso del automóvil «metálico» al automóvil «plástico».

Peso molecular: suma de los pesos atómicos de todos los átomos que componen una molécula.

Piezoeléctrico: material capaz de generar una corriente en un circuito cerrado si se somete a un esfuerzo mecánico (efecto directo); tracción y compresión generan corrientes en sentido opuesto. Sufre una deformación cuando es expuesto a un campo eléctrico (efecto inverso).

Pigmento: sustancia de color, orgánica o inorgánica, natural o artificial. Puede ser usado para co-

lorear una superficie sólida a la cual se sobrepone.

Piroeléctrico: material que muestra una elevada polarización, dependiendo de la temperatura. El efecto se evidencia con señales eléctricas como resultado de las variaciones de temperatura.

Plastificante: sustancia que, añadida a una materia plástica, aumenta su deformabilidad y su flexibilidad. Tal efecto es debido a las moléculas del plastificante que, introduciéndose entre las macromoléculas del plástico, facilitan su movilidad.

Polímeros: compuesto de alto peso molecular cuya macromolécula resulta de la unión de unidades estructurales simples llamadas monómeros que se repiten modularmente, Según los tipos de monómeros, los polímeros pueden desarrollarse en una o varias direcciones.

Polímeros amorfos: polímeros en los que la disposición de las macromoléculas no presenta ningún orden.

Polímeros semicristalinos: polímeros que contienen regiones cristalinas y regiones amorfas.

Polímeros termoindurentes (termoestables): polímeros que presentan enlaces transversales en la estructura molecular (estructura reticulada). Por esto, a diferencia de los polímeros termoplásticos, una vez obtenida la polimerización y alcanzada una cierta rigidez, ya no pueden ser reblandecidas o fundidas. Los semielaborados en material termoindurente, en consecuencia, no pueden ser reformados después con procesos térmicos y los desechos no pueden ser reciclados.

Polímeros termoplásticos: polímeros que se reblandecen cuando son calentados, mientras se vuelven rígidos por efecto del enfriamiento. El ciclo entumecimiento-reblandecimiento puede ser repetido numerosas veces.

Problem sitting: fase del proyecto en que se define y se estructura el tema. La característica de esta fase, que orienta y delimita las fases sucesivas, es la de tener lugar en un contexto dialógico-discursivo entre los actores del proceso y las formas que se apartan de la racionalidad formal y analítica.

Problem solving: fase de la actividad de proyecto en la que se buscan soluciones al problema planteado en la fase de problem sitting. La actividad de esta fase puede ser esquematizada adoptando diversos modelos de racionalidad (estrategias funcionales o estrategias heurísticas).

Proceso: en sentido general se entiende como el conjunto de operaciones que intentan controlar y proporcionar las adecuadas cualidades a un material del nivel submicroscópico al macroscópico, manteniendo un prefijado equilibrio entre los costes que se habrán de afrontar y las prestaciones.

Propiedades mecánicas: características de un material en relación con la aplicación de un sistema de resistencias. Las principales son la dureza, la resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión, al corte, a la torsión, al deslizamiento con el calor, al desgaste, al choque.

R

Reciclable: material que es posible reutilizar internamente en un proceso productivo.

Reflector sonoro *(phonoreflector)*: material que refleja las ondas sonoras.

Reflejante: material capaz de reflejar intensamente la luz incidente.

Refracción: flexión de un rayo de luz en correspondencia con la superficie de separación entre dos materiales transparentes diversos. El índice de refracción es inversamente proporcional a la velocidad de la luz a través del material.

Refringente: material capaz de refractar intensamente la luz incidente.

Relleno o carga: aditivo mezclado a un polímero con la intensión de reforzarlo y/o de aumentar su volumen.

Resistente a la abrasión: material resistente al desgaste.

Resistente a los UV: material que no sufre alteraciones químicas, físicas ni ópticas si es expuesto a radiaciones ultravioleta (luz solar).

Resistente al corte: material con elevadas características de resistencia al corte con cuerpos afilados o puntiagudos.

Resistente al impacto: material capaz de absorber la energía del impacto sin llegar a la rotura y deformándose, eventualmente.

Resistente al rayado: material con elevadas características de resistencia superficiales al rayado con cuerpos afilados o puntiagudos.

Retardante de llama ***(Delaying)*****:** material de proceso de combustión lento.

Retiro: variación del volumen que se verifica durante el enfriamiento de un material que pasa del estado fundido al sólido.

S

Sinterización: proceso que lleva a la producción de un manufacturado partiendo de sutiles gránulos de material, comprimiéndolos y calentándolos a la temperatura adecuada. En estas condiciones se verifica una «difusión» de los átomos que conduce a la formación de un producto compacto. Es el único proceso utilizable para las cerámicas técnicas y uno de los procesos recientemente propuestos para los metales.

Sólidos amorfos: materiales sólidos no cristalinos y faltos de orden reticular en amplio radio.

Superaleaciones: aleaciones para usos a elevadas temperaturas, resistentes al calor; en general, se trata de aleaciones de Ni o Co, o de metales refractarios como Nb, Mo, Ta, W y Zr.

T

Temperatura de fusión: en general, es la temperatura en la que tiene lugar el paso de la fase sólida a la líquida. En los polímeros semicristalinos es la temperatura de fusión de los cristalinos, esto es, de las zonas cristalinas presentes en su estructura.

Temperatura de transición cristalina: temperatura de transición del estado vidrioso al estado viscoso. Para los polímeros amorfos es la temperatura de reblandecimiento; para los semicristalinos es la temperatura de reblandecimiento de la parte amorfa.

Tenacidad: propiedad de los materiales que indica

la energía mecánica necesaria para provocar una rotura.

Tensiones residuales: tensiones que se dan en el interior de un material, generadas por tener lugar diferencias de temperaturas, en el decurso del proceso productivo.

Termistor: material cuya resistencia es variable y muy sensible a las variaciones de temperatura.

Termoconformado: (ver Termoformatura).

Termocromático: material capaz de variar la intensidad y el tono de color al asumir variaciones de temperatura.

Termoformable: material que puede ser modelado fácilmente según la forma deseada a una determinada temperatura.

Termoformatura: conformado de una lámina de material termoplástico obtenida mediante un proceso térmico.

Termoregulante: material capaz de regular la temperatura manteniéndola dentro de un campo óptimo prefijado.

Tixotrópico: material que disminuye su viscosidad si es sometido a solicitaciones mecánicas; vuelve a su estado inicial una vez terminada la acción mecánica.

Transferí tecnológico: paso o solución tecnológica (un material o un proceso de transformación) de los sectores productivos en los que ha sido puesto a punto hacia otros. El proceso puede ser observado, en el nivel del entero sistema productivo, como un fenómeno de percolación). El término se usa también, con análogo significado, en el paso de soluciones tecnológicas entre países de distinto nivel de desarrollo.

Transparente: material que puede ser atravesado por una radiación particularmente lumínica.

Transpirante: material permeable a los gases y vapores.

Tridimensional: material con efecto óptico tridimensional, con profundidad de campo.

V

Varistor: material que varía fuertemente su resistencia eléctrica en función de la potencia aplicada, demostrando alta resistencia a bajos voltajes y baja resistencia a los altos voltajes.

Vibroabsorbente: material que posee la característica de disipar la energía mecánica de vibración en otras formas de energía (por ejemplo calor).

Viscoelasticidad: referido a los polímeros sometidos a una acción deformante; indica un comportamiento de las moléculas que tienden a alinearse en la dirección de los esfuerzos inducidos por la misma deformación. Tal comportamiento es, en parte, un escurrimiento viscoso, y lleva a una relajación de los esfuerzos. Viene favorecido por la aportación de energía térmica.

Viscoelástico: material que sometido a esfuerzos externos se deforma, y una vez liberado de la carga vuelve lentamente a la forma inicial.

Viscosidad: propiedad que indica el comportamiento de un material al que se le exige que en él se verifique el escurrimiento recíproco de las moléculas que lo componen. El coeficiente de

viscosidad representa la relación entre esfuerzo de corte y el grado de velocidad de escurrimiento.

Vulcanización: tratamiento necesario para crear enlaces transversales entre las cadenas moleculares de los elastómeros y conferirles las propiedades mecánicas requeridas.

Terminología y siglas usadas en la producción

ABC (*Activity Based Costing*): redistribuye los costos indirectos en los productos y en los procesos, en proporción con los recursos utilizados.

AGV (*Automated Guided Vehicle*): sistema de transporte automático del material en el interior de la planta industrial.

Almacenamiento: es el tiempo medio requerido para verificar la terminación de trabajo y almacenamiento de los componentes terminados.

APS (*Advanced Planning System*): sistema de planificación avanzada que contempla la logística, además de la secuencia y tiempos de producción.

Architecture Open: permite la integración entre varios productos de software, independientemente del vendedor, gracias a la utilización de estándares comunes y al uso de tecnología de interfase de configuración abierta.

ASP (*Application Service Provider*): aplicación de servicios provistos por terceros, especie de outsourcing que refiere solo a servicios que no producen cambios o resultados físicos.

ATO (*Assemble To Order*): es la ventaja de tiempo de producción, que resulta de la suma de los tiempos de ensamblaje y entrega. Cuando llega la orden del cliente, los componentes a ensamblar deben estar ya en el depósito.

ATP (*Available To Promise*): es un derivado de la elaboración del programa MPS. Es la cantidad de producto terminado que, en el período considerado, está inmediatamente disponible para la venta.

B2B (*Business To Business*): es el sector económico compuesto por empresas, en las que sus productos o servicios son dirigidos a otras empresas y no a los consumidores.

B2C (*Business To Consumer*): es el sector económico compuesto por empresas que producen bienes o servicios para los consumidores finales.

Base de Datos de Interfase: una base de datos es de interfase cuando su estructura deriva de una agregación de aplicativos de software, pensados para ser utilizados de manera independiente uno del otro. En otras palabras, la integración de la base de datos es el resultado de un paciente trabajo, posterior a la creación de un sistema (interfaz) que permite a las simples aplicaciones a obrar recíprocamente.

Base de Datos Nativa: cuando su estructura se define *a priori* durante el planeamiento del software. Por esta razón la base de datos es única y puede trabajar con diversos módulos. Como en un automóvil, la base de datos nativa puede ser comparada al chasis, en el cual se encuentran montadas las distintas partes del vehículo como: puertas, motor, asientos, etcétera.

BOM (*Bill Of Material*): lista que enumera a todas las materias primas y piezas semielaboradas necesarias para construir una unidad de producto; elaborada en el momento del diseño del producto y es sucesivamente actualizada con cada variación del proyecto y del diseño del producto.

BPR (*Business Process Reengineering*): es una actividad de modificación radical de uno o más procesos empresarios, que cambia las condiciones de producción de un producto o servicio de manera perceptible al cliente.

Break Even: se denomina así al punto de equilibrio, punto vivo, punto de rotura, punto de escape, punto muerto o punto crítico. Es el punto del gráfico de utilidades que individualiza el volumen productivo exacto, en el cual la suma de los costos es igual a los totales de los ingresos, creándose una situación de equilibrio; por lo tanto la empresa no produce pérdida ni beneficio.

CAE (*Computer Aided Engineering*): ingeniería asistida por ordenador. Se denomina así al conjunto de programas informáticos que analizan los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades y viabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y consecuentes costos de fabricación y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto deseado.

CAD (*Computer Aided Design*): los sistemas de diseño asistido por ordenador pueden utilizarse para generar modelos con varias de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenadas como dibujos bi y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios profesionales, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un producto planteado funcionará como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas sin peligros e incluso si un líquido fluirá adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.

CAD/CAM (*Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing*): proceso en el cual se utilizan los ordenadores para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática. Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación, también controlados por ordenador, conforman un sistema integrado CAD/CAM. La fabricación asistida por ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos tradicionales de control de equipos de fabricación. Por lo general, los equipos CAM eliminan los errores de operación y la reducción de los costos de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo, representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación. Frente a este ahorro pueden aducirse los mayores costos de bienes de capital o las posibles implicaciones sociales de

mantener la productividad con una reducción de la fuerza de trabajo. Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque es el único modo de poder fabricar con precisión un componente complejo. La gama de prestaciones que se ofrecen a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión. Los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC. Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informática, y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo.

CASE (*Computer Aided Software Engineering*): producción de programas con la ayuda de la computadora; el programa instruye a la computadora de modo que éste intérprete y compruebe el esquema, liberándolo así de errores.

Cash Flow: flujo de fondos, nivel de existencia de dinero en efectivo.

CIM (*Computer Integrated Manufacturing*): la Fabricación Integrada por Computadora aprovecha plenamente el potencial del CAD/CAM al combinar una amplia gama de actividades asistidas por ordenador, que pueden incluir todas las actividades económicas, sean productivas (fabricación, ensamblajes, flujo de materiales, etc.), o de servicios (órdenes de la adquisición, envío, compras, mantenimiento, gestión de materiales y de almacenes, gestión de los costos de producción, gestión administrativa, etc.). Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos.

CMS (*Constraints Management System*): Gestión por Restricciones (GxR). Es un modo de planificar, organizar, evaluar y controlar sistemas complejos. Contrariamente a la mayoría de los enfoques gerenciales, es una metodología del enfoque de sistemas. En lugar de tratar un sistema complejo como la suma de sus partes gestionadas independientemente, la gestión por restricciones enfoca a las empresas y organizaciones como un todo integrado por partes interdependientes.

CNC (Control Numérico por Computadora): se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

CRM (*Customer Relationship Management*): sistema informático para la administración de relaciones con los clientes. Puede ser manejado a través de un portal de Internet, donde los clientes realizan las consultas directamente, o mediante un Call Center telefónico.

CRP (*Capacity Resources Planning*): calcula, para cada centro del trabajo o recurso, los requerimientos de tiempos que derivan del programa de producción incluido en el plan operativo MPS / MRP y de las órdenes que están en curso de ejecución.

DFA (*Design For Assembling*): diseño de ensamblaje. Tipo de proyecto que considera al ensamblaje del producto como función crítica; por lo tanto optimiza el nivel de los tiempos, costos y recursos.

DFM (*Design For Manufacturing*): diseño de producción. Tipo de planeamiento que considera la fabricación del producto como función crítica; por lo tanto optimiza el nivel de los tiempos, costos y recursos.

DRP (*Distribution Requirements Planning*): planificación de la distribución. Incorpora las demandas de distribución del programa de producción principal. Las demandas se basan en la previsión de la necesidad real y no en la previsión de los suministros.

DTF (*Demand Time Fence*): número de los días en los cuales la demanda es calculada solamente sobre las órdenes del cliente, ignorando por lo tanto las previsiones de venta.

EOQ (*Economic Ordering Quantity*): cantidad económica de compra. Sirve para conocer el número de artículos que deberían ser especificados cada vez que se emite una orden, a fin de disminuir los costos totales de gestión de suministros durante un período de tiempo determinado, que generalmente es igual a un año.

ERP (*Enterprise Resource Planning*): planificación de los recursos de la empresa. Es un conjunto de instrumentos informáticos evolucionados que se utilizan para realizar la planificación de los recursos y de la actividad interna de la empresa. Permite desarrollar los conceptos de planificación de los recursos a todos las unidades de la cadena de abastecimiento. Posee en su interior un módulo conectado a la planificación de las órdenes (MRP), distintos módulos de software para la gestión y solución de otros problemas como compras, circulación, distribución de los PF y un módulo DRP.

Estereolitografía (*stereolithography*): técnica evolucionada de CAD/CAM para la producción de prototipos rápidos, donde las documentaciones técnicas tridimensionales informatizadas se convierten en modelos reales empleando equipos de fabricación especializados que sinterizan resina a través de un láser.

ETO (*Engineering To Order*): son aquellas empresas que producen por pedido, las cuales deben desarrollar el producto antes de producirlo. La previsión principal, en este caso, es de la capacidad productiva.

FAS (*Flexible Assembling System*): línea automática de ensamblaje.

Flexibilidad de Gestión: poseer la posibilidad de modificar rápidamente el *mix* (mezcla) productivo.

Flexibilidad tecnológica: poseer la posibilidad de realizar diversos tipos de productos

Flor Time: tiempo de paso de la pieza. Tiempo que transcurre entre que la pieza entra en el sistema y el tratamiento es completado.

FP (*Final Product*): también denominado en español con la sigla PF (Producto Final).

GUI (*Graphical User Interface*): es un método de visualización de la información sobre la pantalla basada en el uso de íconos, cuadros de diálogo, pulsadores, menús descendientes y selección por medio del Mouse. Por ejemplo: Windows de Microsoft.

Heijunka: componente base del TPS. Sistema de nivelación estandarizada de la producción. Crea y construye una secuencia de producción, a partir de la planificación afectada por la demanda promedio del cliente.

Inventory Status: lista de registros de inventario. Situaciones de stock en depósito. Materiales disponibles. Pedidos de materiales. Informaciones sobre el manejo de los tiempos.

Jidhoka: la palabra significa verificación en el proceso. Se instalan sistemas Jidhoka en el proceso de producción para efectuar la verificación de calidad integrada al proceso. La filosofía Jidhoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción. Compara los parámetros del proceso de producción con los estándares establecidos, si éstos no corresponden el proceso se detiene. De esta manera, alerta que existe una situación inestable en el proceso de producción, la cual debe ser corregida con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos. Existen diferentes tipos de sistemas Jidhoka: visión, fuerza, longitud, peso, volumen y otros dependiendo del tipo del producto o diseño del producto.

JIT (*Just In Time*): producción en tiempo real. Técnica de gestión de la producción industrial que consiste en realizar exactamente el producto necesario, en la cantidad necesaria, enviarlo donde es necesario, en el momento preciso; es decir realizar una actividad cuando es requerida. Los tiempos muertos y las provisiones en estado de espera, entre un proceso y el sucesivo, son nulos o muy pequeños.

Kaizen: componente base del sistema TPS. Significa mejora continua. Tiene aplicación mediante un conjunto estructurado de proyectos específicos de mejora, optimizando simultáneamente distintos aspectos del producto, del servicio y del proceso. Esta filosofía de gestión japonesa se basa en graduales mejoramientos periódicos del producto y del proceso productivo. Para dar curso exitoso a su aplicación es necesario abarcar al total de la empresa.

Kanban (tarjetas de requerimiento): término japonés que significa etiqueta de instrucción. Es una de las principales herramientas del sistema JIT. La etiqueta KANBAN contiene información que sirve como orden de trabajo, que es su función principal. Es un dispositivo de auto-dirección que suministra información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo se transportará.

Lead Time - Accumulate (Plazo de Entrega Acumulado): es el plazo de tiempo total que se necesita para producir un determinado artículo, a partir del nivel más bajo presente en su estructura.

Lead Time - Acquire (Plazo de Entrega de Adquisición): tiempo que transcurre entre el momento de la emisión de la orden de compra y la llegada a planta del material adquirido.

Lead Time - Production (Plazo de Entrega de Producción): tiempo de respuesta a la demanda del cliente.

LGV (Laser Guided Vehicle): sistema de trans-

porte automático del material, dentro de la planta industrial.

LLC (*Low Level Code*): código de nivel mínimo. Identifica el último nivel utilizado por el artículo dentro de las estructuras de las que es parte; ayuda a establecer un orden correcto con el cual deben ser calculadas las necesidades, que no serán ordenadas en orden de código o dato requerido, pero sí en orden de LLC; está nominado por artículo y se examina una sola vez, evitando así los clásicos problemas de sobreproducción en el caso de aplicación de políticas de reordenamiento que prevean uso de lotes u otros criterios de agregación de necesidades.

LO (*Level Objective*): nivel deseado de cumplimiento de los objetivos.

Loading: forma de distribución de la carga de trabajo en las diversas estaciones.

LR (*Level Reorder*): nivel de Reordenamiento.

LS (*Level Service*): nivel de Servicio.

MAK (Makespan): tiempo total que los lotes permanecen en el sistema; o sea el defasaje entre el momento en que el último lote es completado y el instante en el cual el primer lote entra en el sistema.

MP (Materia Prima)

MPS (*Master Production Scheduling*): plan principal de producción en el cual se define el empleo de los recursos necesarios para afrontar la demanda externa. Esta es la demanda de los productos terminados (o *master level items* u objetos MPS), que es independiente de las lógicas de necesidades internas. Qué producir, cuánto producir, cuándo comenzar y cuándo es requerido. En el MPS los responsables de la planificación acuerdan con la dirección y con el marketing qué debe producirse, en qué cantidad y para qué fecha. El MPS es, por lo tanto, el contrato entre quien debe gobernar la producción y quien se debe preocupar para satisfacer las necesidades actuales del mercado.

MRP (*Material Requirements Planning*): planificación de necesidades de materiales. Programar «a lo más tarde posible»; también se denomina de *backscheduling* y programación a capacidad infinita. Partiendo de la fecha de expedición prometida del FP se determina, calculando hacia atrás en el tiempo, cuándo debe comenzar cada actividad necesaria para la obtención de FP. La finalidad es minimizar las reservas y por lo tanto los costos de inmovilización. Técnica de gestión computarizada de los materiales. Cada producto es el conjunto de partes componentes que deben estar disponibles durante el proceso en las fases que llevan al FP. El MRP asegura que todos los componentes estén disponibles en las cantidades, en los modos y en los tiempos prefijados.

MRP II (*Manufacturing Resource Planning*): planificación de los recursos de la empresa. Sistema global de planeamiento y control, que utiliza al MPS como base para la programación de la producción, de la capacidad, de los envíos, de la substitución de equipos, del proyecto y del *cash flow*. Sistema para planificar lo que se desea producir, para calcular los requerimientos de los materiales de eso que se ha proyectado, teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos de la compañía. Es un sistema para programar las prioridades, que alcanza a tener ligadas correlaciones muy complejas, en continuo cambio, entre eso que se desea producir y eso que los recursos actuales

en la compañía permiten producir. El MRP es un conjunto que integra al MRP II y programa los requerimientos de materiales, suponiendo una capacidad productiva infinita.

MTM (*Method Time Measurement*): mide los tiempos de Métodos. Descomposición de las actividades de montaje en operaciones elementales donde son utilizados tiempos estándares (medidos en TMU), correlacionados a las distancias, a los pesos y a las fuerzas en juego.

MTO (*Make To Stock*): las empresas que producen por pedido, deben realizar el producto sobre la base de las indicaciones de los clientes. El tiempo de producción (*lead time*) concedido a la empresa es igual a la suma de los tiempos de ensamblaje, entrega y funcionamiento. A la empresa le será suficiente adquirir previamente las materias primas.

MTS (*Make To Stock*): las empresas que producen para depósito deben basarse en las previsiones de mercado. El tiempo de producción (*lead time*) concedido a la compañía es igual al tiempo de entrega. El producto debe estar listo en el depósito para ser entregado a la orden del cliente.

ODP (Órdenes De Producción)

One-piece-flow (flujo de una sola pieza): una filosofía de manufactura que soporta el movimiento del producto de una estación de trabajo a la siguiente, una pieza por vez, sin permitir que aumente el stock entre las estaciones. Eliminación sistemática del WIP en los diferentes procesos operativos.

OPT (*Optimizad Production Tecnolog*y): método para el control del avance de la producción condicionado por el requisito de eficiencia del sistema. Se centra en el concepto de cuello de botella (Bottleneck).

PAB (*Projected Available Balance*): es representado en la última línea del plan principal de producción y es la disponibilidad que debería existir en depósito al final de cada período. Es la proyección en el tiempo del nivel de inventarios.

Pegging: es una funcionalidad que sirve al marketing, es un derivado del plan principal de producción (MPS). Su utilidad reside en la posibilidad de crear una red de conexión entre las órdenes del cliente y las ODP o de inventarios. Una vez realizado el acople, permite al área comercial monitorear el estado de avance de las órdenes de producción. Esto puede ser útil para decidir, eventualmente, suspender una ODP y acelerar la terminación de otra más urgente, o para proveer al cliente del estado de avance de la orden.

PF (Producto Final): también denominado con la sigla anglosajona FP (Final Product).

Picking: muestra o toma fraccionada o parcial, o sea en cantidad inferior a la unidad de stock.

PIS (*Perpetual Inventory System*): sistema de control continuo del inventario. Cada vez que se efectúa un consumo, por venta o producción, se controlan de modo continuo las reservas disponibles para ver si están debajo del ROP. Si esto se verifica se emite una orden automática, en el caso que las reservas sean monitoreadas desde una computadora.

PM (Potencialidad de Movimiento): máxima fuerza potencial de movimiento que posee una máquina. Por ejemplo, la PM de los medios de traslado de materiales.

Poka Yoke: palabra japonesa que significa, «a prueba de errores»; dispositivo que impide que errores humanos afecten una máquina o un proceso; impide que los errores de un operador se conviertan en defectos.

Pull: término inglés que se utiliza para designar una estrategia de marketing cuya finalidad es «tirar» del consumidor, mediante una fuerte promoción realizada por el propio fabricante, que genera una demanda y atrae o «aspira» al consumidor hacia el canal.

RCCP (*Rough Cut Capacity Planning***):** verifica la capacidad máxima del plan principal de producción (en el nivel MPS).

RCR (*Resource of Capacity Restricted / Bottleneck***):** cuello de botella. Es una etapa productiva más lenta, que determina significativas dificultades en la cadena productiva.

Refa: sistema de optimización de la producción desarrollado en Alemania después de la Primera Guerra Mundial. La Asociación REFA para el estudio del Trabajo y la organización de la empresa, es una institución alemana con más de 75 años de trayectoria. Fue creada en el primer imperio alemán, de allí el origen de su nombre (Reichausschuss fuer Arbeitszeitermittlung, Comité Imperial para la determinación de tiempos de trabajo).

Roll-Up: técnica conformada por un algoritmo que, partiendo del nivel más bajo posible, distribuye los costos imputables a varios componentes, hasta obtener el total imputable en el nivel que desea ser considerado. Los costos analizados consideran los distintos costos que conforman el costo industrial: costo de los materiales, costo de trabajo y costos indirectos (*Overhead*).

ROP (*Reordering Point***):** punto de reordenamiento. Se ocupa de reponer las reservas, cuando éstas alcanzan un nivel prefijado de vaciamiento.

Routings (ciclos del trabajo): se individualizan normalmente en la secuencia de trabajos elementales para alcanzar un nivel superior al del inicio. Cada fase de trabajo debe ser al menos desarrollada con la ayuda del recurso primario del sistema productivo, que es el centro de trabajo.

SCM (*Supply Chain Management***):** abarca a todos los operadores económicos (incluidos los canales comerciales) que alimentan el proceso productivo y distributivo. Estos operadores, que participan a lo largo de la cadena de alimentación, constituyen el número de pasos que los bienes realizan para cambiar de la esfera del productor a la del consumidor final.

SE (Semielaborado)

Sequencing: indica qué secuencia de producción utilizar en cada estación en el caso de que no tenga una flexibilidad conocida.

SMED (*Single Minute Exchange of Die***):** provisión que se realiza mientras la parte restante de una máquina está en funcionamiento. Reduce los tiempos de producción atacando los tiempos de configuración (*set up*) y no los de producción.

Spin-off: es un modelo de creación de empresas basado en la transferencia de los hallazgos de I+D al sector productivo. Se trata de empresas nacidas a partir de otra organización ya existente que suele ser, la mayor parte de las veces, una universidad o centro de investigación. Es una forma alternativa

de crear empresas, un proyecto para emprender que se incuba al abrigo de la institución matriz.

SR (*Security Reserves*): reservas de seguridad, conocida también como reserva mínima. Es la cantidad límite de reserva mínima que elimina el riesgo de no poder alimentar el proceso de trabajo industrial o de no poder afrontar los requerimientos del cliente. El límite de rotura de stock puede ser evitado con la precaución de fijar el ROP en un nivel superior.

Tiempo de alistamiento: es el tiempo requerido para realizar los ajustes necesarios para pasar de la elaboración de un producto a otro.

Tiempo de cola: es el tiempo que un artículo (MP o SL) debe esperar en un centro de trabajo antes de ser procesado.

Tiempo de emisión de la orden: es el tiempo normalmente requerido para preparar la orden y hacerla llegar a la oficina de producción o al depósito.

Tiempo de movimiento: es el tiempo necesario para cambiar de un tipo de operación (o procedimiento) a otro.

Tiempo de trabajo: es el tiempo requerido para procesar un artículo. Para determinar el tiempo necesario para producir más de una unidad del artículo, se multiplica el tiempo unitario por la cantidad solicitada.

Time fences: horizontes temporales.

Time picking: es el tiempo medio requerido para reunir los materiales o los componentes necesarios y transportarlos al área de producción.

Time to Market: tiempo para trasladar los productos al mercado.

TMU (*Time Measurement Unit*): unidad estándar de medida de tiempo.

TOC (*Theory of Constraints*): es una filosofía de gestión de organizaciones desarrollada por el físico israelí, Dr. Eliyahu M. Goldratt. Esta teoría asume que el comportamiento organizacional debe estar alineado con la meta de la organización, y que sólo unos pocos recursos, funciones o políticas limitan el desarrollo de la misma. Desde 1986 ofrece una serie de herramientas y soluciones simples para el enorme problema que presentan los "cuellos de botella".

TPM (*Total Productive Maintenance*): el mantenimiento productivo total se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye «cero accidentes, cero defectos y cero fallos» en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra mediante el trabajo de pequeños equipos.

TPS (*Toyota Production System*): sistema de producción de la fábrica de automóviles Toyota, ideado por Taichi Ohno y su equipo. Basado en algunos de los principios de Henry Ford, el sistema describe la filosofía de una de las más exitosas empresas del mundo. Las bases del TPS son la nivelación de la producción, de los soportes JIT

y de Jidhoka.

UDC (Unidad de Carga): embalaje externo, o bien paletizado para cargar sobre los vehículos de transporte externo.

WC (*Work Center*): se considera centro de trabajo de los sistemas MRPII al lugar en el cual se desarrolla la fase de trabajo de un proceso productivo. En condiciones estándar, el centro del trabajo es un grupo de máquinas tecnológicamente idénticas.

WIP (*Work In Progress o Work In Process*): stock de semielaborados o materiales en proceso.

Índice alfabético

2ª cocción 45
3ª cocción 45
A tope por chispa 158
A tope por resistencia 158
Abebay 99
Abedul 104
Abeto 106
Acabado 43
Acabado del torneado 43
Acabado en seco 43
Acabado húmedo 43
Acacia 99
Acana 99
Acebo 104
Acero de alto manganeso (Hadfield) 140
Acero de baja aleación tratado térmicamente 141
Acero de herramienta 141
Acero grafítico 141
Aceros 138
Aceros de baja aleación 138
Aceros de súper aleación 141
Aceros inoxidables 138
Aceros inoxidables austeníticos 138
Aceros inoxidables dúplex austeníticos (ferríticos) 139
Aceros inoxidables endurecibles por precipitación 139
Aceros inoxidables ferríticos 139
Aceros inoxidables martensíticos 140
Aceros resistentes a la corrosión de bajo costo 140
Aceros resistentes al desgaste 140
Acetales – polímeros y copolímeros 86
Acetato de celulosa (CA) 198
Acetobutirato de celulosa (CAB) 200
Acuñado 148
Aditivos 185
Aditivos especiales 59
Adornos 35
Afo 99
Agentes desmoldantes 60
Agitación en tambor 172
Agitación en tambor giratorio 171
Aglomerantes orgánicos 31
Aglutinantes 168
Agua 31
Álamo 104
Albita 29
Aleación metálica 131
Aleaciones de aluminio (base) 133
Aleaciones de cobre (base) 135
Aleaciones de hierro (aleante) 143
Aleaciones de hierro (base) 138
Aleaciones de mercurio 143
Aleaciones de mercurio (base) 146
Alerce 106
Alfarjía o larguero 112
Aliso 104
Allied de termoplástico espumado 93
Aloma 99
Alta frecuencia 33
Alta tensión 33
Aluminio 135
Aluminio al magnesio (Magnalium) 135
Aluminosilicatos y aluminoborosilicatos 230
Amalgamas 146
Amaranto 99
Amboina 104
Andalucita 30
Anilina-formaldehído (AF) 187
Anodizado 161
Apeas 108
Aplanado 153
Aplicación a pincel 174
Aplicación magnética 34

Aplicaciones 133
Aplicaciones de la pintura 174
Aplicaciones ópticas 37
Aplicaciones y propiedades 135
Arce 102
Arcillas de gres 27
Arcillas grasas 27
Arenas y cuarzo 228
Arrollado 151
Aserrado 154
Aserrado 219
Auxiliares 31
Ayap 102
Baja pérdida 34
Baja tensión 35
Bajo llama (Arcogen) 157
Balsa 105
Baño químico (Pickling) 173
Baritina 229
Bentonita 27
Berilio 28
Betún de Judea 129
Biscocho 50
Boj 102
Bórax 229
Bordonado 152
Borosilicatos 232
Brochado 155
Bronce 136
Bronces especiales al fósforo, y al manganeso 137
Bronces maleables 136
Bronces mecánicos 136
Bronces para decoración 136
Bruñido en tambor 172
Bubinga 102
Butadieno-estireno (SB) 190
Cal 28
Calandriado 90
Calizas 228
Caoba 102
Caoba colonial 102
Caolín 27
Carbonato de sodio 229
Cargas 30
Cargas 61
Cargas de refuerzo 87
Cartón prensado 115
Casco de vidrio 229
Castaño 102
Cedro 102
Cedro duro 102
Cenizas de huesos 28
Centrifugado 240
Cepillado 118
Cepillado 155
Cepillado con alambre 172
Cepilladoras 118
Cera animal 126
Cerámica 25
Ceras blandas naturales 126
Ceras minerales 126
Ceras vegetales 126
Cercado 152
Cerezo 102
Chapas 112
Chapas planas y onduladas 73
Chicaranda 106
Chopa negrito 105
Chopo blanco 105
Chopo Bordils 105
Chopo canadiense 105
Chopo de Pinseque 105
Chopo lombardo 105
Chopo negro 105
Chopo temblón 105
Chopos 105
Cianita 30
Ciprés 106
Circón 30
Clases de madera 99

Clases de punzonados 146
Cloruro de polivinilo 82
Cobre 135
Colada 43
Colada 213
Colada hueca o de vertido 44
Colada por presión 44
Colada sólida 44
Colado 240
Coloración en los vidrios 237
Coloreado de las pastas 49
Complementarios 59
Componentes de las pinturas 168
Componentes de los materiales cerámicos 25
Componentes minerales 228
Componentes no minerales 229
Compresión 91
Compresión 214
Compuesto 248
Con electrodo de carbón (Bernardos) 157
Con electrodo de carbón y soplado magnético (Zerener) 157
Con electrodo metálico (Slavianoff) 157
Conducción 47
Conformado de piezas laminares 240
Conformado de tubos 239
Conformado mecánico 239
Construcción 31
Contrachapado 116
Convección 48
Copolímeros de estireno – acrilonitrilo (SAN) 201
Copolímeros de estireno (ABS/ASA) 200
Coral 102
Cortado 148
Cortado de rebabas 148
Corte 119
Corte 239
Corte o punzonado (punzón de acero) 146
Corte por choque térmico 242
Cuartones 108
Cuarzo 30
Cumarona-indeno (CI) 201
Curvado 120
Curvado 146
Curvado 150
Curvado 242
De agujeros 146
De hendiduras 146
De perforación 146
Defectos de la madera 107
Dentado 155
Derivados comerciales de la madera 112
Desengrase por vapor 174
Desfloculantes 31
Doblado 146
Doblado 149
Doblado 153
Doble espiga 122
Dolomita 162
Duración de la madera 98
Duraluminio 135
Ébano 102
El mordentado de color 128
El mordentado químico 186
Elección del plástico adecuado 157
Eléctricas a arco 33
Electricidad 161
Electroplastía 170
Electropulido 102
Embero 147
Embutido 150
Embutido 147
Embutido al torno 147
Embutido con punzón de goma 157
En atmósfera inerte (Argonac, Heliarc) 126
Encerado 102
Encina 120
Encolado 78
Encolado en caliente 79
Encolado en frío 78

Encolado en húmedo 78
Encolado en seco 79
Enebro 103
Engobe 49
Engrapado 152
Enrollamiento (Filament Winding) 69
Ensamblados o pegados 44
Envases 36
Erable 103
Esbozado 148
Escariado 155
Esmaltado 242
Esmaltes a difusión 242
Esmaltes vitrificables 242
Esmerilado 242
Espigado 121
Espigadora 121
Espumado 91
Espumado 214
Espumado de alta presión 91
Espumado de baja presión 92
Estampado 148
Estampado 220
Estampado 242
Estampado a inyección 250
Estampado / prensado 78
Estampado en caliente 148
Estampado en frío 148
Estañado 162
Esteatita 30
Estirado 153
Estirénicos 83
Estrangulado 153
Estructuras sándwich 74
Eter de polifenileno modificado (PPE) 190
Eucalipto 103
Expansión de gas incorporado 92
Extrudado por impacto 147
Extrusión 45
Extrusión 93
Extrusión 215
Extrusión-soplado 223
Fabricaciones especiales 71
Feldespatos 28
Feldespatos 228
Fenol formaldehído (PF) 190
Feran 162
Fibras 55
Fibras de carbono-boro 56
Fibras inorgánicas 55
Fibras naturales 55
Fibras ópticas 231
Fibras orgánicas 56
Fibras poliméricas 57
Fibras sintéticas 56
Fluorita 228
Forja 152
Formas comerciales 107
Fresado 122
Fresado 155
Fresado 220
Fresadora para colas de milano 122
Fresadora vertical (tupí) 122
Fresno 103
Funcionamiento 121
Fundentes 28
Fundición 154
Fundición blanca común 141
Fundición blanca Ni-Hard 142
Fundición blanca Ni-Resist 142
Fundición de alto contenido de silicio 142
Fundición de media y baja aleación 141
Fundición gris 141
Fundición gris nodular 142
Fundición resistente al calor 142
Fundición vernicular 142
Fundiciones 141
Fundiciones de alta aleación 142
Furfurílicas (PFF) 191
Fusión con agitación 242

Grabado al ácido 242
Guayaco 103
Guillermina y MDF 115
Hastelloy 143
Haya 103
Herramientas de corte 38
Hidronalium 135
Hogar 35
Horneado 45
ICI Twin-Injection 93
Impresión 218
Impresión bajo vidriado 50
Impresión sobre vidriado 50
Incoloy 141
Inconel 143
Industrial 37
Inmersión-soplado 223
Inyección 77
Inyección 93
Inyección 218
Inyección-soplado 223
Inyectoras con preplastificador tornillo-pistón 219
Inyectoras de émbolo 219
Ladrillos, baldosas y azulejos 31
Laminados plásticos 214
Latas 112
Latón 137
Latón de 1ª categoría o maleable en frío 137
Latón de 2ª categoría, de tornear o de decolletaje 138
Lijado 123
Lijadora de cinta 123
Lijadora orbital 123
Limado 123
Limado 156
Limba 105
Limoncillo 103
Limpieza superficial 170
Limpieza abrasiva (arenado/granallado) 170
Limpieza alcalina 174
Limpieza con solventes emulsionados 174
Limpieza por agua caliente o vapor 172
Listoncillos 112
Listones 112
Litio 229
Lubricantes y aceites antipegado 31
Madera de raja 108
Madera de sierra 108
Madera en rollo o rollizo 108
Madera escuadrada o de hilo 108
Maderas blandas 104
Maderas de especie resinosa 105
Maderas duras 99
Maderos 108
Manganeso 228
Máquina complementaria para cepillar cantos 119
Máquina de moldurar y machihembrar 124
Máquina para arrastre automático de la madera 119
Marcos 112
Materiales termoestables compuestos 52
Materiales termoplásticos compuestos 80
Materias no plásticas 28
Materias plásticas 26
Materias primas 228
Mecánica 170
Mecanizados 154
Mecanizados 219
Melamina formaldehído (MF) 191
Melis 106
Metalización por alto vacío 181
Metalizado (espejo) 243
Método de colada reducida 92
Métodos aerográficos 180
Métodos electrostáticos 180
Microclino y ortosa 29
Microfusión o cera perdida 156
Molde perdido (arena) 154
Molde permanente (coquilla) 154
Moldeo con pistón flexible 68

Moldeo con saco elástico 66
Moldeo manual (Hand Lay-Up) 64
Moldeo por aspersión 65
Moldeo por centrifugado 67
Moldeo por colada 68
Moldes para colada 44
Moldurado 123
Mordentado con cera 127
Mordientes 128
Mortajado 124
Mortajado 156
Multilaminado 116
Natural 48
Nimonic 143
Nitrurado gaseoso 164
Nogal 103
Nogal colonial 103
Nuevas aplicaciones 99
Obtención de piezas de SMC pintadas en 181
Okumé 105
Olivo 103
Olmo 103
Operaciones 148
Operaciones 153
Operaciones 219
Operaciones especiales 151
Oscurecimiento del Nogal 129
Oscurecimiento del Roble 129
Otras técnicas de soldadura 160
Otros materiales 87
Otros métodos 93
Oxido de plomo 229
Oxido de polifenileno (PPO) 192
Óxidos 229
Palo hierro 103
Palo rosa 106
Particularidades del pintado de los plásticos 179
Peral y manzano 103
Perfilado 152
Pigmentos 168
Pilotes 108
Pinabete 106
Pino 106
Pino Brasil 106
Pino Carrasco 106
Pino de Canarias 106
Pino del norte (Flandes) 106
Pino Insignis 107
Pino Laricio 107
Pino negral 107
Pino negro 107
Pino Oregón 107
Pino piñonero 107
Pino silvestre 107
Pinsapo 106
Pintado a rodillo 175
Pintado a soplete 175
Pintado de la pieza en el molde 181
Pinturas 167
Pirofilita 29
Pirofilita A 29
Pirofilita B 29
Placa de carpintero 117
Plástico 185
Plastificado 221
Plátano 103
Polialcohol vinílico (PALV) 203
Poliamidas 83
Poliaril éter cetonas (PAEK) 192
Poliarilatos 83
Policarbonato (PC) 204
Policloropreno (CR) 192
Poliéster (UP) 193
Poliésteres termoplásticos 84
Poliestireno (PS_1) 206
Poliestireno anticalórico (PS_2) 206
Poliestireno antichoque (PS_3) 207
Poliestireno espumado 214
Poliéter-imida (PEI) 194
Poliéter clorado (Penton) 85

Poliéter sulfona (PESU-PES) 193
Polímeros de cristal líquido (LCP) 208
Polímeros fluorocarbonados 85
Polimetil metacrilato (PMMA) 209
Polímetros 82
Poliolefinas 86
Polioximetileno (POM) 209
Polipropileno (PP) 209
Polisulfona (PSU) 194
Politetrafluoretileno (PTFE) 194
Politrifluorcloroetileno (PCTFE) 194
Poliuretano espumado 215
Poliuretano (PUR) 195
Poliuretano termoplástico 87
Polivinil-Carbazol (PVZ) 210
Poltrusión 72
Por fricción 160
Por hidrógeno atómico (Arcatom) 157
Por medios electrolíticos 161
Por medios térmicos 162
Por medios termoquímicos 164
Por presión 67
Por protuberancias 159
Por puntos 160
Por termita (aluminotermia) 162
Por transformación química 160
Por ultrasonidos 66
Por vacío 108
Postes 124
Prensa hidráulica 46
Prensado 78
Prensado 124
Prensado 243
Prensado en caliente 46
Prensado en seco 46
Prensado manual 243
Prensado semiseco o en polvo 47
Prensado-prensado 239
Preparación 132
Preparación de las pasta 47
Presiones de encolado 121
Pretratamientos para aumentar la polaridad 182
Proceso de ariete 47
Procesos de conformado de los materiales termoestables compuestos 63
Procesos de conformado de los materiales termoplásticos compuestos 90
Procesos de los cerámicos 43
Procesos de transformación 147
Procesos de transformación de los metales 146
Procesos de transformación de los plásticos 211
Procesos de transformación de los vidrios 238
Procesos de transformación madera y derivados 118
Procesos del pintado 170
Procesos previos 47
Producción 135
Propiedades 131
Propiedades de los vidrios 227
Pulido 127
Pulido 243
Pulido con rueda 173
Pulido por correa 173
Pulp 222
Punzón de goma 146
Punzonado 153
Punzonado 220
Química 173
Radiación 48
Ranurado 153
Recalcado 153
Recocido 243
Rectificado 156
Recubrimientos metálicos 161
Regruesado 124
Regruesos 112
Reprocesado (utilización de molienda) 94
Resinas 53
Resinas de poliéster insaturado (UP) 196
Resinas alcídicas (RA) 195
Resinas de siliconas 53

Resinas etoxilínicas (epoxi) 196
Resinas fenólicas 54
Resinas furánicas 54
Resinas melamínicas 54
Resinas modificadas 55
Resinas poliésteres no saturadas 55
Resinas termoestables 53
Resistencia 39
Resistencia a la corrosión 39
Resistencia al desgaste 40
Resistencia al impacto 40
Resistencia mecánica 41
Resistencia química 41
Resistencia térmica 41
Resistentes a los vapores metálicos 233
Revestido de polvo (Power Coatings) 178
Revestimientos 71
Roble 103
Roble colonial 104
Rollo grueso 108
Rollo semigrueso 108
Roscado 156
Roscado 221
Rotomoldeo 95
Rotomoldeo 222
Samanguila 105
Sanitarios 32
Sapelly 105
Satén 104
Satén colonial 104
Secado 47
Secado 98
Secuoya 107
Semirrollizos 108
Servicio de mesa 36
Sicómoro 104
Sienita nefelínica 29
Sierra circular 119
Sierra de calar 119
Sierra de cinta 120
Silicato de circonio 30
Silicatos 29
Silicatos de aluminio 29
Silicatos de magnesio 29
Sílice 30
Siliconas (SI) 196
Silimanita 30
Siluminio 135
Sinterizado 243
Soldado 153
Soldadura 244
Soldadura blanda 160
Soldadura eléctrica por resistencia: 158
Soldadura en atmósfera activa (Alexander) 158
Soldadura fuerte 160
Soldadura sin fusión 159
Soldaduras 157
Sol-Gel 244
Solventes 168
Soplado 95
Soplado 223
Soplado con molde 244
Soplado libre (sin molde) 244
Soplado-soplado 239
Sopletes convencionales 175
Stellite 143
Sulfato de sodio 229
Sulfuro de polifenileno (PPS) 210
Súper aleaciones 143
Tablas 112
Tablones 112
Taladrado 125
Taladrado 156
Taladrado 221
Taladradora con fresa vibratoria 125
Taladradora de broca 125
Taladradora de cadena 125
Talco 30
Tallado 244
Tarimas 112

Tejo 104
Teka Mimosácea 104
Templado 245
Templado químico 245
Templado térmico 245
Teñido 127
Terciado 117
Tereftalato de polietileno (PET/PTG) 210
Termoconformado 95
Termoconformado (vacum) 224
Termoestables 186
Termoestables 187
Termoplásticos 198
Tilo 105
Tinte azul 129
Tinte gris 129
Tinte negro 129
Tintes 128
Tintes rojizos 129
Tipos de cerámicos 31
Tipos de hornos 46
Tipos de vidrios 229
Torneado 48
Torneado 125
Torneado 156
Torneado 221
Torneado con molde 48
Torneado por rodillos 49
Torneado semi y totalmente automático 49
Torno 125
Transferencia 224
Tratamientos eléctricos 245
Tratamientos superficiales 49
Tratamientos superficiales 126
Tratamientos superficiales 161
Tronzado 153
Tuya 104
Ukola 104
Urea – formaldehído (UF) 197
USM 91
Uso abrasivo 39
Variedades 131
Vidriado 50
Vidriado crudo de plomo 50
Vidriado crudo sin plomo 50
Vidriados de sal 50
Vidrio 227
Vidrios 227
Vidrios armados 237
Vidrios fotosensibles 232
Vidrios láser 234
Vidrios planos 235
Vidrios planos de seguridad 237
Vidrios plomados 234
Vidrios resistentes al ácido fluorhídrico 234
Vidrios templados 237
Vigas 112
Vigas redondas 108
Viguetas 112
Whiskers 58

Bibliografía

Bibliografía General

Buch, Tomás, Sistemas Tecnológicos, Contribuciones a una Teoría General de la Artificialidad, Aique, Buenos Aires 1999.

Flinn, Richard A.; Trojan Paul K., Engineering Materials and Their Applications, University of Michigan, McGraw-Hill, New York 1989.

Manzini, Ezio, La Materia dell´Invenzione, Arcadia, Milano 1986.

DeGarmo, E. Paul, Materials and Processes in Manufacturing (second edition), The Macmillan Company, New York 1978.

Japan Design Fundation, Design Scene Nº47, Public Relations Department, Osaka 1999.

Enciclopedia CEAC del delineante, Materiales y Tecnología Mecánica, Ediciones CEAC, Barcelona 1977.

ARGENTINA MEDIO SIGLO (CD-Rom), Clarín, Buenos Aires 1998.

ANUARIO 96/97 (CD-Rom), Clarín AGEA S.A., Buenos Aires 1997.

ENCARTA 99 (CD-Rom), Microsoft Corporation, Massachusetts 1999.

ENCARTA 2006 Biblioteca Premium (DVD), Microsoft Corporation, Massachusetts 2006.

Bibliografía Específica

Cerámicos

Bilmes, Pablo D., Materiales Cerámicos en la Ingeniería y sus Aplicaciones, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1993.

Newcomb Rexford, Ceramic Whitewares, Pitman Publishing Corporation, New York 1947.

Cooper, Emmanuel, Pottery, MacDonald Educational Limited, London 1976.

Voda, Daniel, Cerámicos, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Compuestos

Laigroz, Gérard, Vetrotex Informacion, 2éme Comunicación, Lyon 1994.

Seguridad y Reducción del Peso: Urgencia de la industria de automoción, Revista Plásticos Universales, Barcelona 1999.

Polyurethanes from Bayer - A Successful Trendsetter, Bayer AG Polurethanes Group, Leverkusen.

D´arsie, Duilio, Los Plásticos Reforzados con Fibras de Vidrio, Editorial Americalee, Buenos Aires 1977.

Van Tooren, M.J.L.; Sinke J.; Bersee H.E.N., Materials, Structures & Manufacturing Processes, Delf University of Technology.

Titow, W.V.; Lanham, B.J., Reinforced Thermoplastics, Applied Publishers, London 1978.

Voda, Daniel, PRFV Materiales y Métodos de Moldeo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1986.

Maderas y Derivados

Tecnología de la Madera, Ediciones Don Bosco, Barcelona 1965.

Voda, Daniel, Maderas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Metales y Aleaciones

Bilmes, Pablo D.; González, Alfredo C.; Llorente, Carlos L.; Solari, Mario, Desarrollo de los Aceros Inoxidables, CONICET - CIC - Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1989.

Abril, Eduardo R., Introducción a la Metalurgia, Ediciones Marymar, Córdoba 1974.

Martire, Guillermo, «Ferrari, El mito se renueva», Revista Muy Interesante Nº 128, García Ferre, Buenos Aires 1996.

Pinturas

Voda, Daniel Héctor, Métodos de Aplicación de Pinturas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Guías comerciales y técnicas de las empresas: Glasurit, Steelcote, Suvinil, Alba, Baldini Vernici, Tersuave.

Strube, Jürgen, Responsible Care. 1997 Enviroment, Safety and Health Report, BASF Group, Ludwigshafen 1997.

Dietrich, Kley Max, Enviroment Report 1994, BASF Group, Ludwigshafen 1994.

Velasco, Isidoro Sanvicente, El Pintado de los Elementos Plásticos, Revista Plásticos Universales, Centro Español de Plásticos, Barcelona 1999.

Plásticos

Pierres, Néstor, Inyección y Soplado, Instituto Argentino del Envase, Buenos Aires.

Acri News (Números 1996-1999), Centro de Fabricantes de Acrílico por Colada, Latín Gráfica SRL, Buenos Aires.

Los Plásticos y sus Residuos, Fundación de la Industria Plástica, Buenos Aires 1995.

Voda, Daniel Héctor, Características de los Materiales Plásticos, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1978.

Voda, Daniel Héctor, Métodos de Moldeo para Materiales Plásticos, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1991.

Di Lorenzo, Juan José, Origen, Polimerización y Procesamiento de los Materiales Plásticos, Universidad nacional de La Plata, La Plata 1976.

Puente, Rafael, Abreviaturas Utilizadas por las Industrias de Plásticos, Caucho, Tintas, Pinturas, Lacas, Barnices y Esmaltes, Suplemento de la Revista Industrias Plásticas, Emma Fiorentino Publicaciones Técnicas, Buenos Aires.

Fundamento de la Tecnología de los Plásticos, Sección de Plásticos del Patronato Juan de la Cierva, Madrid 1967.

La Industria en Cifras, ANAIP, Confederación Española de Empresarios de Plásticos, Madrid 1999.

El Sector del Transporte, APME, Asociación Europea de Productores de Plásticos, 1999.

Características y Usos de los Plásticos, Plastivida, Asociación Civil, 1996.

«Actualidad y Prospectiva de los Polímetros Industriales», Revista Plásticos Universales, Barcelona 1999.

Collard, Andre, «PVC: El Plástico Más Versátil y el Más Atacado», en Revista Plásticos Universales, Barcelona 1999.

Capella, Fermín, «Termoformado: Procedimiento, Maquinaria y Materiales», en Revista Plásticos Universales, Barcelona 1999.

Sistema de Codificación de Materiales en Objetos Plásticos, Boletín Técnico SCMOP-01-1992, Instituto Argentino del Envase, Buenos Aires.

Revista de Plásticos Modernos, Anuario 1967, Madrid.

Inyección, Lustran ABS/SAN y Lustrex Poliestirenos, UNISTAR.

Extrusión, Lustran ABS/SAN y Lustrex Poliestirenos, UNISTAR.

Kit para Identificación de Plásticos, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, México DF.

Sasso, John, Plastics for Industrial Use, McGraw-Hill Book Company Inc., New York 1942.

Mink, Walter, Grundzüge Der Spritzgiesstechnik, Zechner & Hüthing Verlag GmbH, Vienna 1971.

Vidrios

Mari, Eduardo A., Los Vidrios, Ediciones Americalee, Buenos Aires 1982.

Suárez, Añón Horacio, Vidrios, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1977.

Voda, Daniel, Vidrios, Universidad Nacional de La Plata, La Plata 1986.

Hernández, Antonio Hero, Fabricación y Trabajo del Vidrio, Editorial Sintes, Barcelona 1958.

Zinssner, Rolando, Vidrio, Instituto Argentino del Envase, Buenos Aires.

Estimado Lector:

Estoy muy interesado en conocer su opinión acerca de este libro. Sería muy valioso recibir sus ideas y compartir sus puntos de vista. Apreciaré su carta y le aseguro una contestación personal.

Muchas gracias,

Prof. Federico Del Giorgio Solfa

Calle 28 Nº 2029 entre 407 y 408,
(1894) Villa Elisa, La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
E-mail: delgiorgio@fba.unlp.edu.ar / giorgiosolfa@hotmail.com

Introducción a los MATERIALES Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

FEDERICO DELGIORGIOSOLFA

En esta primera edición de Introducción a los materiales y tecnologías de producción, el lector encontrará una guía práctica ágil para una aproximación conceptual a los materiales y sus tecnologías de transformación.

El texto está organizado en siete capítulos principales por cada grupo de materiales: cerámicos, compuestos, maderas y derivados, aleaciones metálicas, pinturas, plásticos y vidrios.

A través de cuadros alfabéticamente ordenadas, en el inicio de cada grupo se enumeran los diversos tipos y/o presentaciones comerciales. Cada capítulo culmina con el cuadro y desarrollo analítico de las distintas tecnologías que pueden aplicarse según el caso.

Por otro lado, el texto se complementa con fotos, imágenes explicativas, planillas de clasificación y medidas comerciales de los múltiples preelaborados existentes.

Este trabajo está basado principalmente en los contenidos del Informe Científico Final Aprobado (Resolución CIC Nº 685/02) sobre el tema: "Relación entre nuevos materiales y la durabilidad en bienes o productos", realizado en el Departamento de Diseño Industrial de la Universidad Nacional de La Plata, en el marco del Programa de Becas de Estudio de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, otorgadas por Decreto Nº 4.468/98 y Resolución CIC Nº 1919/99.

Esta publicación está dirigida a estudiantes, técnicos y profesionales de disciplinas proyectuales. Ordenada y concreta, es una herramienta de consulta útil para todos aquellos que deseen tener una idea clara y comprensiva no sólo de los distintos materiales, sino también de los procesos involucrados en la producción de bienes.

facultad de **bellas artes**
Universidad Nacional de La Plata

ISBN 978-987-05-6239-9
9 789870 562399