

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

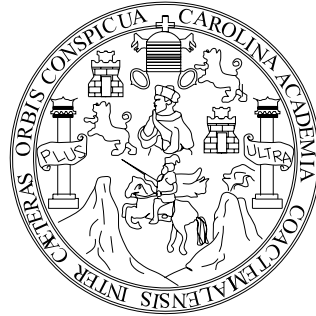


**UTILIZACIÓN DE LOS METALES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA ENFOCADO EN  
LO ORNAMENTAL Y DECORATIVO CONSTRUCTIVO**

TESIS PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
POR  
ANGELA YESSENIA CALDERÓN RUANO  
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
ARQUITECTO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA



**UTILIZACIÓN DE LOS METALES EN LA  
CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA ENFOCADO EN  
LO ORNAMENTAL Y DECORATIVO CONSTRUCTIVO**

TESIS PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
POR  
ANGELA YESSENIA CALDERÓN RUANO  
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
ARQUITECTO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

## **JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**DECANO:** Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

**SECRETARIO:** Arq. Alejandro Muñoz Calderón

**VOCAL I:** Arq. Jorge Arturo Gonzáles Peñate

**VOCAL II:** Arq. Raúl Estuardo Monterroso Juárez

**VOCAL III:** Arq. Jorge Escobar Ortiz

**VOCAL IV:** Br. José Manuel Barrios Recinos

**VOCAL V:** Br. Herberth Manuel Santizo Rodas

## **TRIBUNAL EXAMINADOR**

**DECANO:** Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

**SECRETARIO:** Arq. Alejandro Muñoz Calderón

Arq. Luís Fernando Salazar García

Arq. Manuel Castillo

Arq. Publio Rodríguez Lobos

**ASESOR:** Arq. Luís Fernando Salazar García

# DEDICADO A:

**DIOS:** Por no abandonarme nunca y guiar siempre mis pasos

**MIS PADRES:** Joel Calderón Calderón y Maria Marta Ruano de Calderón  
Por su apoyo incondicional y amor brindado durante toda mi vida. Gracias

**MIS HERMANOS:** Joel y Paola, por su amor fraterno

**MI TIO:** Alvaro Augusto Ruano Chich, por su apoyo a lo largo  
de mi carrera universitaria

# **AGRADESCO A:**

**DIOS:** Por permitirme hacer mi sueño realidad

**LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:** En especial

A la Facultad de Arquitectura.

**MIS CATEDRATICOS:** Especialmente a mi asesor Arq. Luís Fernando Salazar G.

**MIS ABUELOS:** Carlos Zacarías Ruano y Siria de Ruano

José Calderón y Carlota Calderón (Q.E.P.D.)

**MI FAMILIA**

**MIS AMIGOS**

# INDICE

Introducción .....	I
Antecedentes .....	III
Justificación .....	IV
Delimitación .....	IV
Objetivos.....	V

## **CAPÍTULO I** **HISTORIA DE LOS METALES A TRAVÉS** **DEL TIEMPO EN OTROS PAISES Y EN GUATEMALA**

1. Los Metales en la Historia.....	1
1.1 Edad de Bronce .....	5
1.2 Edad de Hierro.....	6
1.2.1 Trabajo del hierro .....	6
1.2.2 Europa.....	6
1.3. Oro en la antigüedad .....	7
1.3.1 Oro en Europa.....	8
1.3.2 Oro en África y Nuevo Mundo.....	8
1.3.3 Oro en China.....	9
1.4 Plata en la Antigüedad.....	9
1.4.1 Plata en Europa.....	10
1.4.2 Plata en China.....	10
1.5 Bronce en la Antigüedad .....	10
1.5.1 Bronce en China.....	11
1.5.2 Bronce en Europa .....	11
1.5.3 Bronce en África.....	11
1.6 Cobre en la Antigüedad .....	12
1.6.1 Cobre y Latón en Europa .....	12
2. Los Metales a través de la Historia en Guatemala.....	12
2.1 El Proceso productivo.....	12
2.2 Los Inicios de la explotación del hierro .....	13
2.3 El Primer ciclo de la explotación siderúrgica.....	14
2.4 El Segundo ciclo de la explotación siderúrgica.....	15
2.4.1 El Distrito de Metapas .....	15

2.5 La Minería Prehispánica.....	16
2.6 Materias primas que se utilizaron en la época .....	16
2.7 Técnicas mineras que utilizaban.....	17
2.7.1 Recolección de superficie.....	17
2.7.2 Minería a cielo abierto.....	17
2.8 Lugares detectados o ejemplos.....	17
2.8.1 Mina taller el Remudadero.....	17
2.8.2 Mina taller el Chayal Perdido.....	17
2.8.3 La minería en nance dulce .....	18
2.9 Época colonial .....	18
2.10 Época independiente.....	19
2.11 Época actual.....	20
2.11.1 Minerales comunes y raros, grafica.....	21
2.11.2 Estadísticas Generales.....	22
3. Proceso de producción de algunos metales más importantes en Guatemala .....	23
3.1 Proceso del hierro/acero .....	23
3.2 Proceso del oro y plata.....	29

## **CAPÍTULO II** **PRINCIPIOS DE LOS METALES**

1. Concepto general de los metales .....	30
1.1 Propiedades Físicas .....	31
1.2 Propiedades Químicas .....	31
1.3 Propiedades Mecánicas .....	31
1.4 Estructura Electrónica .....	32
2. Aplicaciones .....	33
2.1 Galvanotécnica .....	33
2.2 Metalistería.....	34
2.2.1 Orígenes de la metalistería.....	34
2.2.2 Características de la metalistería .....	35
2.2.3 Técnicas de la metalistería .....	35

2.2.3.1 Técnicas primitivas.....	35	2.4.2.3 Soldadura aluminotérmica .....	43
2.2.3.1.1 Recocido .....	35	2.4.2.4 Soldadura por presión.....	44
2.2.3.1.2 Fundición .....	35	2.4.2.5 Soldadura por resistencia .....	44
2.2.3.1.3 Aleaciones .....	36	3. Clasificación .....	44
2.2.3.1.4 Aplicación de técnicas.....	36	3.1 Elementos de transición .....	44
2.2.3.2 Técnicas decorativas.....	37	3.1.1 Propiedades .....	44
2.2.3.2.1 Repujado.....	37	3.1.2 Aplicaciones.....	44
2.2.3.2.2 Grabado y Cincelado .....	37	3.1.3 Clasificación.....	45
2.2.3.2.3 Deslustrado, Grabado al agua fuerte y oxidación .....	37	3.2 Metales alcalinos .....	45
2.2.3.2.4 Dorado y Damasquinado .....	38	3.3 Metales alcalinotérreos.....	45
2.2.3.2.5 Granulación y Filigrana .....	38	4. Metalografía.....	45
2.2.3.2.6 Ornamentación con otros materiales .....	38	5. Metalurgia.....	46
2.2.3.3 La metalistería como arte.....	38	6. Propiedades .....	47
2.2.4 Tipos de metalistería.....	39	6.1 Conductor eléctrico.....	47
2.2.4.1 Oro .....	39	6.2 Corrosión .....	48
2.2.4.2 Plata .....	39	6.3 Dilatación.....	49
2.2.4.3 Bronce.....	39	6.4 Ductibilidad.....	49
2.2.4.4 Cobre .....	39	6.5 Dureza .....	49
2.2.4.5 Plomo y Peltre.....	39	6.6 Elasticidad (Física) .....	49
2.2.4.5.1 Plomo.....	39	6.7 Electroquímica.....	50
2.2.4.5.2 Peltre.....	40	6.8 Aplicaciones industriales .....	50
2.2.4.6 Hierro .....	40	6.9 Fatiga .....	50
2.3 Metalización.....	41	6.10 Resistencia longitudinal.....	51
2.4 Soldadura .....	41	6.11 Resistividad eléctrica.....	51
2.4.1 Soldadura ordinaria o de aleación.....	42	6.12 Superconductividad .....	51
2.4.2 Soldadura por fusión .....	42	6.12.1 Aplicación.....	51
2.4.2.1 Soldadura por gas.....	42	7. Aleación concepto .....	52
2.4.2.2 Soldadura por arco.....	43	7.1 Disoluciones sólidas .....	52
2.4.2.2.1 Soldadura por arco con Electrodo recubierto.....	43	7.2 Variedades .....	52
2.4.2.2.2 Soldadura por arco con protección Gaseosa .....	43	7.3 Propiedades .....	52
2.4.2.2.3 Soldadura por arco con fundente en polvo .....	43	7.4 Preparación .....	52
		7.5 Tipos de Aleaciones más comunes y sus propiedades modificadas .....	53

**CAPÍTULO III**  
**DESCRIPCIÓN DE LOS METALES MÁS USADOS EN LA**  
**CONSTRUCCIÓN COMO**  
**ORNAMENTO Y DECORACIÓN CONSTRUCTIVA**

1. Cobre.....	56	5.1 Concepto.....	70
1.1 Concepto.....	56	5.2 Propiedades.....	70
1.2 Yacimientos de cobre.....	56	5.3 Estado natural.....	70
1.3 Extracción de cobre.....	57	5.4 Aplicaciones y producción.....	70
1.3.1 Proceso de obtención.....	57	5.4.1 Fuentes de obtención en Guatemala.....	71
1.4 Fabricación.....	57	6. Plata.....	71
1.4.1 Fuentes de obtención en Guatemala.....	58	6.1 Concepto.....	71
1.5 Aplicaciones y propiedades.....	58	6.2 Propiedades.....	71
1.5.1 Cobre fundido.....	58	6.3 Estado Natural.....	72
1.6 Ejemplos antiguos en la decoración.....	59	6.4 Metalurgia.....	72
1.7 Estado natural.....	60	6.5 Aplicaciones como Decoración y Ornamento.....	72
2. Latón.....	60	7. Estaño.....	73
2.1 Concepto.....	60	7.1 Concepto.....	73
2.2 Fabricación.....	61	7.2 Propiedades y estado natural.....	73
2.2.1 Fuentes de obtención en Guatemala.....	61	7.3 Compuestos.....	73
2.3 Aplicaciones más comunes como Ornamento o Decoración.....	61	7.4 Fabricación.....	74
3. Bronce.....	62	7.5 Aplicaciones como Ornamento o Decoración.....	74
3.1 Concepto.....	62	8. Cinc.....	74
3.2 Fabricación.....	62	8.1 Concepto.....	74
3.2.1 Fuentes de obtención en Guatemala.....	62	8.2 Propiedades y Estado Natural.....	74
3.3 Aplicaciones como Ornamento o Decoración.....	62	8.3 Aplicaciones como Ornamento o Decoración.....	75
4. Oro.....	65	9. Aluminio.....	75
4.1 Concepto.....	65	9.1 Concepto.....	75
4.2 Propiedades.....	65	9.2 Propiedades.....	75
4.3 Estado Natural.....	65	9.3 Estado Natural.....	76
4.4 Extracción.....	66	9.4 Producción.....	76
4.4.1 Fuentes de obtención en Guatemala.....	66	9.5 Proceso de recolección y fabricación.....	76
4.5 Producción.....	66	9.5.1 Fundición de arena.....	76
4.6 Aplicaciones como Decoración y Ornamento.....	67	9.5.2 Fundición con molde permanente.....	77
5. Níquel.....	70	9.6 Aplicaciones comunes y como Ornamento y Decoración.....	77
		10. Plomo.....	78
		10.1 Concepto.....	78
		10.2 Propiedades.....	78
		10.3 Estado Natural.....	78
		10.4 Aplicaciones varias.....	79



10.5 Producción.....	79
10.6 Compuestos del plomo .....	79
11. Hierro y Acero .....	80
11.1 Hierro.....	80
11.1.1 Concepto.....	80
11.1.2 Propiedades.....	81
11.1.3 Estado Natural.....	81
11.1.4 Aplicaciones y producción.....	81
11.1.5 Compuestos.....	82
11.1.6 Siderurgia.....	83
11.1.6.1 Historia.....	83
11.1.7 Producción de arrabio.....	84
11.1.8 Otros métodos de refinado del hierro.....	85
11.1.8.1 Coque.....	86
11.1.8.2 Alto horno.....	86
11.1.9 Hierro forjado.....	87
11.1.10 Hierro fundido o colado.....	88
11.1.10.1 Fundición maleable.....	89
11.1.11 Hierro dulce.....	89
11.1.12 Fuentes de obtención en Guatemala.....	89
11.1.13 Aplicaciones como Ornamento o Decoración.....	90
11.2 Acero.....	91
11.2.1 Concepto.....	91
11.2.2 Fabricación del acero.....	91
11.2.2.1 Proceso de crisol abierto.....	91
11.2.2.2 Proceso básico de oxígeno.....	92
11.2.2.3 Horno eléctrico.....	93
11.2.2.4 Procesos de acabado.....	94
11.2.2.5 Proceso de vacío.....	95
11.2.2.5.1 Desgasificación por flujo.....	95
11.2.2.5.2 Desgasificación en la olla de colada.....	96
11.2.3 Tratamiento térmico del acero.....	96
11.2.4 Clasificación del acero.....	97
11.2.4.1 Aceros para edificaciones.....	97

11.2.4.2 Identificación de los aceros.....	97
11.2.4.2.1 Aceros al carbono.....	98
11.2.4.2.2 Aceros aleados.....	98
11.2.4.2.3 Aceros de baja aleación ultrarresistentes.....	98
11.2.4.2.4 Aceros inoxidables.....	98
11.2.4.2.5 Aceros de herramientas.....	98
11.2.5 Aplicaciones del acero.....	99
11.2.5.1 Estructura del acero.....	99
11.2.5.2 Tubos.....	99
11.2.5.3 Hojalata.....	99
11.2.5.4 Tipos de estructuras.....	100
11.2.5.5 Variedad de productos en acero.....	100
11.2.5.5.1 Tipos de miembros a tensión.....	100
11.2.6 El acero funcional y Decorativo.....	101

**CAPÍTULO IV**  
**EJEMPLOS DE USO ACTUAL EN GUATEMALA DE LOS**  
**METALES Y POSIBLES NUEVAS APLICACIONES DE USO**

1. Opinión de arquitectos sobre la construcción actual con metales en Guatemala.....	103
2. Ejemplos de la utilización actual decorativa con metales en la construcción en Guatemala.....	105
2.1 Iglesia de la Catedral Metropolitana.....	105
2.1 Iglesia de Capuchinas.....	107
2.3 Propiedad de Inmueble.....	108
2.4 Centro cultural Universitario.....	108
2.5 Iglesia del Santuario de Guadalupe.....	109
2.6 Torre del Reformador.....	110
2.7 Biblioteca del Congreso.....	111
2.8 Antiguo Edificio de Correos.....	111
2.9 Municipalidad de Guatemala.....	112
2.10 Ministerio de Finanzas Públicas.....	112
2.11 Teatro Nacional.....	114
2.12 Centro Financiero del Banco Industrial.....	114

2.13	Templo de San José .....	115
2.14	Centro Comercial Galerías del Sur .....	116
2.15	Centro Comercial Los Próceres .....	117
2.16	Centro Comercial La Pradera .....	118
2.17	Centro Comercial Tikal Futura .....	118
2.18	Centro Comercial Santa Clara .....	119
2.19	Edificio Atlantis .....	120
2.20	Centro Comercial Miraflores .....	122
2.21	FPK Miraflores .....	123
2.22	Centro Comercial Pacific Center .....	124
3.	Ejemplos de la Utilización actual Decorativa con Metales en la construcción en Quetzaltenango .....	124
3.1	Cementerio General .....	125
3.2	Casa Aparicio .....	125
3.3	Banco de Occidente .....	126
3.4	Pasaje Enríquez .....	126
3.5	Catedral del Espíritu Santo .....	127
3.6	Parroquia Nuestra Señora de la Merced .....	129
3.7	Teatro Municipal .....	129
3.8	Parque Benito Juárez .....	130
3.9	Plaza Ciani .....	131
3.10	Centro Comercial Mont. Blanc .....	131
3.11	Centro Comercial Condado Santa Maria .....	132
3.12	Parroquia San Pedro, San Marcos .....	133
4.	Formas más comunes de aplicar los metales en cualquier construcción en nuestro país .....	134
5.	Ejemplos de nuevas formas de aplicar algunos metales en otros países del mundo .....	139
5.1	Cobre .....	139
5.2	Aluminio .....	142
5.3	Hierro y Acero .....	143
5.4	Titanio .....	145
6.	Conclusiones y Recomendaciones .....	146

## **ANEXOS**

1.	Términos que definen algunos conceptos ligados con los metales .....	148
2.	Guía de entrevista usada .....	153
3.	Glosario .....	154
4.	Resumen Ejecutivo .....	156
5.	Guía de Productos .....	159

## Bibliografía

**Nota:** Los vocablos inscritos en el Glosario están colocados en orden Alfabético, y, en la lectura están inscritos con subíndice **(G)**.

# INTRODUCCIÓN

La rapidez con que se da el desarrollo, el avance de la ciencia y la tecnología obligan al avance del país aunque a paso moderado, tal vez por la costumbre, se practican las mismas tecnología Arquitectónicas constructivas. El resultado es el temor a un cambio espacial y contextual, en el medio. Por ello se deben conocer las posibilidades y desarrollar junto con la ciencia y tecnologías poco usadas en la creatividad. Esto será más fácil si se conocen los materiales de construcción que siempre han existido pero no han sido explotados como recurso material Arquitectónico. **Los Metales**, son materiales de gran belleza versatilidad para transformarse en estructuras. No solo son funcionales sino que, tienen muy bellas aplicaciones en la construcción. Por ello se tomó la decisión de dar a conocer a **Los Metales en la Construcción en Guatemala** sobre la base de sus características propias **Ornamentales y Decorativas Constructivas**, pues son elementos que abundan en la corteza terrestre y han permitido a grandes representantes de la Arquitectura del mundo crear Mega- construcciones con exactitud, libertad pero sobre todo confiabilidad y belleza, evolucionando así, el mundo de la arquitectura y el diseño.

Por lo anterior, esta tesis es un aporte aportar teórico y procura contribuir en una mínima parte al conocimiento de los metales, demostrando sus propiedades principales naturales y las posibilidades que existen de modificarlas. Al conocer sus propiedades y comportamiento aleado con otras sustancias u otros metales se pueden adecuar a las necesidades específicas. Sus características constructivas tanto estructurales como decorativas-ornamentales, se pueden mejorar por medio de las diferentes aleaciones que existen o por los diferentes mecanismos físicos-tecnológicos que se mencionan dentro de este documento.

Es importante también, la forma en que los metales han ido evolucionando o se han ido aplicando en el transcurso del tiempo en la arquitectura del mundo y, sobre todo, en este país. También influye sobre el avance que se quiere impulsar, porque a razón de lo que se ha experimentado construyendo con metales, así es la velocidad con que se podrá ver un cambio en la construcción en Guatemala. Con esto se pretende visualizar el atrevimiento de los nuevos diseños y creatividad de los Arquitectos actualmente. Mostrarán nuevas fronteras constructivas relacionadas íntimamente con el uso de **Los Metales en la Construcción Decorativa-Ornamental**. Esto puede despertar la inquietud en el diseñador y salir así de la costumbre de los mismos métodos o tecnologías de construcción.

Al pretender salir de lo tradicional se estaría generando un cambio de tecnología constructiva menos aplicada en nuestro medio y que también tiene como cualidades, seguridad, belleza y satisface las necesidades del gran desarrollo poblacional que se vive en el país, principalmente en la capital. También se explotaran más los recursos mineros, para construir más rápido, con buena calidad, atendiendo las necesidades del usuario y de los mismos empresarios que invierten en sus construcciones.

Ahora bien, se hace la aclaración que el tema que a continuación se desarrolla tiene específicamente relación con lo Ornamental y Decorativo que podría crearse con los diferentes tipos de metales tanto nobles como ferrosos. Además se hará un breve recorrido por la historia del mundo y del país. Se conocerá la celeridad con que se ha avanzado la tecnología del metal en la Decoración y Ornamentación Constructiva en otros países y esto permitirá compararla con la de Guatemala, y comprender que se debe retroalimentar el conocimiento tecnológico para que este cambio

beneficie a Guatemala y se empiece a avanzar en el ámbito arquitectónico y constructivo modernista.

Este documento cuenta con cuatro capítulos, que tratan temas diferentes pero relacionados con los metales. El primer capítulo es la historia, relacionada con las primeras apariciones de metales tanto en el mundo como en el país. Se dan a conocer lugares que fueron yacimientos de metales como el oro, plata, hierro, etc. Se incluyen algunas estadísticas de la minería actual en el país, también algunas épocas del afloramiento del hierro, al igual algunos procesos de producción de los metales en Guatemala.

En el capítulo número dos incluye las diferentes propiedades que tienen los metales en general así como sus distintas aplicaciones y técnicas de trabajo desde hace mucho tiempo en todo el mundo. También plantea la forma en que una aleación se lleva a cabo, y de las nuevas características que puede modificar. Además se ofrece una lista de aleaciones y sus cualidades modificadas.

El capítulo tres, trata las propiedades de cada metal incluido, esto será de utilidad para conocer su comportamiento o funcionalidad en una construcción arquitectónica. Además, se describe la forma de extracción, yacimientos a nivel general, proceso de fabricación, en algunos se indica donde se puede abastecer en Guatemala y se dan ejemplos de sus diferentes aplicaciones decorativas a través de los tiempos en otros países.

En último capítulo se recopila información en del país, de los departamentos de Guatemala y Quetzaltenango. Incluye la opinión de arquitectos, coadyuvaron a verificar el uso de los metales en el país, y ejemplos de aplicaciones de los metales en algunos edificios que se tomaron ya sea por tener valor histórico, su importancia pública o por ser de reciente construcción.

Se ofrecen algunos ejemplos de nuevas aplicaciones de los metales usados como decoración, en otros países del mundo y que podrían influir en la arquitectura futurista de Guatemala.

Para confirmar este documento fue necesario acudir directamente a varios lugares de información, tanto de la ciudad Capital como de Quetzaltenango, para tener conocimiento teórico de los lugares visitados, en algunos casos no existían fotografías de los edificios y se tubo que hacer presencia en el lugar para poder así obtener por cuenta propia el ejemplo que se describió dentro del documento. Con el avance de la tecnología de la computación y el Internet fue más accesible el obtener fuentes de informaciones confiables y rápidas.

# ANTECEDENTES

Los metales juegan un papel importante en la construcción de edificaciones tanto en Guatemala como en el resto del mundo. Los metales son sustancias que han existido desde siempre en la corteza terrestre y se definen como cualquier cuerpo simple que son sólidos a temperatura ordinaria, sin contar con el mercurio que es líquido, y suelen ser buenos conductores del calor y de la electricidad, los metales se obtiene de la corteza terrestre y el proceso de formación es Geológica en lugares llamados Minas.

En la facultad de arquitectura existe libros y documentos de apoyo que introducen el conocimiento de los metales en el ámbito mundial, pero, libros, tesis o documentos que nos aporten datos de las construcciones o forma de usar el metal en Guatemala, existe muy poco, y los temas que abarcan son escasos y dispersos en varios libros, por ejemplo:

- ❖ La historia de la forma en que se encontró en Guatemala las primeras minas de hierro, y cómo se comenzó a explotar el metal para LA EXPORTACION, se encuentran en: **La Producción de Hierro en el Reino de Guatemala**. Aporta datos importantes sobre el primer minero que explotó el hierro que fue Marcelo Flores de Mogollón; las primeras formas de fundir el hierro, carbón de leña y luego con carbón mineral. Aunque este libro proporciona datos importantes del hierro no menciona la forma de aplicarlo a la construcción guatemalteca ni de los otros metales utilizados en la construcción.
- ❖ Algunas tesis elaboradas en la facultad de Arquitectura de la universidad de San Carlos y otras universidades privadas, tratan el tema de MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN y

mencionan los metales a groso modo, aportan pocas referencias de forma de uso, características adecuadas para construcción en el país, historia de cada uno de los metales, quedando sin claridad el tema de la construcción con los metales.

Por esta razón, este estudio se refiere específicamente al tema de los metales utilizados en la construcción en Guatemala. Pero como el tema es demasiado extenso pues el metal no es utilizado únicamente en los cimientos de sino también en las instalaciones, el levantado de muros, columnas, detalles volumétricos, acabados constructivos y decoración, la tesis enfocará en lo ORNAMENTAL Y DECORATIVO CON LOS METALES,

## JUSTIFICACIÓN

Este tema es importante y de gran valor ya que en la facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala de este tema se tiene poco material de apoyo que despeje las dudas e inquietudes del alumnado de los tres primeros años de la carrera de arquitectura. No se encuentra información sobre la función y uso de los metales en la construcción en Guatemala, historia del metal tratado, usos en la construcción y las formas de usos de los metales en las edificaciones modernas las cuales ya no son únicamente en las instalaciones y resistencia de estructuras si no que también se pueden utilizar en las fachas y decoración de los ambientes.

Todo lo anterior es importante que lo conozcan los estudiantes de Arquitectura para formarse una idea de cómo utilizar los metales en sus diseños y crearles inquietudes de nuevas formas que podrían ser usados los metales existentes para la construcción. Por lo que este proyecto orienta la investigación sobre metales específicos las aplicaciones más comunes en Guatemala, forma de extracción, características del metal, aleaciones más comunes con otros metales para mejorar la calidad del mismo, dependiendo del uso que se le quiera dar.

## DELIMITACIÓN

- ❖ **DEL TEMA:** En este documento se tendrá la información acerca de todos los metales que están a disposición de la construcción, principalmente lo ornamental y decorativo que se pueden crear con ellos, sus características, usos más frecuentes, ilustración de construcciones ornamentales-decorativas con los metales y la nueva forma de aplicaciones. Sirve como apoyo teórico e informativo actualizado de los metales que se pueden utilizar en la construcción en Guatemala. Puede servir como sugerencias para los nuevos diseños y decoraciones de interiores y exteriores constructivas.
- ❖ **FISICA:** Se centra en la Ciudad Capital de Guatemala, ya que en ésta se tiende a usar en mayor cantidad y frecuencia el metal en las construcciones tanto en estructuras portantes como en el tema específicamente de Ornamentación y Decoración de interiores y exteriores. Por este uso más frecuente se puede innovar técnicas de uso del metal en la construcción. Es además, donde están la mayoría de los edificios más importantes de nuestro país, en la cual el desarrollo y crecimiento es más rápido, no ocurre lo mismo en el interior del país, a excepción de la ciudad de Quetzaltenango en donde también se tendrá un estudio pero en menor escala.

# OBJETIVOS

## OBJETIVOS GENERALES

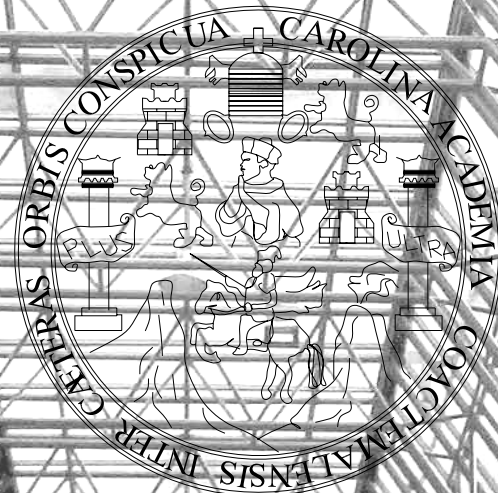
- ❖ Brindar información y conocimientos acerca de los metales más utilizados en la construcción, decoración-ornamentación, para tenerlos presentes al momento de diseñar, siendo un aporte de apoyo didáctico e informativo para la Facultad de Arquitectura.
- ❖ Despertar el interés hacia la investigación profunda, para la innovación de técnicas de utilización de los diferentes metales en nuestro medio actual.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Conocer la historia de los metales desde la época Paleolítica hasta nuestros días.
- ❖ Conocer el procedimiento de cómo obtener los metales puros y aleados.
- ❖ Fortalecer el conocimiento de los diferentes comportamientos de los metales para el uso constructivo, decorativo y ornamental.
- ❖ Ampliar los conocimientos acerca de los metales con respecto a propiedades, aplicaciones, funcionalidad y nuevas técnicas de uso.
- ❖ Demostrar las cualidades de los metales, para que con esta información, se puedan despertar inquietudes y nuevos diseños del uso del metal.
- ❖ Investigar las nuevas tendencias de aplicaciones de los metales ya no solo en armaduras y refuerzos si no que también en la decoración de fachadas e interiores de ambientes.
- ❖ Recopilar e ilustrar la información por medio de visitas de campo en la Ciudad Capital y Quetzaltenango.

**CAPÍTULO I**

**HISTORIA DE LOS METALES A TRAVÉS  
DEL TIEMPO EN OTROS PAISES Y EN GUATEMALA**





## 1. LOS METALES EN LA HISTORIA

Las comunidades de hombres en el Paleolítico o Edad de Piedra, periodo histórico, o más exactamente prehistórico, el instrumental empleado estaba construido principalmente con piedra, pero también con hueso, cornamentas de cérvidos o madera. El término 'edad de piedra' abarca casi toda la existencia del hombre, puesto que comienza con los útiles más antiguos hallados por la arqueología y finaliza en algunas zonas del mundo, como Australia y Polinesia, tan sólo hace dos siglos, cuando el uso del metal (hito que marca el final de la edad de piedra) fue difundido por los europeos. Se caracterizaban por reconocer a la naturaleza como su medio de supervivencia, utilizándola, pero sin someterla a grandes transformaciones. En el Neolítico se produce un cambio en esta forma de vida. Junto con la domesticación de animales aparece la agricultura, la cual es la base para la vida sedentaria, ya que al sembrar, la comunidad tenía que esperar la cosecha. En esta espera se producen espacios de ocio, lo que condujo a la observación del mundo que los rodeaba y al descubrimiento y utilización de elementos que la naturaleza entregaba. Junto con esto, el hombre comienza a dominar y a transformar estos elementos y es éste, precisamente, el factor que marca la diferencia entre las dos épocas.

Estos hombres, de acuerdo a los deshielos, se fueron estableciendo en diferentes lugares, lo que explica la diversidad de evoluciones a lo largo del globo. Cerca del 2000 a.c. los fenicios dominaban el mediterráneo, comercializando con oriente y con parte de la naciente Europa. El imperio hitita se ubicaba en la península de Anatolia. Nombramos a estos dos pueblos por la importancia que tuvieron al dar a Europa las herramientas necesarias para emprender una revolución cultural que marcaría su propia identidad. Estos pueblos hicieron posible que Europa conociera el uso del metal y con esto dar un gran paso. La edad de piedra, que precede a la edad del bronce y a la edad del hierro, fue posteriormente subdividida por el naturalista y político británico John

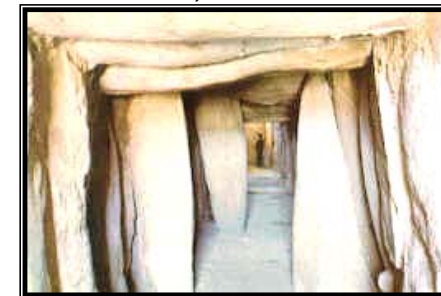
Lubbock en distintas fases. En 1865 acuñó los términos 'paleolítico'<sup>1</sup> (del griego paleo, 'antiguo', y lithos, 'piedra') y 'neolítico' (de neo, 'nuevo') para definir los periodos de piedra tallada y pulimentada respectivamente.

**La Edad de Bronce** define un periodo prehistórico iniciado en el V milenio a.c. en Asia menor, desde dónde se extendió hasta el resto del continente, Europa y Egipto. La metalurgia del bronce coincide con el desarrollo de una sociedad cada vez más estratificada basada fundamentalmente en poblados agrícolas.

El bronce aparece alrededor del año 3500 en Mesopotamia como resultado de la aleación entre el cobre y el estaño. Con la aparición de esta nueva técnica aparece también un afán por la búsqueda de estaño, lo que origina la llegada de los pueblos mediterráneos alrededor del año 2000 al noroeste de la Península Ibérica.

Estas gentes debieron de llegar a la península en varias oleadas, trayendo consigo nuevas técnicas para el cultivo de los campos, nuevas ideas sobre la organización social y lo más importante, la metalurgia.

Las primeras oleadas llegaron en la denominada primera **edad del cobre**. Los pueblos pertenecientes a ella han dejado una importante cantidad de testimonios entre los cuales destacan sus grandes monumentos funerarios con una característica común: el rito del enterramiento colectivo. Utilizaban distintas clases de sepulcro: el dolmen (cámara circular o poligonal.), el sepulcro de galería (de planta longitudinal) y el sepulcro de corredor (una simbiosis de los anteriores con pasillo y cámara bien diferenciados).



**Dolmen de Soto (Trigueros, Huelva)**

Una vez que llegaron a las costas mediterráneas se adentraron hacia el interior y llegaron hasta Málaga, Huelva e incluso Galicia, dónde aparecen unas cámaras rectangulares o circulares cerradas con techo que imita una cúpula falsa.

Los ajuares encontrados en los enterramientos de esta primera oleada son notablemente arcaicos. Se conservan escasos restos metalúrgicos debido a que el metal era aún poco abundante y reutilizado. A partir del año 3000 llega, también en búsqueda de cobre y estaño una nueva oleada que establece su asentamiento en el sureste de la península. Construye poderosos recintos con doble y triple muralla, entre los cuales el de los Millares (Almería), datado gracias al empleo de Carbono 14 hacia el 2340. Este pueblo es el mejor conocido. Sus característicos poblados amurallados tienen una amplia difusión por el interior. De los Millares poseemos objetos de cobre, hachas planas, puñales de hoja corta y vasos campaniformes de alabastro<sup>(6)</sup>.

Aún se puede distinguir un tercer grupo que viene a asentarse en los espacios no denominados por las otras dos culturas: el que se conoce por el nombre de una de sus manifestaciones más típicas, el vaso campaniforme. Poseía dos núcleos diferenciados: el campaniforme marítimo o internacional y el local o clásico, que surgió en Carmona, Sevilla y culmina en las piezas de Ciempozuelos, Madrid. Las gentes del vaso campaniforme ocupaban principalmente las zonas montañosas como pastores, metalúrgicos o mercaderes trashumantes, por lo que no tenían poblados fijos. Sus enterramientos siempre son individuales (a lo sumo familiares) y aislados. Parece probable que los primeros pobladores peninsulares fueran los pitecántropos, desarrollados en un clima cálido, interglaciar, entre gramíneas, bosques de pinos y robles. Al paleolítico inferior pertenecen culturas de influencia africana. Los grupos humanos seguían el curso de los ríos, habiéndose encontrado yacimientos líticos junto al Tajo y al Manzanares. Del Musteriense

son los restos del hombre de Neanderthal, hallados en Gibraltar y Bañolas.

Las culturas del Paleolítico Superior abarcan gran parte de la Península. El Homo Sapiens, habitante entonces, desarrolló una técnica más precisa en el trabajo de la piedra; con ella introdujo multitud de tallas; el uso de arpones, flechas y anzuelos aumentó su destreza cinegética. De este periodo es el arte rupestre: naturalista en la provincia cántabra y expresionista en la levantino-española.

Del Neolítico, las cerámicas, desconocidas en el Paleolítico, junto con útiles de piedra pulimentada, asta, madera y hueso, ayudan a reconstruir las culturas llegadas a la Península Ibérica de origen oriental y, por ello, localizables en costas mediterráneas, principalmente en Almería, centro difusor de la agricultura y la ganadería neolíticas, así como de la religión megalítica. Hay que destacar el poblado de los Millares como muestra del sedentarismo agrícola. Es posible que también del foco andaluz proceda el vaso campaniforme. Entre el 1900 y el 1600 a.C. arraiga la metalurgia del bronce; su cultura principal es la del Argar (Almería). En Baleares, la cultura de los Talaiots, se manifestó con unos exclusivos monumentos megalíticos llamados taulas y navetas.

Sucede al Paleolítico un periodo difícil y de tanteos que conduce a uno de los giros decisivos de la historia de la humanidad: la aparición de la sociedad neolítica, que es muy importante por el hecho de que el hombre pasa de ser un depredador de la naturaleza a convertirse en su colaborador y, si se quiere, en denominador de ella. La necesidad de una intensa recolección permitió captar el proceso de reproducción de las plantas y hacerse cargo del que podría intervenir en sus ciclos y estimularlos. Era el nacimiento de la agricultura. Los grupos humanos se sedentarizarán y cohesionarán para atender a las nuevas ocupaciones de la agricultura y la ganadería, se

establecen en las comunidades cada vez más numerosas y surgen poblados con los que comienzan los esquemas que llevarían a una sociedad urbana. Las asociaciones se complican, aparecen oficios diferenciados y se ponen las bases de la estructuración social en función de la capacidad y de la importancia del oficio que se ejerce. Surgen líderes capaces de regular y coordinar a los demás en el trabajo o en la defensa de los bienes acumulados, frente a peligros exteriores. Progresan rápidamente las técnicas y el utillaje<sub>(G)</sub> para atender a las nuevas ocupaciones. Por otra parte el hombre dispondrá de ratos de ocio que le permitirán profundizar en sus ideas y desarrollar su espiritualidad.

El paleolítico, que constituye casi el 99% del registro arqueológico mundial, fue subdividido en tres grandes fases sucesivas: paleolítico inferior, medio y superior.

**El paleolítico inferior** cubre un vasto periodo que se inicia con los primeros útiles líticos reconocibles hallados en yacimientos de Etiopía, fechados hace unos 2,5 millones de años. No obstante, los primeros seres humanos debieron haber usado útiles mucho antes de esa fecha. Los que fueron fabricados con materiales orgánicos se han desintegrado y los de piedra sin trabajar son irreconocibles como instrumentos. Los útiles tallados a partir de piedras son los únicos que permiten ser reconocidos como tales. Los instrumentos líticos más simples reciben el nombre de choppers (cantos trabajados monofaciales) y chopping tools (cantos bifaciales) que constituyen la denominada cultura de los cantos trabajados, propia del Homo habilis. Fueron tallados mediante percutores con la intencionalidad de crear una serie de útiles rudimentarios apuntados o con filos por una sola cara, empleados para cortar, perforar o raer<sub>(G)</sub>. A veces se denominan instrumentos olduvainenses, por los hallazgos de la garganta de Olduvai (Tanzania), donde se han descubierto numerosos restos de presencia humana que constituyen los testimonios de la tecnología más antigua y duradera de la humanidad, ya que permanecieron en uso durante millones de años. El filo de un útil de sílex<sub>(G)</sub> o cuarzo es extremadamente cortante; se puede romper o embotar, pero a su vez puede ser retallado o

simplemente desechado para reemplazarlo fácilmente por otro instrumento, dada la disponibilidad de piedra apropiada. El siguiente paso fue el tallado de bifaces, trabajando bloques seleccionados de piedra por ambas caras hasta darle la forma deseada, en ocasiones muy sofisticada, como la del bifaz simétrico y piriforme, encontrado en grandes cantidades en el Viejo Mundo, que fue probablemente un instrumento multiusos (presentaba un largo filo puntiagudo y cortante y un extremo engrosado a modo de cabeza de martillo). Estos bifaces hicieron su aparición durante la existencia del Homo erectus (antepasado directo del Homo sapiens), del que se han encontrado restos desde el sur de África hasta el Sureste asiático y que abarca un periodo iniciado hace 1,8 millones de años y que se extendió hasta hace unos pocos centenares de miles de años. Los bifaces debieron ser, por tanto, unos útiles prácticos y eficientes. **El achelense constituyó una de las etapas más importantes del paleolítico inferior**, aunque no fue una etapa uniforme. Recibió tal nombre del yacimiento de Saint-Acheul (norte de Francia), caracterizado por la presencia de bifaces, hendedores y triedros. La denominada técnica levallois supuso un notable avance; apareció en diferentes lugares y fechas durante este periodo, probablemente de forma espontánea y no por aculturación. Se denominó así por el yacimiento homónimo localizado en Francia. Esta técnica consistía en trabajar un núcleo de sílex<sub>(G)</sub> de grano fino, de tal forma que se obtuvieran fragmentos denominados lascas, grandes, planas y con filos cortantes, de tamaños y formas preconcebidas; pero fue en el paleolítico medio cuando alcanzó su máximo desarrollo. El paleolítico inferior comenzó en Europa a inicios del cuaternario y finalizó con la aparición del hombre de Neandertal hace 120.000 años.

Respecto de los hallazgos relativos al paleolítico inferior en lo que es en la actualidad España sobresale el yacimiento del Aculadero (Puerto de Santa María, Cádiz). Todos los indicios señalan que la

industria hallada en tal lugar corresponde a la cultura de los cantos tallados. Se calcula que tiene unos 700.000 años de antigüedad. Este yacimiento muestra que existieron grupos humanos que fueron asentándose en la península Ibérica y dirigiéndose hacia el norte. Otra importante zona de ocupación humana es la zona del Guadalquivir y las depresiones (hoyas) de Guadix y de Baza (Granada), en especial el yacimiento de Venta Micena, situado en las proximidades de Cúllar-Baza, donde aparecieron los polémicos restos del que se creyó, hasta 1997, hombre de Orce (en realidad, un équido). Otro yacimiento fundamental del paleolítico inferior español es Atapuerca (Burgos), donde se han hallado numerosos restos, investigados en la actualidad.

**El paleolítico medio** es un periodo mal definido que comenzó en distintas fechas según las zonas. Está identificado con el llamado tecnocomplejo musteriense (nombre derivado del abrigo rocoso de Le Moustier, al suroeste de Francia), que se extendió desde hace 180.000 hasta hace 40.000 años, y coincidió ampliamente con la presencia de los neandertales. El musteriense se caracterizó por el desarrollo y perfeccionamiento de los útiles ya conocidos, los cuales redujeron su tamaño, y la fabricación de objetos sobre lascas: puntas, raederas y bifaces. Este periodo es denominado en África edad media de piedra y abarca desde hace 150.000 años hasta hace 30.000 años. En ese continente no se han localizado bifaces pero sí se han encontrado ensamblados diversos útiles de pequeño tamaño, denominados microlitos. Algunos de estos ensamblajes están asociados a restos humanos anatómicamente modernos.

En el caso español, el paleolítico medio estuvo igualmente caracterizado por su asociación a la presencia del hombre de Neandertal, aunque hoy día se rechaza la absoluta identificación del musteriense con esta especie. Junto al instrumental lítico, aparecen objetos óseos. El número de yacimientos aumenta de forma muy considerable; existen al aire libre y en cuevas, entre las que destaca la cueva de Morín (Cantabria).

**El paleolítico superior** europeo corresponde ya a la presencia del hombre moderno y está asociado a una amplia variedad de útiles de piedra, hueso, cornamenta y marfil, incluidos propulsores, arpones y agujas. El utillaje<sub>(G)</sub> lítico de este periodo comprende una extensa variedad de instrumentos muy especializados (leznas, raspadores, grabadores) realizados principalmente sobre hojas y láminas (esto es, lascas largas, estrechas, delgadas y con filos paralelos, extraídas probablemente de un nódulo golpeado con un punzón y percutor, más que de forma directa con un martillo). El paleolítico superior en Europa está dividido en tres grandes etapas: **el auriñaciense y perigordiense; el solutrense y el magdalenense**. En España se observan diferencias entre la región cantábrica y la zona levantina. Algunas fases están asociadas a magníficos ejemplares de útiles líticos. En el sur de Europa, durante el solutrense, se fabricaron puntas planas y delgadas en forma de hoja, trabajadas por ambas caras. En el hemisferio norte, el paleolítico superior acabó hace unos 10.500 años con el fin de la glaciación. En África este periodo recibe el nombre de edad de la piedra final y se extendió hasta la edad del hierro (pocos siglos antes o después de Cristo, según las diversas zonas) o incluso hasta tiempos históricos, incorporándose de este modo a lo que en el Viejo Mundo se denomina neolítico. En América, la etapa más antigua de presencia humana es llamada periodo paleoindio, que comenzó hace 15.000 años (algunos autores remontan su inicio hasta hace unos 50.000) y concluyó hacia el 5000 a.C. aproximadamente. Está caracterizado por una serie de puntas cuidadosamente talladas en piedra como las puntas Clovis y Folsom en el norte y las puntas de cola de pez en el sur.

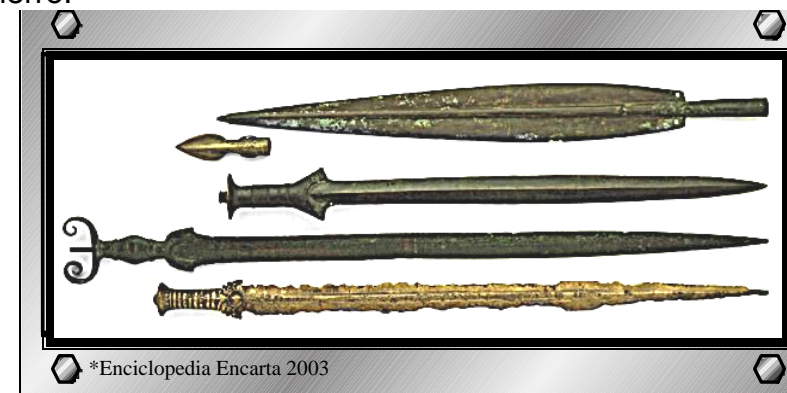
Un hecho destacado es que la perdurabilidad del utillaje<sub>(G)</sub> lítico en el paleolítico es muy engañosa. Llega hasta nosotros gracias a su naturaleza pétreo y su abundancia no refleja necesariamente su importancia. Se han llevado a cabo estudios de cómo y por qué los pueblos primitivos actuales emplean los útiles líticos, además de análisis microscópicos que han permitido comparar modos de utilización y las huellas de uso en el utillaje<sub>(G)</sub> prehistórico con los

actuales, utilizados para funciones específicas con y sobre diversos materiales. Todas estas investigaciones han sugerido que muchos de estos instrumentos fueron utilizados para obtener y trabajar materiales orgánicos y que el empleo de la madera fue de enorme importancia en el utillaje<sub>(G)</sub> paleolítico. Han pervivido hasta nuestros días pocos objetos de madera correspondientes al paleolítico inferior y medio, como es el caso de un par de puntas de lanza y un receptáculo en Europa y una delgada placa cuidadosamente fabricada, en Japón.

### 1.1 EDAD DE BRONCE.

Periodo histórico en el desarrollo de cualquier cultura humana anterior a la introducción del hierro y en la cual la mayor parte de los utensilios y armas se fabricaban en bronce. Cronológicamente el término tiene un valor estrictamente local, ya que el bronce se comenzó a usar, y sería posteriormente sustituido por el hierro, en distintas épocas en diferentes lugares del mundo. Por lo general le precede una edad del cobre. Los descubrimientos arqueológicos desde 1960 han hecho dar un vuelco a las teorías tradicionales relativas al origen de la tecnología del bronce. Se había pensado que el uso del bronce había tenido su origen en el Próximo Oriente, pero descubrimientos cercanos a Bang Chieng (Tailandia) muestran que la tecnología de dicho metal era conocida allí hacia el 4500 a.C., unos centenares de años antes del empleo del bronce en el Próximo Oriente. Se han encontrado objetos de bronce en Asia Menor que se fechan antes del 3000 a.C. Al principio esta aleación fue usada de forma limitada, principalmente para objetos decorativos. El estaño necesario para su fabricación no era abundante en la región, pero la importación regular de este material desde Cornualles en Inglaterra durante el II milenio a.C., hizo posible un uso más amplio del bronce en el Oriente Próximo y finalmente fue utilizado para utillaje<sub>(G)</sub> y armamento. El cobre natural se empleaba ya en útiles diversos y ornamentos en fecha tan temprana como el 10000 a.C. Posteriores descubrimientos en Rudna Glavna, en la actual Serbia, han mostrado que el cobre se usaba allí desde el 4000 a.C., aunque el bronce no

era conocido todavía en esa época. Hacia el 3000 a.C. se comenzó a utilizar el bronce en Grecia. En China, la edad del bronce no comenzó hasta el 1800 a.C. Las culturas precolombinas de América no conocieron la tecnología del bronce hasta el 1000 d.C. aproximadamente. Las principales culturas de la península Ibérica del cobre y del bronce, respectivamente, fueron la de Los Millares y la de El Argar. La edad del bronce en el Oriente Próximo y en el Mediterráneo oriental ha sido dividida en tres etapas: inicial, media y última. La inicial está caracterizada por el incremento del uso del metal, que pasa de ser esporádico a común. Fue el periodo de la civilización sumeria y el encumbramiento de Acad hasta su predominio en Mesopotamia; también generó los espectaculares tesoros de Troya. Babilonia alcanzó su cumbre durante el bronce medio. La Creta minoica y la Grecia micénica fueron las grandes civilizaciones del bronce último. La edad del bronce acabó en esa zona hacia el 1200 a.C., fecha tras la cual se generalizó la tecnología del hierro.



\*Enciclopedia Encarta 2003

#### Armas de la edad del bronce

Entre las armas de la edad del bronce se encuentran delgadas puntas de lanza, espadas y cuchillos. Las que se muestran aquí provienen de Europa. La espada que aparece en la parte inferior de

este grupo procede de Dinamarca y ha sido limpiada para que recupere su color original.

## 1.2 EDAD DE HIERRO

Periodo histórico durante el cual el hierro reemplazó al bronce como material de fabricación de instrumentos y armas. La primera área geográfica en la que se trabajó el hierro de forma predominante fue Oriente Próximo y ello tuvo lugar hacia el siglo XIII a.C. El término edad del hierro hace referencia en Europa al periodo comprendido entre el final de la edad del bronce (c. 700 a.C.) y la expansión del Imperio romano (27 a.C.-68 d.C.), esto es, la última fase de la prehistoria europea antes de que la cultura romana trajera la alfabetización e impusiera una forma de vida radicalmente nueva. Desde este punto de vista, la edad del hierro continuó en aquellas zonas de Europa a las que las legiones romanas nunca llegaron (como Escandinavia, Alemania central o las zonas más remotas de Gran Bretaña) durante todo el Imperio romano. La edad del hierro comenzó en China hacia el 600 a.C.; en el África subsahariana hacia el 500-400 a.C., y en el sur de África hacia el 200 d.C.

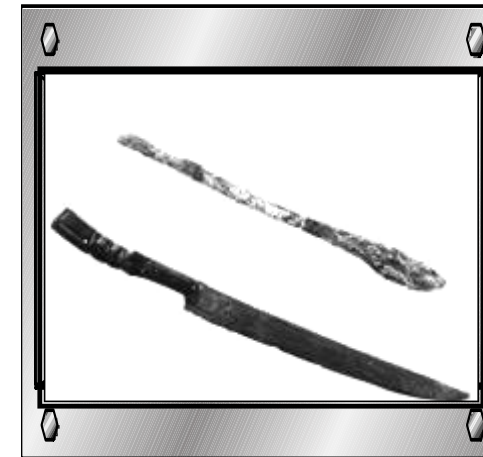
### 1.2.1 EL TRABAJO DEL HIERRO

La mayor ventaja del hierro sobre el bronce residía en el hecho de que los filones para extraer el mineral eran mucho más abundantes y por tanto más económicos en comparación con el bronce. No era necesaria aleación alguna y constituía un material admirable para la fabricación de sierras, hachas, azuelas y clavos. Era, sin embargo, mucho más difícil de trabajar y nunca se logró obtener una temperatura suficientemente elevada durante los tiempos prehistóricos para fundir el hierro en molde, excepto en China. La ganga era simplemente calentada en un horno; se separaba el hierro de la escoria; se recalentaba el hierro, convertido en un solo bloque, y, por último, se trabajaba el metal mediante el uso del martillo para darle la forma requerida. Incluso se fabricaron afiladas navajas de

afeitar con filos cortantes. Como todo el proceso difería radicalmente de la manufactura de los objetos de cobre o de bronce, no es sorprendente que el trabajo del hierro no fuera una evolución directa del trabajo del bronce. Este último fue empleado principalmente para elementos de adorno personal, como alfileres o espejos, una vez que el hierro había sido adoptado para los instrumentos de trabajo y el armamento. El oro y la plata continuaron siendo materiales prestigiosos, empleados para hacer, por ejemplo, torques (pesados brazaletes que llevaban los guerreros célticos).

### 1.2.2 EUROPA

Daga y punta de lanza de hierro El hierro llegó a Europa hacia el 1000 a.C. Posibilitó la fabricación de armas más resistentes y duraderas (como las que aparecen en esta fotografía) que las construidas con bronce.



\*Enciclopedia Encarta 2003

El hierro parece haber sido usado ampliamente y por vez primera en Oriente Próximo por los hititas entre el 2000 y el 1500 a.C. y se difundió desde allí a Europa, al sur de Asia y a África del Norte. El hierro aparece de forma esporádica en los grupos de los Campos de

Urnas de finales de la edad del bronce en Centroeuropa, pero la primera auténtica cultura en Europa perteneciente a la edad del hierro es la cultura de Hallstatt (c. 1200-600 a.C.), llamada así por el nombre de un yacimiento localizado en los Alpes austriacos en el que se han excavado unas 2.500 tumbas. La segunda es La Tène (c. 450-58 a.C.), que recibe su nombre de otro yacimiento situado a orillas del lago de Neuchatel, en Suiza, y donde se han recuperado abundantes objetos metálicos. Los hallazgos en Hallstatt se fechan desde los inicios de la edad del hierro, entre el 700 y el 500 a.C.

Los enterramientos reflejan la extraordinaria riqueza de estos grupos, ya que los muertos están acompañados por armas, entre las que se incluyen espadas de hierro y de bronce, dagas, hachas y cascos; cuencos<sub>(6)</sub> de bronce, calderos y tazas; vasos de cerámica; ornamentos de bronce, hierro y oro, y cuentas de ámbar y de cristal. Los habitantes de Hallstatt formaban parte de una red comercial que englobaba todo el centro de Europa y alcanzaba hasta el mar Báltico y el Mediterráneo. Su riqueza se basaba en la sal, que extraían de las montañas próximas al poblado. Los mineros de sal han encontrado en los últimos siglos numerosas huellas de esa actividad en la prehistoria, entre las que se incluyen galerías apuntaladas con vigas de madera, y una gama de restos orgánicos conservados por la propia sal. Aparecen entre estos, restos de instrumentos de minería, tales como picos, palas y mazos; antorchas, que se emplearon para iluminar los oscuros pasillos que en ocasiones llegaban a tener 330 m de profundidad; fardos, fabricados con pieles con un armazón de madera, que los mineros usaron para acarrear bloques de sal hasta la boca de la mina; y ropas realizadas con pieles.

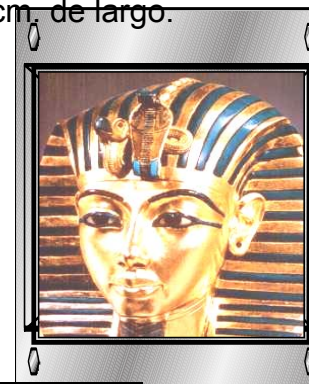
La cultura hallstática se caracteriza no sólo por las largas espadas de hierro y jaeces de caballos, sino también por ricos enterramientos principescos bajo grandes túmulos. Una de las tumbas mejor conocidas es la de Vix, al este de Francia, consistente en un enterramiento femenino, fechado en el siglo VI a.C., y que tenía un ajuar compuesto por un carramato desmontado de cuatro ruedas y una enorme crátera (recipiente para mezclar vino con agua) realizada

en bronce y de manufactura griega, lo que indica que existían unas relaciones comerciales directas entre Europa y las recién fundadas colonias griegas en el Mediterráneo occidental. Los ocupantes de la Europa de la edad del hierro pueden ser considerados como celtas. Parece que la aristocracia céltica importó del Mediterráneo numerosos objetos de prestigio, tales como vino, tejidos ricos y bronceos etruscos. En el caso de la península Ibérica, destaca la zona andaluza, que recibió la influencia fenicia desde el siglo VIII a.C. Fenómeno muy parecido al que se da en la costa levantina, también influida por la cultura de los Campos de Urnas. Pero son la cultura de los castros y la celtibérica las más destacadas manifestaciones de la edad del hierro que tuvieron lugar en lo que actualmente es España. La cremación fue en la península Ibérica el rito funerario más común. El periodo acaba en ella con la expansión cartaginesa y la definitiva conquista romana.

También se utilizaron otros metales en la antigüedad y no solo en Europa si no que también en otros lugares y estos se describen a continuación:

### 1.3 EL ORO EN LA ANTIGUEDAD

Máscara funeraria de Tut Anj Amón: La máscara del faraón egipcio Tut Anj Amón, que data de alrededor del 1325 a.C., está realizada en oro con incrustaciones de lapislázuli y cornalina. Procede del sarcófago donde se encontraba la momia, dentro de la tumba del faraón. Mide 54 cm. de largo.



Mascara funeraria  
De tut Anj Amón

Los objetos de oro más antiguos son las cuentas halladas en tumbas prehistóricas en Egipto, probablemente anteriores al sexto milenio a.C. El oro abundaba en las zonas del desierto egipcio situadas entre la franja de tierra cultivada, sobre la margen oriental del Nilo, y el mar Rojo, así como en Nubia, al sur de Egipto. Gracias a las excavaciones arqueológicas realizadas en diferentes zonas durante los últimos 200 años, se tiene un conocimiento bastante amplio del trabajo del oro en la civilización del antiguo Egipto a lo largo de sus 4.000 años de historia. Durante el Imperio Antiguo (c. 2755-c. 2255 a.C.) el oro estaba reservado para uso de los faraones y en periodos posteriores para la nobleza y los sacerdotes. Se utilizaba en joyería —diademas, grandes pectorales, anillos, pendientes y brazaletes— y en objetos funerarios especiales que incluían los mencionados en joyería así como protectores para los dedos de las manos y los pies y sandalias ceremoniales. También se utilizaba para decorar las insignias del poder real —mayal, cetro y trono— y para vasos y armas de uso personal, como las dagas. El sarcófago de oro macizo (1360 a.C., Museo de El Cairo), descubierto en 1922 en la tumba del faraón Tut Anj Amón, que pesa 1.128,5 kg, demuestra la abundancia de oro durante la XVIII Dinastía. Los romanos que entraron en contacto con Egipto durante el reinado de Cleopatra en el siglo I a.C. quedaron asombrados por su riqueza. En ese tiempo se hacían en Alejandría grandes cantidades de objetos y adornos de oro, además de abundantes artículos de lujo. Cuando Egipto se convirtió en una provincia romana, la orfebrería y otros oficios afines llegaron a través de la inmigración a Roma y, más especialmente, a Pompeya.

La utilización del oro en las antiguas civilizaciones mesopotámicas de Sumeria, Babilonia y Asiria, y más adelante en las de Siria y Persia (actual Irán), así como en Anatolia y Grecia, igualó a la desarrollada en Egipto, aunque cada cultura presenta un estilo artístico característico. También poseían oro los grandes jefes de las tribus nómadas escitas que recorrían los territorios comprendidos entre la cuenca del bajo Danubio, en Europa, hasta el Kazajstán oriental, en Asia central. A través de los contactos comerciales con

pueblos sedentarios del sur obtenían grandes cantidades de adornos de oro y objetos personales como vasos y puñales.

### 1.3.1 EL ORO EN EUROPA

Las restricciones en el uso del oro que existieron en la antigüedad continuaron durante los imperio Romano y Bizantino, así como en los reinos europeos subsiguientes. Las mismas restricciones se extendieron a las colonias y asentamientos europeos que luego se convertirían en los estados soberanos modernos del norte y del sur de América, Suráfrica y Australia. Aún hoy, el oro se reserva para objetos religiosos y símbolos de poder estatal (sobre todo coronas, cetros y sellos), para anillos de matrimonio, joyería personal y para premios y trofeos.

El oro sigue imponiendo un respeto profundo, casi reverencial. La utilización de este material para hacer el gran salero de oro esmaltado (1540, Museo de Viena) que realizó Benvenuto Cellini para Francisco I de Francia, no se consideró como una escandalosa extravagancia, ya que en aquella época la sal era todavía considerada como un producto precioso, de importancia casi mística. En los casos en los que la fabricación en oro de una pieza hubiera resultado poco práctica —por ejemplo en las copas, que serían demasiado pesadas y se rayarían o abollarían con gran facilidad— fue muy común en Europa durante muchos siglos que se doraran vasijas de plata. Sin embargo, algunos reyes, príncipes y dirigentes religiosos y civiles todavía usan objetos de oro puro, como copas y cálices, en las grandes ceremonias.

### 1.3.2 EL ORO EN ÁFRICA Y EL NUEVO MUNDO

En los reinos del litoral de África Occidental, con los que entraron en contacto los exploradores portugueses en el siglo XV, había restricciones similares. El oro estaba reservado para los jefes y nobles, no tanto por razones de vanidad u orgullo, sino para que la



atracción y los poderes místicos del oro estuvieran al alcance sólo de un determinado individuo o de una casta.

Los conquistadores españoles que llegaron a las Antillas, México y al imperio inca de América del Sur, movidos por el deseo de encontrar los lugares míticos en donde se aseguraba que abundaba el oro, tomaron cuanto les fue posible en forma de objetos relativamente pequeños que estaban hechos de oro aluvial.

En los primeros años posteriores a la invasión española se extrajeron cantidades considerables de los placeres del Nuevo Mundo pero, al cabo de dos décadas, el metal que tanto codiciaban estaba prácticamente agotado y no les quedó más remedio que extraerlo de las minas, lo que indujo a la creación de las llamadas 'encomiendas de indios' a los que se hacía trabajar en la extracción y la explotación de otro metal muy abundante: la plata.

En términos generales, el oro en el mundo prehispánico tenía un valor simbólico y estaba destinado a la producción de joyas, máscaras, algunos objetos rituales y recipientes para el uso de los sacerdotes, reyes y grandes guerreros; no estaba al alcance de las mayorías, pero tampoco despertaba un afán incontenible de poseerlo, puesto que estaba asumido que pertenecía al ámbito del poder y de la religión.

El maestro del renacimiento alemán Alberto Dürero, que vio el oro y los tesoros llegados del Nuevo Mundo durante su estancia en Amberes en 1521, quedó sorprendido ante las formas inusuales y el arte con los que estaba trabajado el oro, y dejó constancia de la admiración que le producía la belleza de aquellos objetos, aun cuando el lenguaje artístico era radicalmente diferente al del arte europeo.

### 1.3.3 EL ORO EN CHINA

El oro, posiblemente proveniente de pepitas de oro de la región, se utilizó en pequeñas cantidades —sobre todo para labores de taracea— a finales de la dinastía Zhou (1122-221 a.C.). Sin embargo, al iniciarse los contactos con Occidente, entraron en China grandes cantidades de oro y plata que fueron trabajados con el refinamiento

oriental característico. Los mercaderes de seda de comienzos de la dinastía Han (206 a.C.-220 d.C.) exigían el pago en oro a los intermediarios que abastecían al comercio romano de artículos de lujo. La orfebrería de la dinastía Han es especialmente exquisita; utilizaba la granulación, aprendida de los modelos europeos, y realizaba objetos con el método de colado a la cera perdida que se usaba en China para trabajar el bronce hacía ya mucho tiempo. Los objetos más característicos del periodo Ming (1368-1644 d.C.) son los adornos para el pelo y las tiaras de delicado calado, que solían estar decorados con filigrana y joyas sostenidas por hilos de oro que se agitaban con cada movimiento de la persona que los usaba.

## 1.4 LA PLATA EN LA ANTIGUEDAD

En apariencia, la extracción deliberada de la plata a partir del plomo se desarrolló a finales del tercer milenio a.C. En las tumbas reales de Ur se han encontrado objetos de plata que contenían diferentes proporciones de plomo, trabajados con las mismas técnicas utilizadas para el oro y el cobre. Entre los sumerios y las civilizaciones que les sucedieron en Oriente Próximo la plata se hallaba restringida a los mismos usos y clases sociales que el oro. Sin embargo, durante el segundo milenio, los sacerdotes del templo adjudicaron su uso a algunos mercaderes para poder comprar grandes cantidades de cobre en el extranjero, y las pequeñas piezas de plata con un peso determinado pasaron a tener un valor fijo. La etapa final de este proceso fue la acuñación de monedas. La plata continuó siendo un material de uso restringido hasta la última época de la República romana (hacia el 27 a.C.), cuando la gran cantidad de este material que había en Roma lo convirtió en vehículo de comercio, riqueza y ostentación. En la época del Imperio romano muchas clases sociales, incluidos los esclavos liberados que habían hecho dinero, poseían vasos, cucharas, jarras para el vino e incluso mesas y bañeras de plata maciza, que presentaban una elaborada ornamentación con repujado y colado.

### 1.4.1 LA PLATA EN EUROPA

Tetera y soporte de plata En el siglo XVIII las vajillas de plata eran muy apreciadas en Occidente. Esta tetera y soporte fueron diseñados por el platero londinense Hester Bateman en 1790. La forma simple y elegante, el diseño acanalado y la decoración neoclásica son característicos de la platería del siglo XVIII. El asa<sub>(G)</sub> es de madera.

Tetera de plata



\*Enciclopedia Encarta 2003

A principios de la edad media había muy pocas existencias de plata en Europa, aunque en muchos reinos se acuñaban monedas de plata y en el ámbito eclesiástico era frecuente que los cálices, las cubiertas de las Biblias y otros objetos litúrgicos se realizaran en este metal. En esa época, la mayor parte de este mineral provenía de las minas de Austria y Alemania, pero en 1550 las existencias aumentaron gracias a la plata que llegaba de las minas de los virreinos españoles de América. Por este motivo, durante este periodo España destaca, de forma notable, en el arte de la orfebrería y se realizaron sobre todo custodias monumentales de plata, como la de la catedral de Toledo. Se utilizaron grandes cantidades de plata para la acuñación de monedas y más tarde para uso privado, como fondos de reserva o en una gran variedad de utensilios de uso doméstico. Las cucharas de plata o las vasijas de madera con borde de plata eran objetos comunes que muchos poseían, pero las personas acaudaladas hacían ostentación de sus riquezas con saleros, bandejas, platos, copas y elaboradas jarras con tapa, todo ello en plata. En la Europa del siglo XVII las vajillas de este metal adquirieron gran prestigio y durante un breve periodo a finales del siglo las lámparas, las bañeras y los muebles de plata tuvieron tal éxito que comenzó a escasear. En algunas zonas de América, como México, Perú y Ecuador, la plata era muy abundante, y se realizaron

preciosas piezas dentro del espíritu barroco. A partir de entonces se restringió su uso a los utensilios de comer y beber. En el siglo XIX gozaron de gran popularidad los objetos de plata, tales como soperas, juegos de té y café, candelabros y centros de mesa. En la actualidad estos utensilios tienden a estar hechos con sustitutos de la plata, como el acero inoxidable, o con metales no preciosos bañados en plata, ya que casi toda la que se extrae se destina a procesos industriales. Durante siglos los artistas europeos también la utilizaron para realizar estatuas religiosas y profanas, figuras y ornamentaciones. Hoy día un número creciente de plateros vuelve a emplearla en sus obras.

#### 1.4.2 LA PLATA EN CHINA

En Extremo Oriente, durante la dinastía Tang (618-907) en China y, de nuevo, como resultado del contacto ininterrumpido con Occidente durante el siglo XVI, se vendieron productos comerciales a cambio de lingotes o monedas europeas. Estos metales preciosos se utilizaron en la elaboración de numerosos objetos, en particular los vasos, vasijas y fuentes de plata de la dinastía Tang que estaban trabajados con diseños grabados y pan de oro de extraordinaria belleza.

#### 1.5 EL BRONCE EN LA ANTIGUEDAD

Tanto en Europa como en Oriente Próximo el bronce se utilizó sobre todo para hacer armas y herramientas cortantes —espadas, lanzas, puntas de flechas, escudos, azuelas y hachas— aunque también se utilizaba para cuencos<sub>(G)</sub> y calderos. Durante el primer milenio, el bronce fue especialmente apreciado en Grecia y, más tarde, en Roma, para producir mobiliario y objetos elegantes, como trípodes, armazones de camas y mesas, pequeñas lámparas de aceite y altos pies de lámpara, que se decoraban con elaborados motivos en relieve de animales u hojas.

### 1.5.1 EL BRONCE EN CHINA

En China, el bronce se usaba para hacer campanas, espejos y vasijas con gran variedad de formas establecidas para las diferentes funciones dentro del ritual religioso, así como para hacer armas y decorar los arreos de caballos y carros. La primera edad del bronce china abarca desde mediados de la dinastía Shang (entre 1770 y 1500 a.C.) hasta finales de la dinastía Ch'in (221-206 a.C.). De dicho periodo destacan las vasijas rituales de bronce por la nobleza de sus formas y la fuerza de su decoración lineal de carácter abstracto basada en delicadas máscaras y en formas de animales míticos, como el dragón. Estas vasijas se hacían mediante vaciado en moldes cuyas caras interiores estaban decoradas con grabados incisos que luego quedaban grabados en la pieza.

### 1.5.2 EL BRONCE EN EUROPA

Puerta del Paraíso. Las puertas de bronce dorado realizadas por Lorenzo Ghiberti para el baptisterio de Florencia marcan el comienzo de una tradición italiana de trabajos en bronce que se extendió durante todo el renacimiento y parte del barroco. Ghiberti comenzó las puertas en 1403. Acabó las primeras en 1424 y las segundas, a las cuales pertenece esta escena de José en Egipto, en 1452.



\*Enciclopedia Encarta 2003

Puerta del paraíso

Después de que el hierro sustituyera al bronce para la elaboración de armas, éste continuó utilizándose en Europa como material artístico. Las estatuas de bronce griegas, así como sus vasos y recipientes para el vino —algunos de gran tamaño y dorados, muy trabajados— gozaron de gran admiración en Roma. Las tribus nómadas que acabaron poco a poco con el dominio romano en Europa (Italia incluida), también mostraron gran aprecio por el bronce, aunque lo utilizaron sobre todo para objetos como escudos y cuencos<sup>(6)</sup>, así como para hebillas y broches (que también tenían incrustaciones de piedras de colores o esmaltes opacos). El bronce continuó utilizándose para los objetos religiosos de gran tamaño, como los candelabros, pilas bautismales y arcones. Quizá la escultura de bronce más famosas del renacimiento sean la Puerta del Paraíso (1425-1452) que Lorenzo Ghiberti realizó para el baptisterio de Florencia, y que son unas puertas de bronce, de suntuosa ornamentación dorada, que contienen diez paneles rectangulares con escenas bíblicas vaciadas en altorrelieve. Muchos otros artistas del renacimiento utilizaron el bronce para el vaciado de esculturas más pequeñas, inspiradas a menudo en las obras de la antigüedad clásica, y todavía hoy día se sigue utilizando en escultura.

Durante los siglos XVIII y XIX, sobre todo en Francia, se utilizaron accesorios de bronce dorado, denominados oro molido, para acabados ricamente decorados de marcos, cajones y patas de muebles de gran calidad.

### 1.5.3 EL BRONCE EN AFRICA

Entre los siglos XIV y XVI se realizaron en Benín, Nigeria, esculturas vaciadas en bronce muy refinadas, con formas artísticas muy desarrolladas y muy diferentes a los estilos europeos.

## 1.6 EL COBRE EN LA ANTIGUEDAD

En Egipto, al igual que en el resto del mundo antiguo, el cobre fue sustituido por el bronce para la fabricación de armas y herramientas, aunque continuó utilizándose para platos, vasos y otros utensilios domésticos ligeros. Sin embargo, seguía siendo necesario como ingrediente para la obtención del bronce y, más adelante, como elemento endurecedor que se añadía, aunque en pequeñas proporciones, a la plata y al oro.

### 1.6.1 EL COBRE Y EL LATÓN EN EUROPA

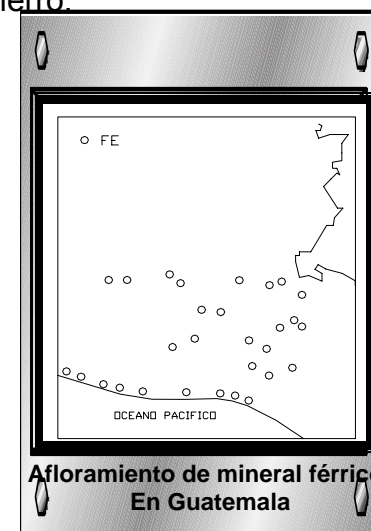
El cobre tuvo también gran importancia como base de las placas de esmalte campeado a partir de la edad media, ya que, al ser tan blando, permitía horadar con facilidad pequeñas zonas que luego se rellenaban con pastas de vidrio coloreadas. Combinándolo con el zinc se obtiene el latón. Durante la edad media, en la ciudad de Dinant (hoy en Bélgica), se fabricaban grandes platos de latón con decoración en relieve que se exportaban en considerables cantidades, aunque los Países Bajos eran los mayores productores de objetos de latón. En el este islámico el latón se utilizaba de forma parecida para grandes platos y braseros; los artesanos de esa zona que emigraron a Venecia en el siglo XV elaboraron cuencos<sub>(G)</sub>, aguamaniles, platos y candelabros de excelente manufactura y damasquinados con una elaborada decoración oriental en oro y plata. Sus métodos fueron adoptados por los artesanos venecianos, que los incorporaron a los estilos decorativos renacentistas en la segunda mitad del siglo XVI. Durante el siglo XVII los Países Bajos e Inglaterra fabricaron grandes candelabros de latón que sostenían numerosas velas, que más tarde se encontrarían en las residencias coloniales del siglo XVIII en Estados Unidos y Canadá. El uso de tiradores de latón para los cajones de muebles también estuvo muy extendido en las colonias. En el siglo XX el latón continúa siendo utilizado para accesorios como aldabas y umbrales de puertas, buzones, candelabros y atizadores para chimeneas.

## 2. LOS METALES A TRAVÉS DE LA HISTORIA EN GUATEMALA

Este estudio comprende entre finales del siglo XVII y los primeros años del siglo XIX, con la aparición del “hierro de la Tierra” en América central debe entenderse en términos del funcionamiento del mercado. En tanto que la plata Mexicana no tenía un mercado en sentido estricto puesto que por ley toda debería ser acuñada y la moneda de platas tenía una equivalencia fija con el oro que no sufrió grandes cambios en el siglo XVIII el mercado del hierro en el mismo periodo en el Reino de Guatemala tuvo una demanda creciente paralela a la expansión de las actividades agropecuarias y de la construcción, especialmente con la fundación de la Nueva Guatemala de la Asunción a partir de 1773.

### 2.1 EL PROCESO PRODUCTIVO

Como se puede ver en el mapa hay bastantes afloramientos superficiales de compuestos férricos que pueden ser utilizados en la elaboración de hierro.



Si bien no existe ninguna descripción general de cómo se trabajan las minas, la única descripción individual sugiere que estas eran abiertas sin la construcción de tiros o túneles. En esta etapa las herramientas básicas para obtener el material superficial eran almádenas<sub>(6)</sub>, (un mazo de hierro con mango largo para romper piedras). Según se iba consumiendo el material disponible sobre el “Haz de la Tierra”, por utilizar una expresión contemporánea, y se profundizaba en la roca sólida, era necesario utilizar barras de hierro que elevaban los costos por su poca resistencia, además de que aumentaba la cantidad de mano de obra necesaria.

El mineral era recludo con mazos a pedruscos cuyo tamaño oscilaba entre “una nuez y una Manzana” para iniciar el primer proceso que, en la Centroamérica del siglo XVIII, era conocido como “refogar”. Este consistía en hacer un hoyo en el suelo, usualmente redondo, haciendo en su fondo moldes para que el metal se dividiera. Se llenaba posteriormente con capas alternas de leña gruesa y menuda hasta el borde, dejando una concavidad en el centro que permitiera encender el fuego desde abajo. En caso de que la topografía lo permitiera era conveniente situar los hoyos cerca de una barranca hacer un túnel horizontal hasta el fondo de estos de forma que el viento actuara como fuelle para avivar el fuego. Se colocaba el material sobre la leña y una vez concluida esta primera etapa era conducido para su posterior tratamiento en el ingenio.

En el ingenio el proceso siguiente era el fundido del material refogado, el cual para entonces había perdido agua y materia orgánica. Los hornos eran de una vara de alto por una de circunferencia, y en el fondo se hacia una concavidad de un tercio de vara para que se concentrara el metal fundido.

El horno tenia una boca para sacar las escorias y un “alchrerebiz”- “alquiribuz “ en Centroamérica- la abertura tubular para que entrara el aire provocado por los barquines o fuelles movidos por fuerza hidráulica –“soplo” en Centroamérica- . En el horno se colocaban en capas alternas carbón vegetal y mineral, recargando este último en la pared opuesta al alquiribuz para evitar que se bloqueara la entrada de aire. Al encenderse el horno bajo la constante corriente de aire al

soplo, el hierro se fundía y concentraba en la concavidad central, de donde se tomaba ya frío.

Si tomamos en consideración que los puntos de fusión de la plata, el oro y el hierro son respectivamente 960,1063 y 1540 grados centígrados es evidente la importancia de los fuelles movidos por energía hidráulica. Si bien es un horno de contacto directo entre el combustible- en este caso carbón vegetal que produce más energía por unidad que la leña- y el metal asegura la transición de energía, la turbulencia creada por el soplo propaga el calor por convección utilizando como medio el aire, a la vez que insufla<sub>(6)</sub> oxigeno para asegurar la combustión.

En cuanto al proceso final, una vez enfriado el hierro se cortaba y después de caldearlo se sometía a un gran martillo también movido por energía hidráulica, denominada martinete. Este procedimiento lo encontramos en el ingenio de Don Gabriel de Olavarrieta- fundado en la década de 1740- y en uno de los últimos que localizamos en el periodo colonial el perteneciente la oidor jubilado don Francisco Camacho, tal y como es descrito en 1813. Hay, sin embargo, constancia de que el proceso final podía ser a través de “Tirar el metal, reduciéndolo nuevamente a su estado líquido –para lo que se requería de nuevo el soplo- y se le hacia pasar por un molde de hierro o greda con agujeros para reducirlo a “hilo”, aunque no esta claro como era el producto final.

## 2.2 LOS INICIOS DE LA EXPLOTACIÓN DE HIERRO

El primer minero del que se tiene noticia es don Marcelo Flores de Mogollón, el que según una probanza de 1674 descendía de una familia de hidalgos vecinos de Sevilla, donde su padre había sido escribano del tribunal de la Santa Inquisición.

En Mayo de 1684 elevo un informe al Capitán General indicando que la producción de plata seria mayor si se garantizaba la afluencia permanente de mano de obra y del efectivo necesario para pagarla.

Si bien la “remuda” de indios de repartimiento llegaba cada quince días la carencia de efectivo hacia que la plata se sacara a otras jurisdicciones para obtener los reales indispensables para el pago de jornales y compra de abastecimiento, lo que disminuía la recolección del quinto. Con el fin de solucionar esta situación propuso y obtuvo que se le enviasen 2000 pesos para habilitar a los mineros.

El interés por la explotación del plomo se explica por la tecnología de la minería argentífera(G) Centroamericana con que había entrado en contacto como Alcalde Mayor del Real de Minas de Nueva Zaragoza, dada la crónica escasez de mercurio, obtenía la plata por fundición, lo que requería moler finamente el material y mezclarlo con oxido de plomo, plomo, sal y escoria volcánica para obtener la amalgama(G). La denuncia y trabajo de las minas tenía por objeto entrar a competir en el aprovisionamiento de plomo que hasta entonces se había llevado de Chiquimula.

Si bien no sabemos con certeza cuando descubrió Flores de Mogollón que el material explotable en sus minas era el hierro y no plomo, es evidente que para 1712 ya tenía conciencia de ello. El 17 de abril de ese año celebró un contrato con don Marcos Dávalos y don Esteban Lanz para la formación de una compañía en que el aportaría las minas de la Calera, jurisdicción de Santa Ana y Alotepeque, jurisdicción de Chiquimula de la Sierra y sus socios proporcionarían el capital para construir al que posteriormente se denominó ingenio Viejo, quedando Lanz como administrador. Si bien no se encuentra en la documentación existentes detalles técnicos, el negocio no prospero porque el ingenio, descrito “.... Con ruedas y Fuelles.....”no fue apropiado para el procesamiento del hierro lo que unido al doble juego de Mogollón, hizo que la compañía iniciara su disolución a los cinco años.

### 2.3 EL PRIMER CICLO DE LA EXPLOTACIÓN SIDERURGICA

Si bien, en la segunda y tercera década del siglo XVIII hubo un largo y complejo proceso judicial alrededor de la explotación del hierro, un fraile como Ximenes en una lejana aldea del altiplano tenía conocimiento de los avatares(G) de la nueva actividad económica y

los registros de la Real Aduana daban fe del ingreso de 1177 qq. de mineral entre 1720 y 1729.

Don Julián Izquierdo, que en ese entonces, con su ingenio Santa Ana, era el principal proveedor de la capital, añadió que ha pagado derecho de entrada y alcabala(G), lo que no le correspondía como productor.

Ante la consulta hecha por Izquierdo sobre si debería pagarse el diezmo sobre lo ya explotado o bien sobre lo que se explotará en el futuro, la audiencia decidió que debería de pagarse sobre lo producido a partir de la interpelación de un año antes.

Un caso mejor documentado es el de don Julián Izquierdo, quien inicio la construcción de su primer ingenio en Santa Ana en 1723. Ante los costos que ello implicaba, buscó el financiamiento de don Juan del Río, comerciante vecino de Guatemala. Cuando se inicia el proceso de cobro de quintos en 1730 aunque le ha entregado 862 qq. aún le debía 5000 pesos. Si tomamos en consideración que había vendido 60 qq. al menudeo en Santa Ana, resulta que entre junio de 1725 y abril de 1730 produjo 922 qq., un promedio de más de 85 qq. por año.

Como era de esperar, en 1749 el proceso de extracción del mineral era relativamente sencillo, se tomaban los materiales superficiales, se quebraban con fuego y almádenas(G) y la ley del metal era tan alta que con solo procesar un peñasco se llegaba a cargar uno o dos atajos de mulas con zurrone-proporcionados por Olavarrieta- que pesaban entre 200 y 225 lbs. El material era entonces transportado por un pésimo camino y atravesando varios ríos caudalosos por 22 leguas, pagándose 3.5 reales por quintal. Dadas las condiciones de la vía, se transportaba todo el mineral posible en verano utilizando dos recuas del dueño del ingenio y contratando a los vecinos del pueblo de San Nicolás Obispo, Chiquimula, Jalapa, el valle del Jumay y el valle del Espinar, acumulándolo en la orilla occidental del río San José para que luego

se llevara al Ingenio-un trayecto más corto, pero no especificado-según se iba procesando.

En el ingenio la leña se encontraba en los montes cercanos, bastaba cortar los árboles y rodarlos hasta sus cercanías para preparar el carbón, el que se llevaba en hombros a las instalaciones. La producción de carbón concentraba a 100 carboneros de Jalapa, Jumay e indios de Pinula.

El proceso de fundición con abundancia de materia prima y carbón, se realizaba en cuatro hornos que funcionaban día y noche la mayor parte del año, deteniéndose un poco cuando la temporada de sequía llegaba y no había suficiente agua para proporcionar los soplos adecuados.

## **2.4 EL SEGUNDO CICLO DE LA EXPLOTACIÓN SIDERURGICA.**

### **2.4.1 EL DISTRITO DE MATAPAS**

Desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta la segunda década del siglo XIX la producción de hierro nativo se concentro en Metapas. -O como se llamaría posteriormente Metapan-.

Las guías de comercio se otorgaban a todo tipo de trafico interior pero paro la forma en que los receptores llevaban cada uno de los distintos libros variaba enormemente. El receptor de Metapas llevaba por una parte los libros de guías extendidas a favor de los dueños de ingenio y comerciantes foráneos que comprobaban el hierro tanto a los propietarios como a sus operarios, mientras que aparte registraba las obligaciones de tornaguía de los pequeños productores de la zona-o sea un compromiso con fiador de presentar en un plazo determinado la cancelación de la alcabala<sub>(G)</sub> en su destino- desgraciadamente solo se pudo localizar ambos libros para el año 1806 y 1813. En todo caso la producción fue incentivada por la lenta construcción de la nueva capital y la guerra de independencia de los EE.UU. a finales de la década de 1770 y principios de la de 1780.

Al contrario de las instalaciones que estudiamos al principio de la primera mitad del siglo XVIII las Metapas se mantuvieron en producción por más de tres décadas. Esta permanencia debe entenderse por la cercanía de la materia prima, por el carácter complementario que tenía la actividad siderúrgica para los dueños de ingenios y por la modalidad de las relaciones que se establecen entre estos: sus operarios y la población local. desde 1740 el Alcalde Mayor Gálvez Corral había indicado que los ingenios de hierro de San Salvador, Santa Ana, San Juan Opico y San José Quetzaltepeque eran proveídos por las dos minas situadas en Metapas.

En cuanto a los propietarios, ninguno hubiese sobrevivido los bruscos descensos en la producción si el tratamiento del metal hubiera sido su única actividad y de hecho hay constantes referencias aisladas sobre otras empresas.

Finalmente, los dueños de recua tenían la oportunidad de participar en la distribución de una mercancía sin competencia a nivel regional. Ello debe haber contribuido al hecho de que siendo Metapas con sus 4203 habitantes, el partido menos poblado de el Salvador en 1807, sus 53 traficantes le daban el octavo lugar en esa categoría entre los 15 partidos.

Los dueños de ingenios, los comerciantes foráneos, los tratantes locales y los herreros productores de acero distribuían la producción local a mercados en que se encontraba la mano de obra artesanal-que transformaría parte del metal en productos terminados- y los comerciante que habían financiado la actividad, quienes lo distribuían a todo lo ancho del reino.

## **2.5 LA MINERÍA PREHISPÁNICA**

La historia de la minería en Guatemala, se remonta a la época precolombina. Los indígenas hacían uso de los minerales como medio de trueque y como objetos de ornamentación, se sabe con certeza que los mayas utilizaron el jade, oro y plata en la joyería. Uno

de los usos que más causa sorpresa actualmente, es el uso del jade como elemento ornamental en los dientes, no conociéndose las técnicas que utilizaron para incrustar las piezas de jade en los mismos. Otro hecho importante de resaltar, es el uso de Obsidiana<sub>(G)</sub> en sus armas de guerra, tales como lanzas, flechas y otros, esto por el hecho de lo difícil de lograr cortes perfectos en este tipo de roca.

Desde los primeros tiempos, el ser humano se ha valido de su entorno para transformar y mejorar su forma de vida, es así, como los habitantes pre-hispánicos utilizaron algunos minerales y rocas para la fabricación de herramientas y artículos suntuarios<sub>(G)</sub>.

Para las sociedades antiguas, la adquisición y transformación de estas materias primas era importante, a tal grado, que actualmente podemos establecer el nivel tecnológico que ellos alcanzaron, y nos permite establecer las rutas de contacto o “comercio” que ellos establecieron, gracias al hallazgo de materias autóctonas de una región en otra. La utilización de las rocas y minerales estaba condicionada a la región de origen de éstas y fueron los contactos inter regionales lo que facilitó la adquisición entre un área a otra.

## 2.6 MATERIAS PRIMAS QUE SE UTILIZARON EN LA ÉPOCA

Entre las rocas ígneas con mayor utilización, tenemos al basalto, andesita y riolita, las que fueron utilizadas para la fabricación de morteros (piedras de moler), percutores (martillos), esculturas (altares y estelas) y su uso se difundió en la mampostería, al igual que la toba. El gabro y el granito, los podemos encontrar como materia prima en la fabricación de hachas, pulidores y en la escultura. Sin embargo, la roca volcánica con mayor difusión fue la Obsidiana<sub>(G)</sub>, con la cual se fabricaron todo tipo de herramientas cortantes, como cuchillos y puntas de proyectil. Esta roca vítrea, nos permite establecer rutas de “comercio” o contacto, ya que de los yacimientos que existen en Guatemala, fueron exportadas materias primas a lugares como las costas y el altiplano mexicano. Tuvo una buena difusión en la parte Norte de Centroamérica y más aún, se han

recuperado artefactos de este material (de las fuentes guatemaltecas) en las islas Caribeñas y en Sudamérica.

Entre las rocas de origen sedimentario, más comunes, tenemos a la caliza, utilizada como bloques en mampostería, escultura de monumentos y para la elaboración de cal.

La roca sedimentaria con mayor utilización fue el pedernal y su uso es similar al de la obsidiana<sub>(G)</sub>. Tenemos también la arenisca, utilizada para escultura y el conglomerado, útil para la fabricación de percutores y piedras de moler. En secadores más reducidos, se explotó la sal de roca, cuya explotación aún perdura.

Entre las rocas metamórficas con utilización pre-hispánica tenemos a la mica y el talco, como desgrasante en la cerámica. El esquisto micáceo, gneis, filita y el esquisto, fueron utilizados como lajas en la construcción de edificaciones como también para pulidores. Otras rocas como la serpentina, anfíbolita y la eclogita fueron seleccionadas para la elaboración de figurillas, hachas y artículos decorativos. El caso de la Eclogita es importante para establecer contactos regionales, debido a que de este material se han encontrado artefactos en la isla de Cozumel (México) y a la fecha, los únicos yacimientos de este material reportados para Mesoamérica es la región del Río Motagua.

En lo que se refiere a los minerales, tenemos al Caolín: como material para la elaboración de la cerámica; el Cuarzo, con el cual se fabricaron innumerables herramientas; el Alabastro<sub>(G)</sub> se utilizó como material decorativo; el Cinabrio y la Limonita como pigmentos; el mineral con mayor importancia en la industria pre-hispánica es la Jadeíta, que a pesar de sus variedades, arqueológicamente fueron utilizadas únicamente algunas especies, seleccionadas únicamente por su color.



## 2.7 TÉCNICAS MINERAS QUE UTILIZABAN

### 2.7.1 RECOLECCIÓN DE SUPERFICIE

Indudablemente la forma más sencilla de extraer de la naturaleza materias primas, fue la recolección de superficie, ésta no requiere de esfuerzos sociales mayores, pero tiene el problema de obtenerse de cada bloque recolectado una calidad aleatoria. Las sociedades Pre-hispánicas, se abastecieron de varios recursos, a través de esta técnica, por ejemplo las rocas verdes, que tienen origen geológico a lo largo del río Motagua, donde el fácil acceso y lo territorialmente amplio de los afloramientos, así como la abundancia de cantos rodados en los lechos de los ríos (yacimientos secundarios), abastecieron de rocas como la Serpentina, Gabro, Anfibolita, Jadeíta, etc.

### 2.7.2 MINERÍA A CIELO ABIERTO

Entendemos por minería a cielo abierto “La que se realiza en superficie ejecutándose para el efecto, terrazas con taludes, o cavando pequeñas depresiones, que nosotros llamamos fosas de extracción. Para el caso pre-hispánico, su metodología no requirió una tecnificación substancial”. Hasta el momento las fosas de extracción, es la técnica minera más frecuente asociada a la explotación de obsidiana<sub>(G)</sub>. En México son conocidas también como Cubetas o Cráteres. Las fosas de extracción son depresiones, poco profundas (En Guatemala no más de 2.0 m), su morfología es variable, aunque por lo general son circulares y en otros casos elipsoidales. En los depósitos de obsidiana de México, es donde se ha documentado de mejor forma esta técnica, por ejemplo en la Joya, Jalisco, se han contabilizado un total de 1264 fosas de extracción (Spence y Wigand, 1,989).

Así mismo se han reportado, en la Sierra de las Navajas, Pachuca (Nieto y López, 1,989); en Zinapécuaro y Zináparo El Prieto, ambas en Michoacán (Darras, S. F.). En Guatemala se desconocían rasgos mineros asociados a la explotación de la Obsidiana, y durante un trabajo de prospección arqueológica en los yacimientos de El Chayal

(en los departamentos de Guatemala y El Progreso), durante los años 1,985-1,987, se identificaron áreas de explotación minera y talleres de manufactura pre-hispánicos, como parte de una industria, en donde fabricaban macronúcleos o preformas de navajas prismáticas (principal herramienta).

Asociados a estos talleres, se encuentran los vestigios de actividades mineras a cielo abierto (fosas de extracción y terrazas) y subterráneas (túneles), las cuales describiremos a continuación.

## 2.8 LUGARES DETECTADOS O EJEMPLOS:

### 2.8.1 MINA-TALLER EL REMUDADERO

La mina-taller El Remudadero, consiste en dos cerros, ubicados al sur de San Antonio La Paz, El Progreso, cubiertos por desechos, producto de trabajos mineros pre-hispánicos. La minería aquí consistió en algunas terrazas y un total de 28 fosas de extracción. Estas son de forma circular y elipsoidal. Se puede observar varias de estas fosas de extracción diseminadas<sub>(G)</sub> sobre la ladera hacia al Norte, mientras que en la parte superior del cerro se encuentran densamente concentradas. Hasta el momento se desconoce la profundidad de estas fosas ya que en las condiciones actuales se encuentran semisoterradas por materiales acarreados por erosión. No sobrepasan 1.5 metros de profundidad.

### 2.8.2 MINA-TALLER EL CHAYAL PERDIDO

El Chayal Perdido es un sitio arqueológico, que se ubica a 1.5 km. Al Este de San José del Golfo, Guatemala, en donde también existen los restos de un taller de obsidiana, que se extiende por un área aproximada de 2 km. Aquí la minería que hemos localizado, consiste en fosas de extracción donde se han mapeado hasta el momento un total de 5 fosas que tienen un diámetro que va de los 10 a los 20 m., llegando a alcanzar una profundidad de más de 2 m., estas son morfológicamente circulares, y constituyen las mayores conocidas para Guatemala.

### 2.8.3 LA MINERÍA EN NANCE DULCE

El lugar con minería más complejo que se conoce para Guatemala, lo constituye la mina taller, Nance Dulce, nombre del caserío ubicado a inmediaciones de la antigua Finca El Chayal, Palencia, Guatemala. Aquí existió una explotación intensiva, que incluyó, parte de la minería a cielo abierto, y explotación minera subterránea.

En el cerro ubicado al Oeste de Nance Dulce, se localiza este antiguo taller, todo el cerro se encuentra alterado, debido a la necesidad de extraer la obsidiana<sub>(6)</sub>. Se logró registrar en Nance Dulce, 11 fosas de extracción, la morfología de las minas es circular y elipsoidal, cuentan con un diámetro aproximado de 10 m, su profundidad no supera 1 metro, éstas generalmente se encuentran en las partes altas del cerro. Sobre las laderas, también hubo explotación, la forma de hacerla aquí fue a través de terrazas, unas 10 de éstas se pueden definir claramente en esta zona de talleres.

La minería subterránea, fue ampliamente utilizada en este taller, debido a que los antiguos mineros debieron seguir las vetas de obsidiana, de mejor calidad, que se internaban en el subsuelo. En esta zona se identificaron 2 túneles, uno de ellos completamente derrumbado (túnel 2), aún así, es posible observar la magnitud de éste, el cual posee entre 30 y 40 metros de largo, 20 metros de ancho y entre 4 y 6 metros de alto. El túnel 1, presenta, actualmente, derrumbes, tanto en su antigua entrada, como en la única sección que existe, en la cual una entrada a la galería principal fue soterrada.

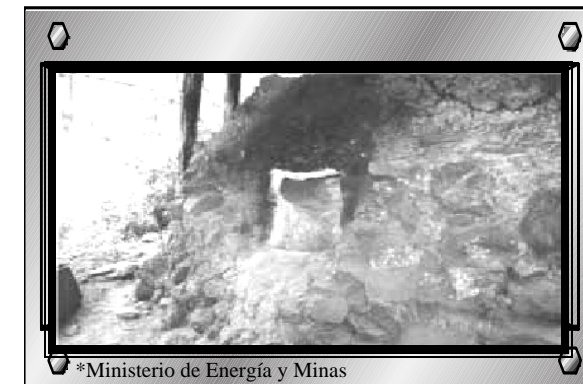
El túnel corre por espacio de unos 15 metros hacia el norte y cruza por otros 10 metros al Este, en su trayecto, podemos encontrar varios respiraderos y entradas auxiliares, que bien pudieron servir para la extracción del material como para iluminación.

### 2.9 ÉPOCA COLONIAL

El oro y minerales preciosos en general, motivaron a los conquistadores españoles a someter a los pueblos de América. Se sabe que se explotaron sobre el área centroamericana durante el

siglo XVI, aproximadamente quince minas de oro y trece de plata, pero se desconoce la ubicación exacta de las mismas. El mismo Don Pedro de Alvarado, conquistador de Guatemala, fue dueño de la mina conocida como "EL MOLINO". Durante esta época el oro era exportado de contrabando, puesto que proporcionaba mayores ganancias a los dueños el hacerlo de esa manera. No se conoce de la producción exacta, ya que muchos centros de producción minera precolombina fueron intencionalmente ocultos.

Debido a los costos y el esfuerzo, se prefería la búsqueda de oro en los ríos, aprovechando la sobre-explotación del trabajo indígena. Fueron famosos los lavaderos de oro sobre el río Las Vacas, así como los ubicados en el área donde se une éste con el río Los Plátanos.



\*Ministerio de Energía y Minas

### SE PUEDE APRECIAR EN LA FOTOGRAFÍA UN HORNO PARA FUNDICIÓN DE PLOMO QUE SE UTILIZA DESDE LA ÉPOCA DE LA COLONIA, EN EL DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO

La minería en época precolombina y colonial fue muy pequeña, se tiene conocimiento que existió en los siguientes lugares:

1. En un área que se denominaba de LAS MINAS, la cual se encontraba ubicada a 12 kilómetros de Huehuetenango y a 8

kilómetros del Municipio de Chiantla. La mina fue descubierta por Pedro de Almengor, de origen español, y se cree que fue de aquí de donde se obtuvo toda la plata para hacer la imagen que se venera en la iglesia Católica de Chiantla. Este sitio se conoce actualmente como Minas de Almengor I y II.

2. Otras minas que se tiene conocimiento que se trabajaron en época antigua (año 1,600), se encuentran a 12 kilómetros al oeste de las minas anteriormente mencionadas y se conocieron con el nombre de Minas Las Animas y □orzón, las cuales tienen actualmente los nombres de la Esperanza y la otra que continúa trabajando en la actualidad y conserva el nombre de □orzón.

3. Otra mina famosa fue la que se conoció con el nombre de “El Sastre”, que se cree fue trabajada en época colonial y que de aquí se obtuvo gran cantidad de oro, ya que contaba con galerías bastante grandes. Esta mina se encuentra ubicada a pocos kilómetros de la ciudad capital.

4. Existen leyendas sobre la existencia de otras minas que se trabajaron en la antigüedad, como la mina de oro en Antigua Guatemala, la mina de mercurio en Zuníl, la mina de plata de Barreneche y la mina de oro de Baca en Palencia.

La minería en esta época puede considerarse que se llevó a cabo en pequeña escala. Sin embargo, las leyendas han exagerado muchas veces la magnitud de las explotaciones. Muchas de estas minas fueron abandonadas al agotarse o por no tenerse el capital necesario para invertirlo en la compra de equipo apropiado para la explotación y/o transformación.

### 2.10 ÉPOCA INDEPENDIENTE

Los conflictos posteriores a la independencia desmotivaron la inversión en la rama minera, que de por si ya había descendido a causa del clima de incertidumbre y las dificultades que provocaron en

la región los movimientos independentistas. La actividad minera a principios de siglo, puede conocerse, en parte, por lo manifestado por el Secretario de fomento el 11 de abril de 1,917: “La importancia que va alcanzando la minería en Guatemala, compruébalo el éxito obtenido por las compañías explotadoras GUATEMARMOL MINING.



\*Ministerio de Energía y Minas

AND DEVELOPMENT CO., THE ROSARIO CO. Y otras que ya obtienen buenos rendimientos”. La industria minera en 1,920 tuvo cierto grado de descenso, lo que puede apreciarse en la memoria de labores de la Secretaría de Fomento del 28 de mayo de 1,921, donde se indica, entre otras cosas, lo siguiente: “Se deja entrever cierta disminución en la actividad minera contrastando con el éxito alcanzado en 1,917. Se indica que la industria minera, aún incipiente, no ha tenido más desarrollo apreciable sino la explotación que en pequeña escala llevan a cabo varias compañías y particulares. En Jalapa, la Compañía de los Ferrocarriles Internacionales, explota las minas de ferrocromo de

cuyo metal explotó la cantidad de 390 toneladas, con un gasto de \$356,739 moneda nacional. En Chiquimula, se han paralizado los trabajos de la mina de zinc en Alotepeque y únicamente se ha trabajado la mina de San Vicente que es de zinc, plomo, hierro y plata, con un gasto de \$133,000 moneda nacional y un producto de 10 toneladas de metales. Los placeres de Las Quebradas en Izabal, han trabajado en muy pequeña escala, pues solamente se lavaron 4,668 yardas cúbicas con un rendimiento de 926 onzas Troy de oro, con un gasto de \$10,000 oro americano. En Huehuetenango, fueron explotadas también en pequeña escala, varias minas de plomo".



\*Ministerio de Energía y Minas

## 2.11 ÉPOCA ACTUAL

Desde 1,922 a la fecha, la minería nacional se ha desarrollado con altibajos dependiendo, para el caso de los minerales metálicos principalmente, de los precios de los metales en el mercado internacional. Para el caso de los no metálicos, la situación ha sido diferente ya que los mismos generalmente se producen para el consumo local o exportación principalmente a Centroamérica, por lo que no se ven afectados significativamente en este sentido, explicando así el hecho de que la explotación de éstos últimos haya sido siempre constante en lo que a la actividad minera de Guatemala se refiere.

Un problema que afectó seriamente la inversión en el sector minero fue la inestabilidad política y la falta de seguridad para las empresas extranjeras que se mostraban interesadas en la explotación de minas en Guatemala, sin embargo, a partir de la firma de la paz, después de una lucha que llevó cerca de 36 años, entre el gobierno y la guerrilla guatemalteca, las cosas han cambiado drásticamente. El potencial económico y minero de Guatemala ha sido abierto nuevamente bajo mejores perspectivas, luego de que por años las hostilidades hicieron problemático el desarrollo en el interior.

De acuerdo a las nuevas políticas del gobierno a través de la Dirección General de Minería, del Ministerio de Energía y Minas, las inversiones en este sector económico del país han cobrado gran importancia, lo que se demuestra con el creciente número de solicitudes de derechos mineros de exploración y explotación, los cuales en su mayoría corresponden a inversiones de compañías extranjeras unidas a los capitales nacionales.



\*Ministerio de Energía y Minas

### EXPLOTACIÓN DE ORO POR LAVADO A LA BATEA, EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL



\*Ministerio de Energía y Minas

### CAMPAMENTO TÍPICO DE PERFORACIÓN DE EMPRESAS EXTRANJERAS QUE EXPLORAN EN EL PAÍS.



\*Ministerio de Energía y Minas

#### 2.11.1 MINERALES COMUNES Y RAROS.

Minerales comunes en Guatemala:

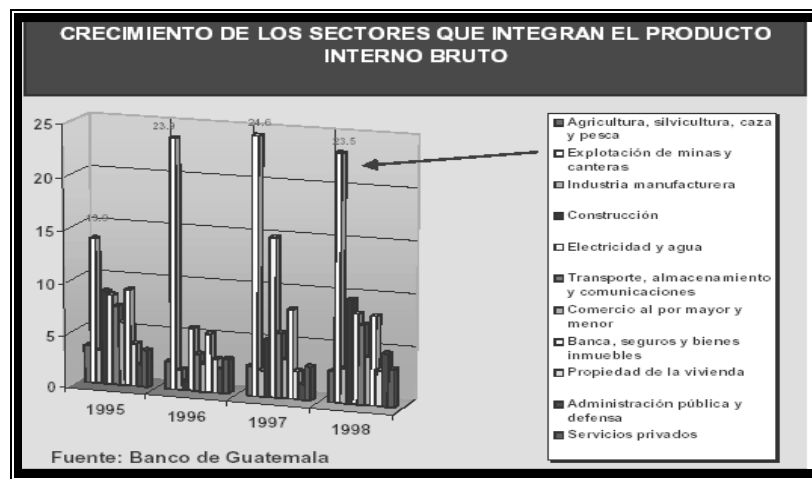
Metálicos:	No metálicos:
Plomo,	Caliza
Plata,	Mármol
Zinc,	Arena y Grava
Antimonio,	Arena Sílica
Tungsteno	Bentonita
Arsenopirita	Yeso etc.
Oro	
Cobre,	

Minerales raros en Guatemala:

Metálicos:	No Metálicos;
Berilio	Caolinita
Greenoquita (cadmio)	Fluorita
Siderita (Hierro)	grafito
Turmalina (Li, Al, Na, Mg, Mn)	Witherita (Bario)
Cinabrio (Mercurio)	
Plata Nativa	

\*Fuente, ministerio de Energía y Minas.

## 2.11.2 ESTADÍSTICAS GENERALES.



\*Ministerio de Energía y Minas

La explotación de minas y canteras dentro del PIB nacional es el de mayor crecimiento cada año. Así lo podemos observar en este grafico.



\*Ministerio de Energía y Minas

Nuestras exportaciones van en aumento no solamente en cuanto al monto total, sino en calidad, vía procesamiento, para poder competir en el mercado internacional.



\*Ministerio de Energía y Minas

NOTA: No existen estadísticas Oficiales actualizadas.

El desarrollo de la industria minera propicia el incremento continuo, de generación de empleo. Cada trabajador representa una familia.

TECNOLOGÍA DEL PROCESAMIENTO YA SE HA INICIADO EN GUATEMALA. Las principales empresas que procesan en Guatemala son:

- \_ Minas de Guatemala, S.A.
- \_ Calera San Miguel
- \_ Sílice de Centroamérica, S.A.
- \_ Guatemármol S.A
- \_ Peña Rubia, S.A.
- \_ Hispacensa S.A.
- \_ Mauricio Saca y Putzu A. y Putzu y D.
- \_ Constructora Universal

POTENCIAL MINERO METÁLICO

- |       |         |
|-------|---------|
| Cobre | Níquel  |
| Cromo | Cobalto |
| Oro   | Plata   |
| Zinc  | Plomo   |



\*Ministerio de Energía y Minas

### 3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALGUNOS METALES MÁS IMPORTANTES EN GUATEMALA

#### 3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HIERRO-ACERO.

Este proceso en Guatemala lo llevan a cabo varias empresas privadas pero para nuestro estudio tenemos la de Aceros de Guatemala la cual se desarrolla en dos etapas y el proceso es el siguiente:

- 1.- La primer Etapa o el primer proceso se realiza en las instalaciones de Siderúrgica de Guatemala la cual se encuentra en la antigua carretera hacia el puerto de San José, en el departamento de Escuintla. Este proceso lleva los pasos siguientes:
  - 1.1.- Se clasifica la chatarra según su pureza, la cual cuando ya llega aquí se le ha retirado los metales que no se utilizan en el acero como el aluminio, el cobre o algún otro metal no deseado.
  - 1.2.- Luego de tener la chatarra clasificada se prepara en los patios para ser trasladada por medio de una grúa a la nave de acería donde es almacenada en varios recintos de acuerdo con su tamaño y calidad para transportarse por medio de carritos y con ayuda de una grúa hacia las ollas de chatarra.



En la fotografía 1, Se observan los recintos de chatarra dentro de la nave de acería. Sobre ellos entre el techo y la chatarra la grúa de transporte horizontal hacia el horno.

1.3.- Cuando la chatarra se encuentra en la olla, ésta es elevada por medio de una grúa que esta situada sobre toda esta área de ollas con chatarra y que se desplaza en el techo a lo largo del edificio hasta llegar sobre el primer horno. Estas ollas de chatarra tiene la evacuación del material por la parte de abajo, como una compuerta que deja caer la chatarra.



Fotografía 2, Chatarra en la olla lista para ser trasladada al horno, en la grúa que pasa sobre ella, colocada casi al ras del techo.

1.4.- La olla con chatarra se coloca sobre el primer horno que es un horno EAF(Horno Eléctrico de Arco) y deja caer en él la chatarra, en cada batchada de acero que procesa el horno se

incorporan de 6 a 7 ollas de chatarra. Este horno trabaja con tres **grandes electrodos de alta electricidad**, cuando se está vertiendo la chatarra se abre y en la tapa están los electrodos preparados para que cuando se incorpore la cantidad requerida de chatarra la tapa se cierra junto con ellos y comienzan los electrodos eléctricos a trabajar fundiendo la chatarra y así se transforma en líquido. En este proceso se produce la escoria, la cual es derramada por el mismo horno, inclinándose un poco hacia atrás y sacándola por debajo del edificio.



Fotografía 3, Primer Horno (Horno Eléctrico de Arco) para refinado de acero.

En esta grafica se puede observar la forma que tiene el **horno eléctrico de arco**.



1.5.- Cuando ya el acero es líquido, y esta limpio de toda escoria el horno vacía hacia adelante y por medio de una abertura que tiene en el fondo tipo compuerta, el acero líquido, este es vertido en un carrito



con forma de una gran olla, hecha de ladrillo refractario, que se coloca por debajo del horno.



Fotografía 4, Observamos el Carrito en forma de olla para verter el Acero líquido, hecha de ladrillo refractario.

1.6.- El acero líquido es transportado por medio de este carrito a su siguiente proceso que es en un segundo horno. Este horno es LF (Horno Liger). En él se afina el acero de acuerdo con los requerimientos de producción. En este momento se toma una muestra para enviarla al laboratorio. De esta manera se comprueba si tiene los elementos necesarios y la medida justa requerida, la muestra llega al laboratorio por un sistema de conductos por succión, como en el autobanco, se analizan en una central de computo especial y en menos de cinco minutos se tiene los resultados en análisis. Si el acero tiene los elementos justos pasa a su siguiente proceso y si no los tiene, en este horno se resuelve el problema, agregando o quitando componente. Se deben hacer varias pruebas hasta comprobar la calidad requerida del acero.



Fotografía 5, Segundo Horno de Afinamiento, en este se analiza la calidad del acero y se modifica, si es necesario.



Fotografía 6, Equipo de Laboratorio utilizado para analizar las muestras que llegan del segundo horno, por medio de conductos de succión.

1.7.- Al salir del segundo horno, ya con todos los requerimientos exactos y necesarios del buen acero, pasa al siguiente proceso el cual consiste en elevar dos carritos con acero líquido por medio de una gran maquina que tiene dos brazos en los cuales trasporta dos ollas que contiene acero líquido, una es de almacenamiento, o sea, cuando una termine de verter el acero liquido en la máquina de colada.

1.8.- En la máquina de colada es vertido el acero líquido en cuatro agujeros que ésta contiene éstos son moldes de cobre con enfriamiento de agua. Estos moldes ya tienen las medidas

estándar con las cuales se trabajan los lingotes en Aceros de Guatemala.



Fotografía 7, Máquina de Colada, en esta se observan los 4 moldes de Cobre para verter el acero líquido del segundo Horno.

1.9.- Después de la máquina de colada, los lingotes de acero ya formados pasan por una máquina cortadora, cortando en tamaños específicos los lingotes de acero.



Fotografía 8, Máquina Cortadora en donde los lingotes pasan a tener una Medida estándar.

1.10.- Al salir de la cortadora, los lingotes pasan a un área de enfriamiento, en donde aun están a una temperatura alta y reposarán para luego ser almacenados en pilas de lingotes y así esperar ser transportados hacia su segundo proceso en las instalaciones de aceros de Guatemala.



Fotografía 9, Área de enfriamiento de los lingotes aun calientes.



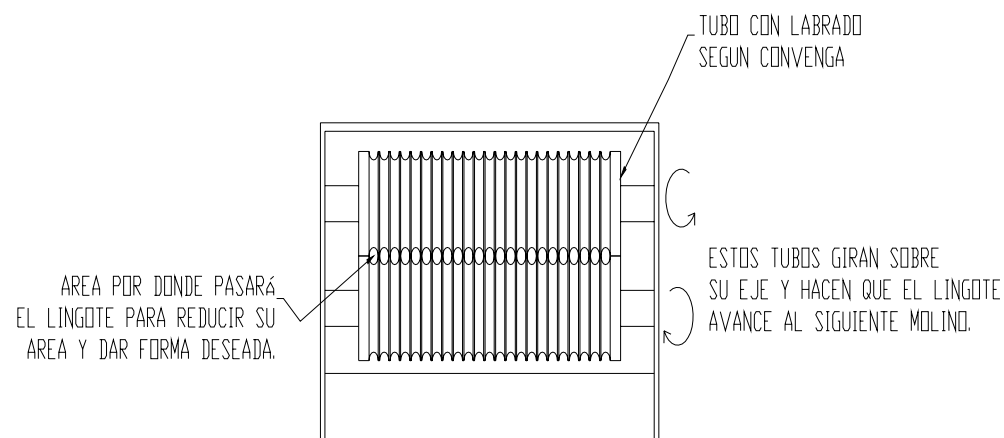
Fotografía 10, En el fondo se observa el área al aire libre en donde los lingotes son apilados para esperar ser transportados a Aceros de Guatemala.

El siguiente proceso es el traslado de los lingotes de acero por medio de trailers con plataformas donde se acomodan, con ayuda de grúas, perfectamente los lingotes para luego ser conducidos a las instalaciones de Aceros de Guatemala, proceso que se describe a continuación dando antes una pequeña explicación de un **Molino o Castillo de Laminación**.

2.- Para entender mejor este proceso que será descrito a continuación se debe conocer un molino o castillo de laminación el cual consta de dos tubos labrados a conveniencia en el mismo edificio de las instalaciones de Aceros de Guatemala, en el departamento de tornos. Estos son labrados para obtener los perfiles y angulares de diferentes formas y las varillas redondas y lisas, a diferencia del molino de desbaste por el cual el lingote pasa varias veces está formado por tres tubos labrados.

En estos tubos labrados el lingote va reduciendo a cada pasada de área o sea que, entra por el Molino con un área y sale del molino con un área menor, pero con mayor longitud.

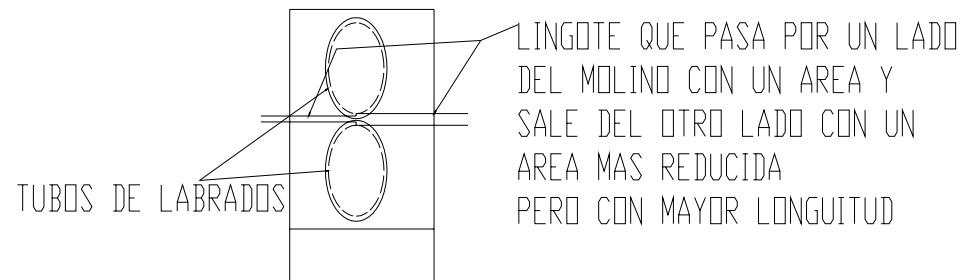
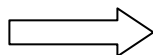
A continuación se presentan algunos esquemas con los cuales se pretende dar una mejor explicación de lo antes descrito.



ESQUEMA DE MOLINO O CASTILLO DE LAMINACIÓN

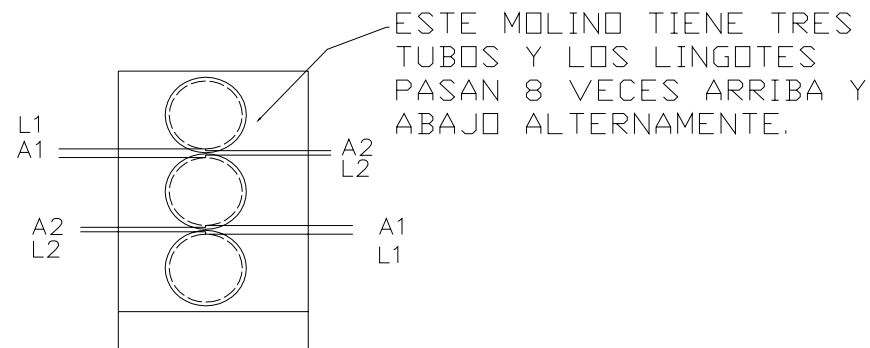
ESQUEMA REALIZADO POR ING. ENCARGADO DE LA VISITA.

VISTA FRONTAL



ESQUEMA DE MOLINO O CASTILLO DE LAMINACIÓN

ESQUEMA REALIZADO POR ING. ENCARGADO DE LA VISITA. VISTA LATERAL



ESQUEMA DE MOLINO DE DESBASTE

ESQUEMA REALIZADO POR ING. ENCARGADO DE LA VISITA. POR EL QUE PASAN 8 VECES LOS LINGOTES

- A1 > A2 == AREA 1 MAYOR QUE AREA 2
- L1 < L2 == LONGITUD 1 MENOR QUE LONGITUD 2
- V1 == VOL.2 == VOLUMEN 1 IGUAL A VOLUMEN 2

Con una mejor visión sobre los Molinos de Laminación, se puede continuar con el proceso del hierro/acero. Luego de obtener los lingotes de hierro/acero son transportados a las instalaciones de Aceros de Guatemala en donde el proceso es por LAMINACIÓN EN CALIENTE.

- 2.1.- Aquí existen dos plantas, una en la que transforman las barras o lingotes en varillas de construcción en los distintos diámetros vendidos en el mercado y otra donde se elaboran perfiles, varillas lisas y redondas. Es en esta última en donde se observó el proceso, pues es aquí donde se puede usar este metal como decoración y ornamento en la construcción.
- 2.2.- Primero los lingotes de hierro/acero se calientan a 1200°C en un horno refractario grande aproximadamente de unos 4x6x3.5 metros de dimensión el cual funciona con Bunker. En este horno los lingotes que miden 130mmx130mmx3.40 mts. No se derriten por completo sino que únicamente llegan al rojo vivo y pasan a ser maleables para pasar al siguiente proceso. Por este horno son colocados por maquinaria especial sobre una plancha la cual tiene unos topes que van llevando los lingotes para adentro del horno, este es un proceso lento.
- 2.3.- Al salir los lingotes al otro lado del horno, ya al rojo vivo, estos son maleables y pueden pasar al siguiente proceso el cual consiste en pasar al Molino o Castillo de Laminación en donde se realiza la acción de DESBASTE. Esto significa que se empieza el proceso de elaboración del perfil o varilla que se desee obtener. El lingote que esta al rojo vivo, pasa por este molino 8 veces consecutivas alternando arriba y debajo de los tres tubos que componen el molino. Este proceso se determinó

así por economizar espacio, pues esto implica, no tener una serie de 8 molinos consecutivos dispuestos linealmente por lo que se ahorra espacio maquinaria necesaria. A una sucesión de Molinos o Castillos de laminación se le llama TREN.

- 2.4.- Luego de que el lingote, ya reducido su diámetro 8 veces, sale del Molino de desbaste, llega al tren de molinos, en donde sigue el proceso de elaboración del perfil o varilla. Es aquí donde pasa por los últimos cuatro molinos para obtener la forma deseada.
- 2.5.- Al pasar el último molino el lingote ya tiene la forma deseada y lo siguiente es cortar el perfil o varilla a las medidas estándar. para este momento el lingote tiene el mismo peso pero no tiene la misma área ni la misma longitud que cuando entró por primera vez al horno de desbaste, esto se debe al proceso de alargamiento y deformación que sufrió el lingote a lo largo de el proceso antes descrito, el mismo que ya alcanzó una longitud aproximada de 80 mts. Al pasar por la cortadora esta hace su labor sincronizada y corta el perfil a cada 18 metros, y de cada lingote procesado se obtiene 4 perfiles de 18 mts cada uno y un pedazo adicional de 8 mts. aproximadamente.
- 2.6.- Los perfiles obtenidos llegan a un área de enfriamiento en donde únicamente descansan sobre una plancha que los transporta lentamente hacia donde los van colocando manualmente almacenados. Claro está con la protección debida ya que los perfiles aun están considerablemente calientes.

### 3.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ORO Y PLATA

#### Proceso: Buscadores del metal precioso

El oro y/o plata será extraído a través de minería a cielo abierto y túnel.

Con maquinaria se extrae la roca de la montaña.

El material se lleva en camiones a la planta de trituración.

Ya triturado, el material pasa a los tanques de separación de la roca y del metal.

En ese proceso se utiliza cianuro para separar metales.

Montana asegura que usará un destructor de cianuro para garantizar cero fugas.

Terminada la explotación, la montaña desaparece y queda un enorme cráter.

Las montañas de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa, San Marcos, son ricas en oro. Allí la empresa Canadiense Montana Exploradora prevé sacar 2.2 millones de onzas de oro y 33 millones de onzas de plata, en 25 años de su licencia.

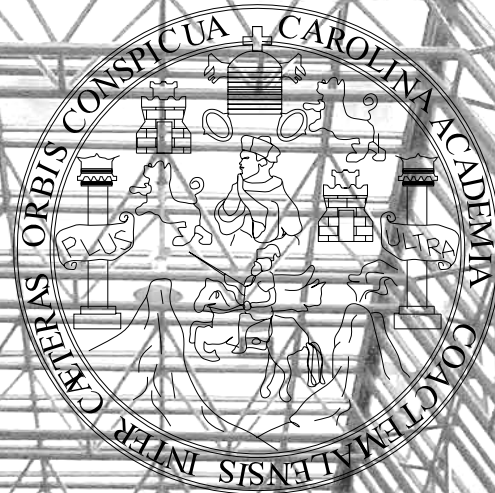
El gerente de la firma Milton Saravia, estima que removerán 38.9 millones de toneladas de tierra para extraer 1.32 gramos y 18.63 gramos de plata, por tonelada. Además cavan un túnel que ya mide 800 metros de largo.

Trabajaran un área de 9 kilómetros cuadrados. La ley de minería es de 1997 y de esa fecha a febrero del 2005 se aprobaron 397 licencias de reconocimiento, exploración y explotación, De ellas 208 son de metales no metálicos, 122 de metálicos y 67 para materiales de construcción.

Además de esta mina en San Marcos existen otras en Zacapa, Chiquimula, Puerto Barrios, este oro por lo regular no tiene una pureza total. Es de 21 y 20 kilates, ya que viene mezclado con iridio o cuarzo.

## **CAPÍTULO II**

# **PRINCIPIOS DE LOS METALES**



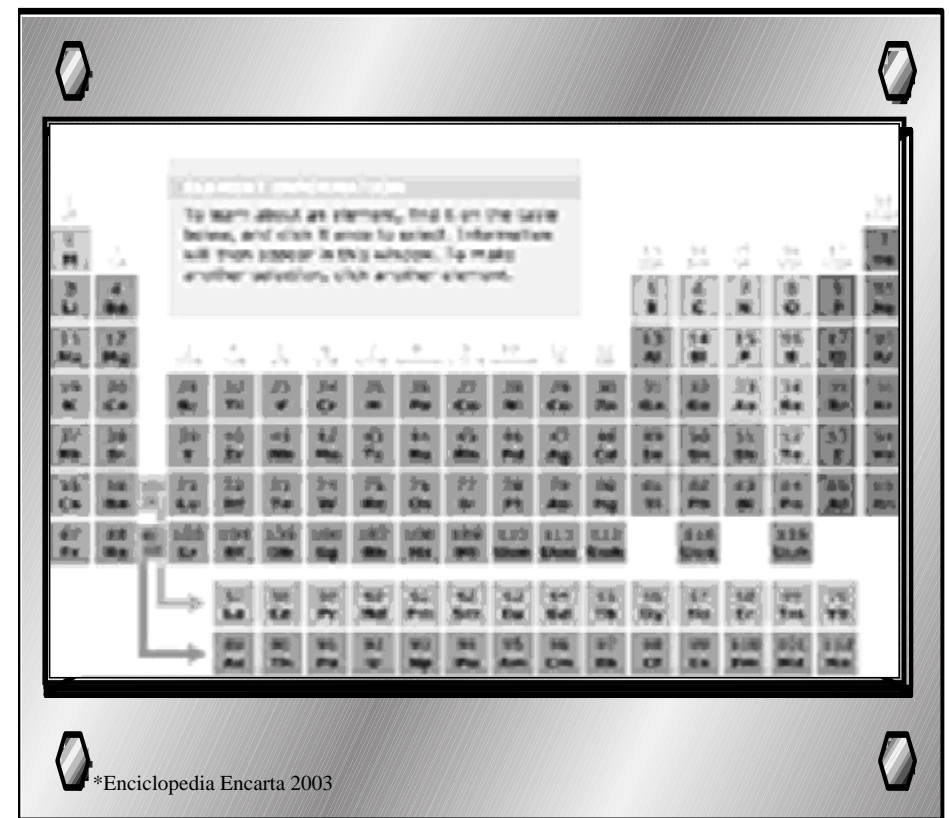
# 1. LOS METALES

Concepto general

Los metales se definen como cualquier cuerpo simple que son sólidos a la temperatura ordinaria, sin contar el mercurio que es líquido, y suelen ser buenos conductores de la electricidad; La corteza terrestre es la fuente de donde se obtienen los metales y el proceso de formación son geológicos en lugares llamados minas.

Las características físicas de los metales son: Elevada resistencia mecánica, brillo denominado metálico, Elevada conductibilidad eléctrica y calorífica, opacidad, coeficiente térmico de resistividad, ductibilidad y maleabilidad, débil variación de la densidad en las transformaciones, acritud, o sea, aumento de su resistencia a la deformación a medida que esta se produce. El color con el que aparecen generalmente es gris argentino o blanco (el oro es amarillo y el cobre rojo). La densidad es muy variable desde 0.53 g/cm<sup>3</sup> para el litio (Li), hasta 22.5 g/cm<sup>3</sup> para el osmio(Os). Algunos funden a temperaturas inferiores a los 30C y otros por encima de los 3000C La conductibilidad térmica se debe al llamado enlace metálico. Sus características químicas son: Tendencia a perder los **electrones de valencia** para transformarse en cationes; la mayoría se combinan con el oxígeno para dar lugar a óxidos, con el agua reaccionan de manera diversa, pues algunos las descomponen a temperatura ordinaria y otros lo hacen a 100C o más( el hierro, por ejemplo, la descompone a temperatura del rojo); Los ácidos actúan sobre algunos metales y reaccionan con ellos formando sales; no existe una frontera definida entre metales y no metales. En el sistema periódico de los elementos el cambio de las propiedades se produce de un modo gradual de un elemento a otro. Existe una zona de transición integrada por elementos que se consideran semimetales, con propiedades de metales y de no metales. Pueden formar mezclas sólidas con otros metales dando lugar a las ALEACIONES, (las cuales estudiaremos más adelante), Los no metales no presentan ductibilidad y ni son maleables; en general carecen de brillo metálico, son malos conductores del calor y de la electricidad,

sus óxidos (llamados también anhídridos) tiene características ácidas. Forman fácilmente compuestos con el hidrogeno, pueden clasificarse en los siguientes grupos: El de los halógenos (flúor, cloro, bromo y yodo) el de los anfígenos o del oxígeno (oxígeno y azufre), el del nitrógeno (nitrógeno, fósforo, y arsénico) y el del carbono(carbono y silicio) la distinción entre metales y no metales es imprecisa, puesto que las propiedades de los elementos varían gradualmente con el número atómico y, por tanto, existen algunos elementos que participan de las propiedades metálicas y no metálicas. Por tal causa, es preferible hablar de **carácter metálico** y **carácter no metálico**.



Enciclopedia Encarta 2003/metales  
Diccionario Enciclopédico Océano/tomo 3/Metales

Metales y no metales se encuentran separados en el sistema periódico por una línea diagonal de elementos. Los elementos a la izquierda de esta diagonal son los metales, y los elementos a la derecha son los no metales. Los elementos que integran esta diagonal —boro, silicio, germanio, arsénico, antimonio, telurio<sub>(G)</sub>, polonio y astato— tienen propiedades tanto metálicas como no metálicas. Los elementos metálicos más comunes son los siguientes: aluminio, bario, berilio, bismuto, cadmio, calcio, cerio, cromo, cobalto, cobre, oro, iridio, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, osmio, paladio, platino, potasio, radio, rodio, plata, sodio, tantalio, talio, torio, estaño, titanio, volframio, uranio, vanadio y cinc. Los elementos metálicos se pueden combinar unos con otros y también con otros elementos formando compuestos, disoluciones y mezclas. Una mezcla de dos o más metales o de un metal y ciertos no metales como el carbono se denomina **aleación**. Las aleaciones de mercurio con otros elementos metálicos son conocidas como **amalgamas**.

### 1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Los metales muestran un amplio margen en sus propiedades físicas. La mayoría de ellos son de color grisáceo, pero algunos presentan colores distintos; el bismuto es rosáceo, el cobre rojizo y el oro amarillo. En otros metales aparece más de un color, y este fenómeno se denomina **pleocroísmo**. El punto de fusión de los metales varía entre los -39 °C del mercurio y los 3.410 °C del volframio. El iridio, con una densidad relativa de 22,4, es el más denso de los metales. Por el contrario, el litio es el menos denso, con una densidad relativa de 0,53. La mayoría de los metales cristalizan en el sistema cúbico, aunque algunos lo hacen en el hexagonal y en el tetragonal.

La más baja conductividad eléctrica la tiene el bismuto, y la más alta a temperatura ordinaria la plata. (Conductividad a baja temperatura Criogenia<sub>(G)</sub>; Superconductividad.) La conductividad en los metales se puede reducir mediante aleaciones. Todos los metales

se expanden con el calor y se contraen al enfriarse. Ciertas aleaciones, como las de platino e iridio, tienen un coeficiente de dilatación extremadamente bajo.

Los metales suelen ser duros y resistentes. Aunque existen ciertas variaciones de uno a otro, en general los metales tienen las siguientes propiedades: dureza o resistencia a ser rayados; resistencia longitudinal o resistencia a la rotura; elasticidad o capacidad de volver a su forma original después de sufrir deformación; maleabilidad o posibilidad de cambiar de forma por la acción del martillo; resistencia a la fatiga o capacidad de soportar una fuerza o presión continuadas, y ductilidad o posibilidad de deformarse sin sufrir roturas.

### 1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

Es característico de los metales tener valencias positivas (Valencia: número que representa la capacidad de un átomo o radical individual para combinarse con otros átomos o radicales. El valor expresa el número de electrones que un átomo puede dar a —o aceptar de— otro átomo (o radical) durante una reacción química.) en la mayoría de sus compuestos. Esto significa que tienden a ceder electrones a los átomos con los que se enlazan. También tienden a formar óxidos básicos. Por el contrario, elementos no metálicos como el nitrógeno, azufre y cloro tienen valencias negativas en la mayoría de sus compuestos, y tienden a adquirir electrones y a formar óxidos ácidos.

Los metales tienen energía de ionización (Energía de ionización, cantidad de energía que se necesita para separar el electrón menos fuertemente unido de un átomo neutro gaseoso en su estado fundamental (estado energético más bajo)), baja: reaccionan con facilidad perdiendo electrones para formar iones positivos o cationes. De este modo, los metales forman sales como cloruros, sulfuros y carbonatos, actuando como agentes reductores (donantes de electrones).



### 1.3 PROPIEDADES MECANICAS

En ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas con una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa), una deformación permanente o una fractura. Los efectos de una fuerza externa dependientes del tiempo son la plastodeformación y la fatiga, que se definen más adelante.

La tensión es una fuerza que tira; por ejemplo, la fuerza que actúa sobre un cable que sostiene un peso. Bajo tensión, un material suele estirarse, y recupera su longitud original si la fuerza no supera el límite elástico del material. Bajo tensiones mayores, el material no vuelve completamente a su situación original, y cuando la fuerza es aún mayor, se produce la ruptura del material.

La compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete un material a una fuerza de flexión, cizalladura o torsión, actúan simultáneamente fuerzas de tensión y de compresión. Por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime.

La plastodeformación es una deformación permanente gradual causada por una fuerza continuada sobre un material. Los materiales sometidos a altas temperaturas son especialmente vulnerables a esta deformación. La pérdida de presión gradual de las tuercas, la combadura de cables tendidos sobre distancias largas o la deformación de los componentes de máquinas y motores son ejemplos visibles de plastodeformación. En muchos casos, esta deformación lenta cesa porque la fuerza que la produce desaparece a causa de la propia deformación. Cuando la plastodeformación se prolonga durante mucho tiempo, el material acaba rompiéndose.

La fatiga puede definirse como una fractura progresiva. Se produce cuando una pieza mecánica está sometida a un esfuerzo repetido o cíclico, por ejemplo una vibración. Aunque el esfuerzo máximo nunca supere el límite elástico, el material puede romperse incluso después de poco tiempo. En algunos metales, como las

aleaciones de titanio, puede evitarse la fatiga manteniendo la fuerza cíclica por debajo de un nivel determinado. En la fatiga no se observa ninguna deformación aparente, pero se desarrollan pequeñas grietas localizadas que se propagan por el material hasta que la superficie eficaz que queda no puede aguantar el esfuerzo máximo de la fuerza cíclica. El conocimiento del esfuerzo de tensión, los límites elásticos y la resistencia de los materiales a la plastodeformación y la fatiga son extremadamente importantes en ingeniería.

### 1.4 ESTRUCTURA ELECTRÓNICA

En sus primeros esfuerzos para explicar la estructura electrónica de los metales, los científicos esgrimieron las propiedades de su buena conductividad térmica y eléctrica para apoyar la teoría de que los metales se componen de átomos ionizados, cuyos electrones libres forman un “mar” homogéneo de carga negativa. La atracción electrostática entre los iones positivos del metal y los electrones libres, se consideró la responsable del enlace entre los átomos del metal. Así, se pensaba que el libre movimiento de los electrones era la causa de su alta conductividad eléctrica y térmica. La principal objeción a esta teoría es que en tal caso los metales debían tener un calor específico superior al que realmente tienen.

En 1928, el físico alemán Arnold Sommerfeld sugirió que los electrones en los metales se encuentran en una disposición cuántica en la que los niveles de baja energía disponibles para los electrones se hallan casi completamente ocupados. En el mismo año, el físico estadounidense de origen suizo Felix Bloch, y más tarde el físico francés Louis Brillouin, aplicaron esta idea en la hoy aceptada “teoría de bandas” para los enlaces en los sólidos metálicos.

De acuerdo con dicha teoría, todo átomo de metal tiene únicamente un número limitado de electrones de valencia con los que unirse a los átomos vecinos. Por ello se requiere un amplio reparto de electrones entre los átomos individuales. El reparto de electrones

se consigue por la superposición de orbitales atómicos de energía equivalente con los átomos adyacentes. Esta superposición va recorriendo todo el metal, formando amplios orbitales que se extienden por todo el sólido, en vez de pertenecer a átomos concretos. Cada uno de estos orbitales tiene un nivel de energía distinto debido a que los orbitales atómicos de los que proceden, tenían a su vez diferentes niveles de energía. Los orbitales, cuyo número es el mismo que el de los orbitales atómicos, tienen dos electrones cada uno y se van llenando en orden de menor a mayor energía hasta agotar el número de electrones disponibles. En esta teoría se dice que los grupos de electrones residen en bandas, que constituyen conjuntos de orbitales.

Cada banda tiene un margen de valores de energía, valores que deberían poseer los electrones para poder ser parte de esa banda. En algunos metales se dan interrupciones de energía entre las bandas, pues los electrones no poseen ciertas energías. La banda con mayor energía en un metal no está llena de electrones, dado que una característica de los metales es que no poseen suficientes electrones para llenarla. La elevada conductividad eléctrica y térmica de los metales se explica así por el paso de electrones a estas bandas con defecto de electrones, provocado por la absorción de energía térmica.

## 2. APLICACIONES

### 2.1 GALVANOTECNIA

Proceso electroquímico por el cual se deposita una capa fina de metal sobre una base generalmente metálica. Los objetos se galvanizan para evitar la corrosión, para obtener una superficie dura o un acabado atractivo, para purificar metales (como en la refinación electrolítica del cobre), para separar metales para el análisis cuantitativo o como es el caso de la electrotipia, para reproducir un molde. Los metales que se utilizan normalmente en Galvanotécnica son: cadmio, cromo, cobre, oro, níquel, plata y estaño. Las cuberterías plateadas, los accesorios cromados de automóvil y los

recipientes de comida estañados son productos típicos de Galvanotécnica.

En este proceso, el objeto que va a ser cubierto se coloca en una disolución (baño) de una sal del metal recubridor, y se conecta a un terminal negativo de una fuente de electricidad externa. Otro conductor, compuesto a menudo por el metal recubridor, se conecta al terminal positivo de la fuente de electricidad. Para el proceso es necesaria una corriente continua de bajo voltaje, normalmente de 1 a 6 V. Cuando se pasa la corriente a través de la disolución, los átomos del metal recubridor se depositan en el cátodo o electrodo negativo. Esos átomos son sustituidos en el baño por los del ánodo (electrodo positivo), si está compuesto por el mismo metal, como es el caso del cobre y la plata. Si no es así, se sustituyen añadiendo al baño periódicamente la sal correspondiente, como ocurre con el oro y el cromo. En cualquier caso, se mantiene un equilibrio entre el metal que sale y el metal que entra en la disolución hasta que el objeto está galvanizado. Los materiales no conductores pueden ser galvanizados si se cubren antes con un material conductor como el grafito. La cera o los diseños de plástico para la electrotipia, y las matrices de los discos fonográficos se recubren de esta manera.

Para asegurar una cohesión estrecha entre el objeto a ser recubierto y el material recubridor, hay que limpiar el objeto a fondo, ya sea sumergiéndolo en una disolución ácida o cáustica, o bien utilizándolo como ánodo en un baño limpiador durante un instante. Para eliminar irregularidades en las depresiones de la placa y asegurar que la textura de su superficie es de buena calidad y propicia para el refinado, hay que controlar cuidadosamente la densidad de la intensidad de corriente (amperios por metro cuadrado de superficie de cátodo) y la temperatura. Con frecuencia se añaden al baño ciertos coloides<sub>(6)</sub> o compuestos especiales para mejorar la uniformidad de la superficie de la placa.

Algunos metales, en concreto el cromo, tienen poco poder desprendedor, es decir, tienden a recubrir excesivamente las protuberancias y dejan las grietas del ánodo completamente desnudas.

## 2.2 METALISTERÍA

Nombre dado en el campo de las bellas artes y las artes decorativas al trabajo de objetos de valor artístico, decorativo o utilitario, realizado a base de uno o varios tipos de metal —incluidos los preciosos— por fundido, martillado, soldadura o combinación de esas técnicas.

### 2.2.1 ORÍGENES DE LA METALISTERÍA

A lo largo de la historia los metales se han utilizado como material para la elaboración de objetos tanto utilitarios como decorativos. En el siglo I a.C. el trabajo de los metales de mayor uso actual —hierro, cobre, estaño, plomo, oro y plata— ya tenía tras de sí una larga historia que había comenzado unos diez mil años antes con el trabajo del cobre. La distinción entre metales preciosos (oro, plata y, desde el siglo XVIII, platino) y no preciosos (hierro, cobre, estaño y plomo) procede de las antiguas civilizaciones del Oriente Próximo y de la Europa prehistórica. El oro y la plata, considerados sagrados por los adoradores del Sol y la Luna, estaban en un principio reservados para usos religiosos rituales, fabricación de objetos para templos y para la joyería, así como para los utensilios ceremoniales de figuras semisagradas como los faraones del antiguo Egipto, los reyes-sacerdotes de Oriente Próximo y los jefes tribales europeos desde España hasta el Cáucaso<sup>(6)</sup>. A medida que estos materiales tan apreciados se hicieron más abundantes sirvieron para proclamar el rango social de un grupo más amplio, la elite de cada sociedad: su nobleza y sus grandes guerreros. El uso del oro y de la plata se extendió al adorno personal, a las pertenencias de cada uno como los utensilios para comer y beber, las armas y a otros objetos, e incluso a piezas de mobiliario como espejos, pies de lámpara, sillas y

camas. Poco a poco fueron adquiriendo un valor intrínseco que acabó por expresarse en las primeras monedas, discos de oro y plata con una estampación que emitieron los lidios en Asia Menor en el siglo VII a.C. Pronto el concepto de acuñación se extendió por todo el Oriente Próximo y llegó a Grecia y desde entonces las monedas siempre han sido consideradas en la doble vertiente de objetos bellos al mismo tiempo que valiosos. Los metales no preciosos como el hierro y el bronce eran apreciados por su resistencia, en especial para armas y herramientas; el cobre, el estaño y el plomo empezaron a emplearse, sobre todo por su utilidad o durabilidad, para objetos de cocina, almacenamiento o para reforzar todo tipo de construcciones de madera. En la antigüedad se descubrió que los metales tenían la propiedad particular de poder mezclarse o alearse en diversas combinaciones y proporciones para conseguir materiales mejores para fines diversos. De la mezcla de cobre y estaño se obtenía bronce y de la de plomo y estaño, peltre. El ingenio y el conocimiento científico cada vez mayor han explotado esta propiedad de los metales durante los últimos 2.000 años, de tal forma que, aunque todavía es común el uso de las denominaciones hierro, cobre, plomo, plata y oro, casi todos los productos metálicos son, en realidad, de aleaciones muy cuidadas y complejas. Sin embargo, dentro de las bellas artes y las artes decorativas los metales se han utilizado en su estado natural o en aleaciones sencillas.

### 2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA METALISTERÍA

Hay ciertas características que comparten todos los metales: superficie lisa uniforme, gran resistencia y durabilidad, así como maleabilidad (capacidad de poder trabajarse para obtener casi cualquier tipo de forma). Esta maleabilidad inherente a los metales hace que se puedan trabajar por presión cuando están en estado sólido o con moldes cuando se licúan por calentamiento. Además, los metales son reciclables (a diferencia de la piedra o la madera) ya que pueden fundirse y aprovecharse para hacer nuevos objetos. Esta propiedad fue muy valorada tras el descubrimiento de la fundición

(extracción del metal calentando el mineral), que data de mediados del quinto milenio a.C.

### 2.2.3 TÉCNICAS DE LA METALISTERÍA

Las técnicas para trabajar los metales se desarrollaron muy lentamente y, durante mucho tiempo, estuvieron en relación con el progreso de la metalurgia (extracción de una masa de metal de la tierra). Hoy día los expertos sostienen que la metalurgia no se desarrolló hasta que los seres humanos no adoptaron un tipo de vida sedentario, caracterizado por la agricultura y la cría de ganado. Parece ser que donde primero se dieron estas condiciones fue en la zona del noreste de Persia, donde abundaba el cobre, las rocas ricas en metal, la malaquita (de la que se puede obtener cobre) y los bosques que proporcionaban madera, es decir, energía para los hornos. Los persas desarrollaron los fundamentos de la metalistería utilizando el cobre de la zona y variando las técnicas para aplicarlas a otros metales a medida que los fueron descubriendo. Hoy, por lo general, se acepta la teoría de la difusión: las técnicas se desarrollaron en el noreste de Persia pero los productos, y probablemente también los productores, se fueron desplazando poco a poco hacia otras áreas gracias al comercio y a la emigración. Las técnicas se difundieron hacia las civilizaciones del valle de Mesopotamia, a través de la zona occidental de Persia y la costa mediterránea oriental hasta llegar a Egipto, hacia el norte de África y de allí hasta España. Una segunda ruta partía del oeste de Persia a Anatolia y desde allí, cruzando el Helesponto, hacia Europa. Esta difusión comenzó alrededor del quinto milenio a.C. y continuó durante más de 2.000 años.

#### 2.2.3.1 Técnicas primitivas

La metalistería más antigua es la del cobre, que se remonta quizá a fechas tan lejanas como el 11000 a.C., utilizando pequeñas pepitas de cobre recogidas del suelo o del agua. Es probable que al principio esas pepitas se consideraran como un tipo especial de piedra de

atractivo colorido, que podían afilarse o golpearse —métodos que ya se usaban para trabajar la piedra, el sílex<sub>(G)</sub> y la obsidiana<sub>(G)</sub>— para hacer adornos.

#### 2.2.3.1.1 Recocido

El siguiente paso fue el descubrimiento, alrededor del 5000 a.C., de que esas pepitas podían trabajarse mediante martillado si se las calentaba al rojo vivo y después se las dejaba enfriar; si esto se hacía varias veces, durante el martillado el material permanecía blando y fácil de trabajar. Los fuegos que se hacían con madera común producían el calor suficiente como para llevar a cabo este proceso, que se conoce como recocido. Si el metal se somete a un martillado constante sin haberlo recocido, se torna demasiado duro y quebradizo y aparecen las consiguientes grietas irregulares.

#### 2.2.3.1.2 Fundición

El siguiente descubrimiento tuvo lugar después de inventarse el horno cerrado de dos cámaras para la cerámica, en el que se logran temperaturas muchísimo más altas que las de los hornos abiertos utilizados para la alfarería a baja temperatura. Esto ocurrió probablemente, casi con seguridad, antes del 4000 a.C. y condujo, unos 500 años más tarde, primero a la fundición de pequeños trozos de cobre y malaquita (de la que, en determinadas condiciones, puede extraerse cobre) y, más adelante, a fundir grandes cantidades de mineral de cobre en hornos que al principio se parecían a los de dos cámaras para cerámica. Hasta el momento en que se pudo fundir, no se produjo un incremento importante en el suministro de cobre y objetos hechos con él.

### 2.2.3.1.3 Aleaciones

**Disco de bronce antiguo** La técnica para la elaboración del bronce, aleación de cobre y estaño, se remonta a la antigüedad. Este disco de bronce con la cabeza de Aqueloo, dios etrusco del río, data de principios del siglo V a.C. y procede de la necrópolis del monte Quaglieri, en Tarquinia.



Disco de Bronce

Enciclopedia Encarta 2003

Finalmente, el descubrimiento de la fundición llevó al desarrollo de aleaciones simples que se realizaban mezclando diferentes minerales durante el proceso de fundido. Esto ocurrió después de un periodo intermedio, alrededor del 3000 a.C., en el que se observó que los minerales compuestos —rocas que presentaban una o dos partículas metálicas diferentes— producían un metal superior. El cobre obtenido por fundición continuó dedicándose al principio a herramientas pequeñas y a adornos realizados con las antiguas técnicas de martillado o afilado que se habían aplicado para el cobre en estado natural. Sin embargo, se ha descubierto que las armas y herramientas del periodo pre-dinástico en Egipto (c. 3200-3100 a.C.)

estaban hechas, sin lugar a dudas, con cobre fundido y vaciado. En Ur, Mesopotamia, se han extraído de las tumbas reales gran cantidad de objetos preciosamente trabajados en oro, plata, electro (aleación natural de oro y plata), cobre e incluso bronce primitivo. Muchos de estos objetos están hechos con el método de vaciado tanto a la cera perdida como a la arena.

### 2.2.3.1.4 Aplicación de técnicas

Hacia el 2500 a.C. ya se llevaba trabajando el cobre al menos 3.000 años y las principales técnicas de la metalistería habían pasado por procesos de desarrollo muy lentos. Para entonces estas técnicas también se aplicaban a otros metales, como la plata, el oro y las aleaciones de cobre y estaño con las que se obtiene el bronce. Las técnicas utilizadas para dar forma eran la de forja y batido en frío o en caliente, que evolucionaron a las técnicas del martillado y relieve, utilizando martillos blandos de hematites; la del recocido; la del afilado, que dio paso al pulido y lijado fino (esmerilado) usado en la producción de espejos; la de unión de dos láminas de metal con juntas superpuestas o remaches y más tarde por soldadura; y la técnica de colada o fundición. Después de inventarse esta última se utilizó el batido para reducir una pieza de metal a planchas, técnica que hubo de seguir utilizándose hasta que, en el siglo XVII, se inventó el laminador que permitía obtener planchas de metal por medios mecánicos.

Aunque para el trabajo del metal a nivel industrial se han introducido otros métodos, como el torneado, han sido y siguen siendo la soldadura, el batido, el recocido, el relieve y la colada los métodos artísticos que se utilizan para dar forma a los metales. Se supone que estos fueron los métodos utilizados por primera vez por las comunidades agrícolas de fin del neolítico que habitaban en la región montañosa del noreste de Persia.

### 2.2.3.2 Técnicas decorativas

Se cree que la mayor parte de las técnicas decorativas se desarrollaron cuando el material crudo refinado llegó, gracias al comercio, a las civilizaciones urbanas más evolucionadas del suroeste de Persia, Mesopotamia y Egipto. Al mismo tiempo empezaron a surgir distintos tipos de artesanos como el orfebre, que labra objetos de oro, plata u otros metales preciosos, y el platero especializado en trabajar la plata.

#### 2.2.3.2.1 Repujado

**Vasos de Vafió** Los vasos de Vafió (siglo XV a.C.) están realizados con dos láminas de oro superpuestas. La interior es lisa y la exterior presenta decoraciones repujadas con escenas rituales taurinas. Los vasos fueron hallados en una tumba de Vafió, cerca de Esparta, y están considerados ejemplos capitales del arte minoico.



La decoración de los metales depende de su relativa maleabilidad. Probablemente la forma de decoración más antigua surgió de los propios procesos de batido que se empleaban para dar forma al objeto, ya que es posible hacer surcos o aristas golpeando la superficie o, en el caso de láminas de metal, el envés del material. De esta forma se obtiene el agradable efecto de nervaduras paralelas como las que presentan los vasos y otros recipientes encontrados en

las tumbas reales de Ur. Mediante un martilleo más localizado y específico puede realizarse todo tipo de relieves, desde sencillas protuberancias hasta acabados de efecto pictórico. Esta técnica, conocida como repujado, se ha utilizado durante más de 4.000 años y alcanzó su apogeo en los utensilios religiosos y de uso doméstico realizados en oro y plata en la Europa de los siglos XVI y XVII.

#### 2.2.3.2.2 Grabado y cincelado

También pueden realizarse diseños sobre la superficie, bien sea eliminando una franja angosta de metal con una herramienta de corte o grabado, o bien presionando la superficie con una punta roma y martillando a lo largo de la línea del dibujo sin eliminar metal. La primera opción se llama grabado y la segunda cincelado, técnicas reservadas principalmente para el trabajo de los metales preciosos.

#### 2.2.3.2.3 Deslustrado, grabado al agua fuerte y oxidación

Otro método de decoración de la superficie es imprimir un diseño repetitivo de líneas (suele utilizarse para los metales preciosos), creando así zonas rayadas o mates que contrastan con las que mantienen su brillo y reflejos. Otro consiste en oscurecer algunas zonas del objeto aplicándole un ácido, o aguafuerte, que se suele utilizar en las armaduras de acero y en las partes de este metal de las armas. En el siglo XIX se inventó un proceso de oxidación intencionada que consistía en aplicar azufre sobre una superficie de plata pulida, con lo que se obtenía un sutil efecto de oscurecimiento.

#### 2.2.3.2.4 Dorado y damasquinado

Pueden conseguirse efectos decorativos muy lujosos cubriendo un metal con otro, como en los objetos de plata, bronce y acero que han

sido dorados total o parcialmente, o incrustando un metal en otro, como por ejemplo incrustando hilos de plata y oro en bronce, acero, oro, cobre y latón. Este último método fue perfeccionado en el mundo árabe durante la edad media y se llama damasquinado puesto que la ciudad Siria de Damasco era famosa por este tipo de trabajo. Las vasijas ceremoniales chinas de bronce del primer milenio a.C. presentaban exquisitos damasquinados en oro y plata. En Europa durante el siglo XVI se empleó para decorar armas y armaduras. Más tarde, su uso quedó limitado al adorno de pequeños objetos, técnica muy practicada en España, sobre todo en Toledo y Granada.

#### 2.2.3.2.5 Granulación y filigrana

Otras técnicas de decoración de la superficie que utilizan un metal sobre otro son el granulado y la filigrana. La granulación, que se utiliza en joyería, sólo puede hacerse con el oro y consiste en soldar partículas de oro sobre superficies del mismo metal. Los mejores ejemplos de este trabajo son los que realizaron los etruscos en los siglos VI y V a.C. Las partículas eran tan diminutas que parecía que la superficie tenía una pelusa de oro.

La filigrana puede realizarse con oro o plata y consiste en confeccionar diseños calados con dos o tres hilos finísimos de oro o plata entrelazados o trenzados. En los siglos XVI y XVII la filigrana tuvo gran difusión en la decoración de jarras, vasos y copas, sobre todo en Italia, España y Alemania, y durante los siglos XVIII y XIX en Latinoamérica. En Rusia y en los países escandinavos la filigrana se continúa utilizando en la artesanía local para realizar cajas, estuches de espejos y joyas de inspiración campesina. Es, obviamente, un trabajo de gran fragilidad y suele llevar, excepto en joyería, un material de refuerzo. También se realizan trabajos de filigrana en España e Italia, aunque fundamentalmente como recuerdo turístico.

El trabajo de efectos similares al calado. Utilizado sobre todo para adornos de objetos de plata y algunas joyas, se denomina ajouré y se logra cortando y perforando el metal para obtener el diseño deseado. El ajouré gozó de gran aceptación desde finales del siglo XVII hasta

comienzos del siglo XIX. También pueden aplicarse pequeños motivos recortados o calados sobre una superficie plana para obtener una decoración en relieve, método que se ha venido utilizando durante más de 4.000 años.

#### 2.2.3.2.6 Ornamentación con otros materiales

Todas las civilizaciones en las que existe una clase social alta o acaudalada han utilizado, desde hace más de cuatro milenios, la metalistería decorativa enriquecida con otros materiales, entre los que se incluyen las piedras preciosas o semipreciosas, los esmaltes y una amplia variedad de materiales como maderas exóticas, marfil, jade, ámbar y niel (lámina de plata esmaltada en negro). En tiempos remotos, los objetos ceremoniales a veces estaban decorados con tanto exotismo como las joyas y los instrumentos del culto. En épocas más recientes, este tipo de metalistería decorativa ha quedado reservada a los objetos personales y a la joyería.

#### 2.2.3.3 La metalistería como arte

Cuando se considera el uso de los metales dentro de las manifestaciones artísticas, no hay que olvidar que hasta la Revolución Industrial no se distinguía entre objetos utilitarios fabricados a máquina y objetos decorativos hechos a mano. Durante miles de años, hasta mediado el siglo XVIII, todo se hizo necesariamente a mano y, aunque tuviesen un propósito práctico, los objetos se hacían y decoraban de modo que tuviesen un atractivo estético.

### 2.2.4 TIPOS DE METALISTERÍA

La forma, función y aspecto de los objetos de metal vienen dados en gran parte por el tipo de material utilizado. Los metales preciosos (oro y plata) son los más blandos; los metales no preciosos (cobre, estaño, plomo y hierro) y sus aleaciones (bronce, latón y peltre)

pueden tener características muy diferentes entre sí. Sin embargo, en la metalistería del renacimiento y de los siglos posteriores, estas características se entremezclan como ocurrió, por ejemplo, en los siglos XVII y XVIII cuando se trabajó el hierro forjado con exquisito refinamiento.

#### 2.2.4.1 Oro

Las pepitas y el polvo de oro se encuentran en muchas partes del mundo, ya sea en la superficie de la tierra o en arroyos y ríos poco profundos, y su belleza y relativa maleabilidad hicieron de él desde tiempos remotos un material atractivo para fines religiosos u ornamentales.

#### 2.2.4.2 Plata

En la antigüedad la plata comenzó a producirse en la región conocida como el Ponto, ubicada en la costa sur del mar Negro, donde hoy se encuentra la zona oriental de Turquía, y se produjo fundiendo galena, mineral que contiene plomo con una pequeña proporción de plata. Este hallazgo fue posterior a la primera fusión de minerales de cobre que tuvo lugar más al este, aunque es probable que no pasara mucho tiempo entre uno y otro, ya que el mineral de galena tiene un brillo evidentemente prometedor. Puede ser que los primeros en reconocer su potencial metálico fueran fundidores de cobre inmigrantes. Es probable que el descubrimiento de que, sometido a una calcinación prolongada, el plomo acaba quemándose y desapareciendo en su totalidad, dejando un pequeño glóbulo de plata, fuera accidental.

#### 2.2.4.3 Bronce

El bronce, aleación de cobre y estaño, comenzó a producirse alrededor del 1500 a.C. en todo el continente eurasiático. Es probable que el bronce primitivo encontrado en pequeñas cantidades en las antiguas tumbas sumerias provenga de la fusión de minerales

relativamente raros que presentan una mezcla natural. Sin embargo, en Europa había gran abundancia de estaño y cobre. La mayoría de los expertos coinciden en afirmar que, aunque la fusión del cobre era muy practicada (probablemente debido a los contactos con Oriente Próximo), hacia finales del tercer milenio a.C. los minerales de estaño y cobre se aleaban para producir lo que se consideraba una forma superior de cobre (más fluido en caliente y más duro en frío). El bronce era más fácil de colar que el cobre y con él se conseguían mejores herramientas y armas. Pronto se refinó el método de aleación que consistía en fundir el estaño y el cobre por separado y después fusionarlos controlando las proporciones. Los contactos comerciales llevaron el estaño europeo hacia el Este.

#### 2.2.4.4 Cobre

La gran estatua del faraón Pepi (Piops) I de la VI Dinastía, que reinó alrededor de 2395-2360 a.C., realizada aproximadamente en el año 2300 a.C. (Museo de El Cairo) con láminas de cobre martillado, constituye la prueba de que el cobre pudo haberse utilizado en las obras artísticas más de lo que normalmente se supone.

#### 2.2.4.5 Plomo y peltre

Los romanos, cuyo trabajo de refinamiento de la plata les proporcionó una superabundancia de plomo, lo destinaron sobre todo a fines utilitarios. Por ser un metal muy blando y fácil de trabajar se utilizó en los tejados, para ataúdes, cisternas de agua, conductos e instalación de cañerías.

##### 2.2.4.5.1 Plomo

En la edad media el plomo se utilizaba en la arquitectura europea para la decoración de exteriores. En Inglaterra se usó con profusión como cubierta de tejados y para los canalones de recogida de agua de lluvia. Entre los siglos XII y XV se fabricaron pilas bautismales de



plomo con decoraciones en relieve realizadas por colado. En el siglo XVII se pusieron de moda las estatuas de plomo en los jardines, moda que continuó hasta principios del siglo XVIII, y durante el siglo XVI los orfebres y plateros alemanes usaron plantillas de plomo colado para proporcionar diseños a otros orfebres. Estas plantillas, que se exportaron a muchos lugares de Europa con los diseños más vanguardistas, tanto abstractos como figurativos, y que reproducían fielmente todos los detalles de originales tallados en madera o piedra blanda, constituyen en la actualidad objetos muy preciados para los coleccionistas.

#### 2.2.4.5.2 Peltre

Los romanos obtenían el estaño en dos de sus provincias, la península Ibérica y las islas Británicas. Aunque se trataba de un ingrediente importante para la obtención de bronce, a partir del siglo III d.C. comenzó a mezclarse con plomo para conseguir peltre. Sin embargo, no se han conservado más allá de unos centenares de piezas de peltre de la época romana. Desde entonces hasta el siglo XIV no se conocen más obras en peltre que los cálices y patenas encontrados en las tumbas de sacerdotes de Metz, Francia. A pesar de ello, parece probable que se hicieran un número considerable de piezas de este material. A partir del siglo XI se autorizó a las iglesias más pobres a utilizar el peltre en lugar de la plata para fabricar bandejas para la comunión y, en el siglo XIV, cuando se reguló su uso en Inglaterra, el trabajo del peltre era un oficio floreciente. Se utilizaba habitualmente para los recipientes de comida y bebida de las clases sociales bajas de toda Europa.

Este metal, del color de la plata cuando está nuevo, se oscurece con el uso adquiriendo un atractivo lustre gris. Se trabajaba de la misma forma que la cerámica o la plata. Sin embargo, en los siglos XVI y XVII algunas piezas presentaban una decoración con motivos vaciados, sobre todo en las tapas y asas de las jarras (tarros) de cerveza. En Alemania, Suiza y Escandinavia era muy común la decoración incisa o las líneas ondulantes hechas con el torno.

El peltre estadounidense es muy apreciado por los coleccionistas por su magnitud y elegancia y por estar asociado a la historia de los comienzos de la nación. Es frecuente encontrar en las piezas la fecha y las iniciales de sus dueños. Las piezas antiguas son raras ya que era práctica común que, al estar viejas o deformadas, se entregaran a los artesanos que las fabricaban como parte del pago de las nuevas. En el siglo XIX el peltre fue sustituido por metales no preciosos con baño de plata, aunque actualmente ha vuelto a utilizarse en la fabricación de objetos de uso doméstico como jarras de cerveza y vajillas y cuberterías.

#### 2.2.4.6 Hierro

En las tumbas egipcias se han encontrado pequeñas joyas de hierro procedente de meteoritos y no cabe duda de que durante mucho tiempo se atesoró para ocasiones especiales. Pero parece ser que fueron los hititas de Anatolia quienes primero supieron controlar, hacia el 1400 a.C., la obtención del hierro a partir del mineral. Las armas de superior calidad que lograron hacer con el hierro les otorgaron una ventaja temporal sobre sus vecinos. Para ser un metal tan versátil, funcional y fuerte, resulta sorprendente que el hierro se haya utilizado a lo largo de la historia también con propósitos decorativos y artísticos.

Los chinos fueron los primeros en fundir el hierro; desde el siglo VI d.C. lo utilizaron para basamentos de pagodas y otros edificios. En Europa, el hierro era forjado —esto es, martillado en caliente para darle la forma deseada— por un grupo especial de trabajadores que en la actualidad se llaman herreros. Éstos forjaban cofres, armas y piezas de gran tamaño, como las enormes aldabas y argollas de las inmensas puertas de castillos y catedrales, así como franjas con hermosas volutas para el reforzamiento de las puertas. Durante los siglos XVI y XVII fueron célebres en Europa las fargues (forjas) catalanas y las ferrerías vascas. En los siglos XVII y XVIII se popularizaron las rejas de hierro forjado con soberbios trabajos que,

vistos desde lejos, semejan un encaje. En Europa, España e Italia se distinguían especialmente por las soberbias piezas realizadas en este metal. En el siglo XVI las armaduras de acero se decoraban profusamente con motivos grabados o realizados al aguafuerte. Los armeros que las fabricaban utilizaban un acero derivado del hierro y aplicaban muchas técnicas de forjado en caliente promovidas por los herreros a lo largo de varios siglos. En Inglaterra, en el siglo XIX, cuando se implantó el movimiento Arts & Crafts, se realizaron algunas piezas excepcionales en hierro forjado.

Es posible que la fundición del hierro se introdujera en Europa tras conocerse el éxito alcanzado por los chinos. Durante largo tiempo tuvo pocas aplicaciones artísticas, aunque los cubrechimeneas de hierro colado introducidos en el siglo XV continuaron teniendo gran aceptación en los siglos posteriores. En Alemania, Suiza, Escandinavia y los Países Bajos se hacían placas rectangulares de hierro colado para las estufas de leña, que a menudo se decoraban en el momento del colado con un relieve figurativo o abstracto por medio de moldes. Hacia finales del siglo XVIII el hierro forjado empezó a ser sustituido por el hierro colado, que resultaba más barato, en rejas, balcones, barandillas, muebles y objetos decorativos para jardines; estas obras, que en otros tiempos fueron consideradas de mala calidad y escaso mérito artístico, han pasado en nuestros días a tener cierto atractivo para los coleccionistas.

### 2.3 METALIZACIÓN

Proceso metalúrgico para añadir a un metal capas del mismo material o de metales diferentes. La combinación resultante puede tener propiedades de solidez, conductividad, resistencia a la corrosión<sub>(G)</sub> mejores o costes más económicos que los de un metal o aleación uniforme. Un ejemplo es el llamado oro laminado, formado por un núcleo de latón o acero cuyo exterior se cubre de una capa de oro. Los componentes aeronáuticos metalizados pueden tener una capa gruesa de aleación de aluminio —muy resistente— en el centro y una delgada capa exterior de aluminio puro para protegerlos de la

corrosión<sub>(G)</sub>. Las diferentes capas de metal suelen calentarse y laminarse juntas. Otros métodos de metalización son el fundido, la soldadura, la electrólisis y el vertido de metal fundido alrededor de un núcleo endurecido. Además de en forma de láminas, los metales chapados también se producen en forma de alambre, barras o tubos.

### 2.4 SOLDADURA

En ingeniería, procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar.

La mayor parte de procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria del motor, en la

aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier producto hecho con metales.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

El procedimiento de soldadura por presión original es el de soldadura de fragua, practicado durante siglos por herreros y artesanos. Los metales se calientan en un horno y se unen a golpes de martillo. Esta técnica se utiliza cada vez menos en la industria moderna.

#### 2.4.1 SOLDADURA ORDINARIA O DE ALEACIÓN

Es el método utilizado para unir metales con aleaciones metálicas que se funden a temperaturas relativamente bajas. Se suele diferenciar entre soldaduras duras y blandas, según el punto de fusión y resistencia de la aleación utilizada. Los metales de aportación de las soldaduras blandas son aleaciones de plomo y estaño y, en ocasiones, pequeñas cantidades de bismuto. En las soldaduras duras se emplean aleaciones de plata, cobre y cinc (soldadura de plata) o de cobre y cinc (latón soldadura).

Para unir dos piezas de metal con aleación, primero hay que limpiar su superficie mecánicamente y recubrirla con una capa de fundente, por lo general resina o bórax. Esta limpieza química ayuda a que las piezas se unan con más fuerza, ya que elimina el óxido de los metales. A continuación se calientan las superficies con un soldador o soplete, y cuando alcanzan la temperatura de fusión del metal de aportación se aplica éste, que corre libremente y se endurece cuando se enfría. En el proceso llamado de resudación se aplica el metal de aportación a las piezas por separado, después se colocan juntas y se calientan. En los procesos industriales se suelen emplear hornos para calentar las piezas.

Este tipo de soldadura lo practicaban ya, hace más de 2.000 años, los fenicios y los chinos. En el siglo I d.C., Plinio habla de la soldadura con estaño como procedimiento habitual de los artesanos en la elaboración de ornamentos con metales preciosos; en el siglo XV se conoce la utilización del bórax como fundente.

#### 2.4.2 SOLDADURA POR FUSIÓN

Este tipo agrupa muchos procedimientos de soldadura en los que tiene lugar una fusión entre los metales a unir, con o sin la aportación de un metal, por lo general sin aplicar presión y a temperaturas superiores a las que se trabaja en las soldaduras ordinarias. Hay muchos procedimientos, entre los que destacan la soldadura por gas, la soldadura por arco y la aluminotérmica. Otras más específicas son la soldadura por haz<sub>(G)</sub> de partículas, que se realiza en el vacío mediante un haz<sub>(G)</sub> de electrones o de iones, y la soldadura por haz<sub>(G)</sub> luminoso, que suele emplear un rayo láser como fuente de energía.

##### 2.4.2.1 Soldadura por gas

La soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación. Este sistema tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la corriente eléctrica. Según la mezcla gaseosa utilizada se distingue entre soldadura oxiacetilénica (oxígeno/acetileno) y oxihídrica (oxígeno/hidrógeno), entre otras.

### 2.4.2.2 Soldadura por arco

Soldadura de arco La soldadura de arco aprovecha el intenso calor que produce un arco voltaico. El arco se forma cuando fluye una corriente entre dos electrodos separados. La corriente atraviesa el aire —u otro gas— situado entre los electrodos, y produce luz y calor. Una pantalla protectora permite al soldador observar el proceso sin sufrir daños en la vista.

Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados, sobre todo para soldar acero, y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión.

La soldadura por arco tiene ciertas ventajas con respecto a otros métodos. Es más rápida debido a la alta concentración de calor que se genera y por lo tanto produce menos distorsión en la unión. En algunos casos se utilizan electrodos fusibles, que son los metales de aportación, en forma de varillas recubiertas de fundente o desnudas; en otros casos se utiliza un electrodo refractario de wolframio y el metal de aportación se añade aparte. Los procedimientos más importantes de soldadura por arco son con electrodo recubierto, con protección gaseosa y con fundente en polvo.

#### 2.4.2.2.1 Soldadura por arco con electrodo recubierto

En este tipo de soldadura el electrodo metálico, que es conductor de electricidad, está recubierto de fundente y conectado a la fuente de corriente. El metal a soldar está conectado al otro borne de la fuente eléctrica. Al tocar con la punta del electrodo la pieza de metal se forma el arco eléctrico. El intenso calor del arco funde las dos partes a unir y la punta del electrodo, que constituye el metal de aportación. Este procedimiento, desarrollado a principios del siglo XX, se utiliza sobre todo para soldar acero.

#### 2.4.2.2.2 Soldadura por arco con protección gaseosa

Es la que utiliza un gas para proteger la fusión del aire de la atmósfera. Según la naturaleza del gas utilizado se distingue entre soldadura MIG, si utiliza gas inerte, y soldadura MAG, si utiliza un gas activo. Los gases inertes utilizados como protección suelen ser argón y helio; los gases activos suelen ser mezclas con dióxido de carbono. En ambos casos el electrodo, una varilla desnuda o recubierta con fundente, se funde para rellenar la unión.

Otro tipo de soldadura con protección gaseosa es la soldadura TIG, que utiliza un gas inerte para proteger los metales del oxígeno, como la MIG, pero se diferencia en que el electrodo no es fusible; se utiliza una varilla refractaria de wolframio. El metal de aportación se puede suministrar acercando una varilla desnuda al electrodo.

#### 2.4.2.2.3 Soldadura por arco con fundente en polvo

Este procedimiento, en vez de utilizar un gas o el recubrimiento fundente del electrodo para proteger la unión del aire, usa un baño de material fundente en polvo donde se sumergen las piezas a soldar. Se pueden emplear varios electrodos de alambre desnudo y el polvo sobrante se utiliza de nuevo, por lo que es un procedimiento muy eficaz.

#### 2.4.2.3 Soldadura aluminotérmica

El calor necesario para este tipo de soldadura se obtiene de la reacción química de una mezcla de óxido de hierro con partículas de aluminio muy finas. El metal líquido resultante constituye el metal de aportación. Se emplea para soldar roturas y cortes en piezas pesadas de hierro y acero, y es el método utilizado para soldar los raíles o rieles de los trenes.

#### 2.4.2.4 Soldadura por Presión

Este método agrupa todos los procesos de soldadura en los que se aplica presión sin aportación de metales para realizar la unión. Algunos procedimientos coinciden con los de fusión, como la soldadura con gases por presión, donde se calientan las piezas con una llama, pero difieren en que la unión se hace por presión y sin añadir ningún metal. El proceso más utilizado es el de soldadura por resistencia; otros son la soldadura por fragua (descrita más arriba), la soldadura por fricción y otros métodos más recientes como la soldadura por ultrasonidos (véase Sonido).

#### 2.4.2.5 Soldadura por resistencia

Este tipo de soldadura se realiza por el calentamiento que experimentan los metales debido a su resistencia al flujo de una corriente eléctrica. Los electrodos se aplican a los extremos de las piezas, se colocan juntas a presión y se hace pasar por ellas una corriente eléctrica intensa durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, como es la que mayor resistencia eléctrica ofrece, se calienta y funde los metales. Este procedimiento se utiliza mucho en la industria para la fabricación de láminas y alambres de metal, y se adapta muy bien a la automatización.

## 3. CLASIFICACIÓN

### 3.1 ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Grupo de elementos químicos que comparten estructuras orbitales electrónicas similares y por tanto tienen las mismas propiedades químicas. Se definen comúnmente como los 30 elementos con números atómicos de 21 a 30, de 39 a 48 y de 71 a 80.

#### 3.1.1 PROPIEDADES

Los elementos de transición presentan múltiples valencias o estados de oxidación que varían desde +1 hasta +8 según los compuestos. En los compuestos organometálicos, consistentes en metales unidos a especies orgánicas, los metales de transición presentan a veces estados de oxidación negativos. Los elementos de transición tienen las propiedades típicas de los metales: son maleables, dúctiles, conducen el calor y la electricidad, y tienen un brillo metálico. Tienden a actuar como agentes reductores (donantes de electrones), pero son menos activos en este sentido que los metales alcalinos y los metales alcalinotérreos, que tienen valencias +1 y +2 respectivamente. Los elementos de transición tienen por lo general densidades y puntos de fusión elevados y presentan propiedades magnéticas. Forman enlaces iónicos y covalentes con los aniones (iones cargados negativamente) y sus compuestos suelen tener colores brillantes.

#### 3.1.2 APLICACIONES

Algunos elementos de transición y sus compuestos son catalizadores importantes de numerosos procesos industriales, especialmente para la fabricación de productos derivados del petróleo y de los plásticos, donde las moléculas orgánicas se hidrogenan, se oxidan y se polimerizan. En la polimerización del eteno para formar polieteno, se utilizan compuestos de titanio, aluminio o cromo. Algunos catalizadores que contienen hierro se utilizan para preparar amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno. Ciertas moléculas que contienen elementos de transición son importantes en los procesos bioquímicos de muchos sistemas vivos. El ejemplo más familiar es el complejo de hemoglobina que contiene hierro y es el responsable del transporte de oxígeno en la sangre de todos los vertebrados y algunos invertebrados.

### 3.1.3 CLASIFICACIÓN

En el sistema periódico, los elementos de transición están dispuestos en los grupos del 3 (o IIIB) al 12 (o IIB)

### 3.2 METALES ALCALINOS

Serie de seis elementos químicos en el grupo 1 (o IA) del sistema periódico. Comparados con otros metales son blandos, tienen puntos de fusión bajos, y son tan reactivos que nunca se encuentran en la naturaleza si no es combinado con otros elementos. Son poderosos agentes reductores, o sea, pierden fácilmente un electrón, y reaccionan violentamente con agua para formar hidrógeno gas e hidróxidos del metal, que son bases fuertes. Los metales alcalinos son, por orden de número atómico creciente: litio, sodio, potasio, rubidio, cesio y francio. Del francio existen solamente isótopos radiactivos.

### 3.3. METALES ALCALINOTÉRREOS

Serie de seis elementos químicos que se encuentran en el grupo 2 (o IIA) del sistema periódico. Son poderosos agentes reductores, es decir, se desprenden fácilmente de los electrones. Son menos reactivos que los metales alcalinos, pero lo suficiente como para no existir libres en la naturaleza. Aunque son bastante frágiles, los metales alcalinotérreos son maleables y dúctiles. Conducen bien la electricidad y cuando se calientan arden fácilmente en el aire. Los metales alcalinotérreos son, por orden de número atómico creciente: berilio, magnesio, calcio, estroncio, bario y radio. Sus óxidos se llaman tierras alcalinas.

## 4. METALOGRAFÍA

Estudio de la estructura cristalina de los metales y las aleaciones, y de las relaciones entre estas estructuras y las propiedades físicas de los metales.

Las herramientas más importantes de los metalógrafos son el microscopio y los rayos X. El examen microscópico de especímenes permite la determinación del tamaño, la estructura y la orientación de los cristales del metal. Mediante este tipo de exámenes, los metalógrafos pueden identificar un metal o una aleación, descubrir posibles impurezas y comprobar la eficacia de los tratamientos térmicos para su endurecimiento o templado. Los especímenes empleados para el examen metalográfico suelen pulirse con gran cuidado y después tratarse con ácidos diluidos; esto pone de relieve la estructura del grano, al atacar las delimitaciones entre los cristales o uno de los componentes de una aleación. Cuando los metales han de ser examinados al microscopio electrónico, puede hacerse una réplica o molde delgado, transparente a los electrones, de la superficie atacada por el ácido, ya que el metal en bruto no transmite los rayos catódicos. Como alternativa, puede prepararse un espécimen muy fino; la microestructura observada es una proyección de la existente en el mismo.

Cuando se hace pasar un haz<sub>(G)</sub> de rayos X a través de un espécimen de una sustancia cristalina, se obtienen patrones de difracción que pueden interpretarse para determinar la estructura interna de los cristales. La investigación metalografía ha mostrado que al estirar o deformar un metal, se producen diminutos deslizamientos entre las capas de átomos que componen el cristal, lo que permite al metal adoptar una nueva forma e incrementar su dureza y fortaleza. Si el metal se calienta tras la deformación, vuelve a cristalizarse; es decir, sus átomos se reorganizan formando nuevos cristales no sometidos a tensión alguna. Esto explica por qué los

metales se vuelven quebradizos cuando son doblados en frío y por qué vuelven a reblandecerse cuando son recalentados.

## 5. METALURGIA

Ciencia y tecnología de los metales, que incluye su extracción a partir de los minerales metálicos, su preparación y el estudio de las relaciones entre sus estructuras y propiedades. Desde tiempos muy remotos, el uso de ciertos metales conocidos, como el cobre, hierro, plata, plomo, mercurio, antimonio y estaño, se convirtió en indispensable para la evolución de las distintas civilizaciones. Por ello, la metalurgia es una actividad a la que el ser humano ha dedicado grandes esfuerzos. Desde la antigüedad ya se aplicaban algunas técnicas metalúrgicas, como el moldeo a la cera perdida utilizado por los chinos, egipcios y griegos; la soldadura inventada por Glaucó en el siglo VII a.C., y el tratamiento térmico para el temple con acero utilizado por los griegos. No fue hasta la edad media cuando aparecieron otras técnicas metalúrgicas de importancia, y así, durante el siglo XIII aparecieron los primeros altos hornos y la fundición. Este artículo sólo se refiere a la extracción de metales. Para una información más detallada de la metalurgia de los distintos metales, véanse los artículos sobre cada metal.

Los procesos metalúrgicos constan de dos operaciones: la concentración, que consiste en separar el metal o compuesto metálico del material residual que lo acompaña en el mineral, y el refinado, en el que se trata de producir el metal en un estado puro o casi puro, adecuado para su empleo. Tanto para la concentración como para el refinado se emplean tres tipos de procesos: mecánicos, químicos y eléctricos. En la mayoría de los casos se usa una combinación de los tres.

Uno de los métodos de concentración mecánica más sencillos es la separación por gravedad. Este sistema se basa en la diferencia de densidad entre los metales nativos y compuestos metálicos y los demás materiales con los que están mezclados en la roca. Cuando se tritura el mineral o el concentrado de mineral y se suspende en

agua o en un chorro de aire, las partículas de metal o del compuesto metálico, más pesadas, caen al fondo de la cámara de procesado y el agua o el aire se llevan la ganga (material residual), más ligera. La técnica de los buscadores de oro para separar el metal de las arenas auríferas mediante cribado, por ejemplo, es un proceso de separación por gravedad a pequeña escala. Del mismo modo, la mayor densidad relativa de la magnetita, un mineral de hierro, permite separarla de la ganga con la que se encuentra mezclada.

La flotación es hoy el método más importante de concentración mecánica. En su forma más simple, es un proceso de gravedad modificado en el que el mineral metálico finamente triturado se mezcla con un líquido. El metal o compuesto metálico suele flotar, mientras que la ganga se va al fondo. En algunos casos ocurre lo contrario. En la mayoría de los procesos de flotación modernos se emplean aceites u otros agentes tensioactivos para ayudar a flotar al metal o a la ganga. Esto permite que floten en agua sustancias de cierto peso. En uno de los procesos que utilizan este método se mezcla con agua un mineral finamente triturado que contiene sulfuro de cobre, al que se le añaden pequeñas cantidades de aceite, ácido y otros reactivos de flotación. Cuando se insufla aire en esta mezcla se forma una espuma en la superficie, que se mezcla con el sulfuro pero no con la ganga. Esta última se va al fondo, y el sulfuro se recoge de la espuma. El proceso de flotación ha permitido explotar muchos depósitos minerales de baja concentración, e incluso residuos de plantas de procesado que utilizan técnicas menos eficientes. En algunos casos, la llamada flotación diferencial permite concentrar mediante un único proceso diversos compuestos metálicos a partir de un mineral complejo.

Los minerales con propiedades magnéticas muy marcadas, como la magnetita, se concentran por medio de electroimanes que atraen el metal pero no la ganga.

La concentración electrostática utiliza un campo eléctrico para separar compuestos de propiedades eléctricas diferentes, aprovechando la atracción entre cargas opuestas y la repulsión entre cargas iguales.

Los métodos de separación o concentración química son en general los más importantes desde el punto de vista económico. Hoy, esta separación se utiliza con frecuencia como segunda etapa del proceso, después de la concentración mecánica. La fundición proporciona un tonelaje mayor de metal refinado que cualquier otro proceso. Aquí, el mineral metálico, o el concentrado de un proceso de separación mecánica, se calientan a elevadas temperaturas junto con un agente reductor y un fundente. El agente reductor se combina con el oxígeno del óxido metálico dejando el metal puro, mientras que el fundente se combina con la ganga para formar una escoria líquida a la temperatura de fundición, por lo que puede retirarse de la superficie del metal. La producción de hierro en los altos hornos es un ejemplo de fundición (véase Siderurgia); este mismo proceso se emplea para extraer de sus minerales el cobre, el plomo, el níquel y muchos otros metales.

La amalgamación es un proceso metalúrgico que utiliza mercurio para disolver plata u oro formando una amalgama<sub>(G)</sub>. Este sistema ha sido sustituido en gran medida por el proceso con cianuro, en el que se disuelve oro o plata en disoluciones de cianuro de sodio o potasio. En los diversos procesos de lixiviación o percolación se emplean diferentes disoluciones acuosas para disolver los metales contenidos en los minerales. Los carbonatos y sulfuros metálicos se tratan mediante calcinación, calentándolos hasta una temperatura por debajo del punto de fusión del metal. En el caso de los carbonatos, en el proceso se desprende dióxido de carbono, y queda un óxido metálico. Cuando se calcinan sulfuros, el azufre se combina con el oxígeno del aire para formar dióxido de azufre gaseoso, y también resulta un óxido metálico. Los óxidos se reducen después por fundición.

La sinterización y la nodulación aglomeran partículas finas de mineral. En la primera se utiliza un combustible, agua, aire y calor para fundir las partículas finas de mineral y convertirlas en una masa porosa. En la nodulación, las partículas se humedecen, se convierten

en pequeños nódulos en presencia de un fundente de piedra caliza y a continuación se cuecen.

Otros procesos, entre los que destacan la pirometalurgia (metalurgia de altas temperaturas) y la destilación, se emplean en etapas posteriores de refinado en diversos metales. En el proceso de electrólisis (véase Electroquímica), el metal se deposita en un cátodo, bien a partir de disoluciones acuosas o en un horno electrolítico. El cobre, el níquel, el cinc, la plata y el oro son varios ejemplos de metales refinados por deposición a partir de disoluciones acuosas. El aluminio, el bario, el calcio, el magnesio, el berilio, el potasio y el sodio se procesan en hornos electrolíticos.

## 6. PROPIEDADES

### 6.1 CONDUCTOR ELECTRICO

Cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de electricidad. La diferencia entre un conductor y un aislante, que es un mal conductor de electricidad o de calor, es de grado más que de tipo, ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica. El fenómeno conocido como superconductividad se produce cuando al enfriar ciertas sustancias a una temperatura cercana al cero absoluto su conductividad se vuelve prácticamente infinita. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones; y en disoluciones y gases, lo hace por los iones.



## 6.2 CORROSIÓN<sub>(G)</sub>

Desgaste total o parcial que disuelve o ablanda cualquier sustancia por reacción química o electroquímica con el medio ambiente. El término corrosión<sub>(G)</sub> se aplica a la acción gradual de agentes naturales, como el aire o el agua salada sobre los metales.

El ejemplo más familiar de corrosión es la oxidación del hierro, que consiste en una compleja reacción química en la que el hierro se combina con oxígeno y agua para formar óxido de hierro hidratado. Este óxido, conocido como orín o herrumbre, es un sólido que mantiene la misma forma general que el metal del que se ha formado, pero con un aspecto poroso, algo más voluminoso, y relativamente débil y quebradizo.

Hay tres métodos para evitar la oxidación del hierro: (1) mediante aleaciones del hierro que lo convierten en químicamente resistente a la corrosión<sub>(G)</sub>; (2) impregnándolo con materiales que reaccionen a las sustancias corrosivas más fácilmente que el hierro, quedando éste protegido al consumirse aquéllas; y (3) recubriéndolo con una capa impermeable que impida el contacto con el aire y el agua. El método de la aleación es el más satisfactorio pero también el más caro. Un buen ejemplo de ello es el acero inoxidable, una aleación de hierro con cromo o con níquel y cromo. Esta aleación está totalmente a prueba de oxidación e incluso resiste la acción de productos químicos corrosivos como el ácido nítrico concentrado y caliente. El segundo método, la protección con metales activos, es igualmente satisfactorio pero también costoso. El ejemplo más frecuente es el hierro galvanizado que consiste en hierro cubierto con cinc. En presencia de soluciones corrosivas se establece un potencial eléctrico entre el hierro y el cinc, que disuelve éste y protege al hierro mientras dure el cinc. El tercer método, la protección de la superficie con una capa impermeable, es el más barato y por ello el más común. Este método es válido mientras no aparezcan grietas en la

capa exterior, en cuyo caso la oxidación se produce como si no existiera dicha capa. Si la capa protectora es un metal inactivo, como el cromo o el estaño, se establece un potencial eléctrico que protege la capa, pero que provoca la oxidación acelerada del hierro. Los recubrimientos más apreciados son los esmaltes horneados, y los menos costosos son las pinturas de minio de plomo.

Algunos metales como el aluminio, aunque son muy activos químicamente, no suelen sufrir corrosión en condiciones atmosféricas normales. Generalmente el aluminio se corroe con facilidad, formando en la superficie del metal una fina capa continua y transparente que lo protege de una corrosión acelerada. El plomo y el cinc, aunque son menos activos que el aluminio, están protegidos por una película semejante de óxido. El cobre, comparativamente inactivo, se corroe lentamente con el agua y el aire en presencia de ácidos débiles como la disolución de dióxido de carbono en agua — que posee propiedades ácidas—, produciendo carbonato de cobre básico, verde y poroso. Los productos de corrosión<sub>(G)</sub> verdes, conocidos como cardenillo o pátina, aparecen en aleaciones de cobre como el bronce y el latón, o en el cobre puro, y se aprecian con frecuencia en estatuas y techos ornamentales.

Los metales llamados nobles son tan inactivos químicamente que no sufren corrosión atmosférica. Entre ellos se encuentran el oro, la plata y el platino. La combinación de agua, aire y sulfuro de hidrógeno afecta a la plata, pero la cantidad de sulfuro de hidrógeno normalmente presente en la atmósfera es tan escasa que el grado de corrosión es insignificante, apareciendo únicamente un ennegrecimiento causado por la formación de sulfuro de plata. Este fenómeno puede apreciarse en las joyas antiguas y en las cuberterías de plata.

La corrosión en los metales supone un problema mayor que en otros materiales. El vidrio se corroe con soluciones altamente alcalinas, y el hormigón con aguas ricas en sulfatos. La resistencia a la corrosión del vidrio y del hormigón puede incrementarse mediante cambios en su composición.

### 6.3 DILATACIÓN

Aumento de tamaño de los materiales, a menudo por efecto del aumento de temperatura. Los diferentes materiales aumentan más o menos de tamaño, y los sólidos, líquidos y gases se comportan de modo distinto.

Para un sólido en forma de barra, el coeficiente de dilatación lineal (cambio porcentual de longitud para un determinado aumento de la temperatura) puede encontrarse en las correspondientes tablas. Por ejemplo, el coeficiente de dilatación lineal del acero es de  $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Esto significa que una barra de acero se dilata en 12 millonésimas partes por cada kelvin (1 kelvin, o 1 K, es igual a 1 grado Celsius, o  $1^\circ\text{C}$ ). Si se calienta un grado una barra de acero de 1 m, se dilatará 0,012 mm. Esto puede parecer muy poco, pero el efecto es proporcional, con lo que una viga de acero de 10 m calentada 20 grados se dilata 2.4 Mm., una cantidad que debe tenerse en cuenta en ingeniería. También se puede hablar de coeficiente de dilatación superficial de un sólido, cuando dos de sus dimensiones son mucho mayores que la tercera, y de coeficiente de dilatación cúbica, cuando no hay una dimensión que predomine sobre las demás.

Para los líquidos, el coeficiente de dilatación cúbica (cambio porcentual de volumen para un determinado aumento de la temperatura) también puede encontrarse en tablas y se pueden hacer cálculos similares. Los termómetros comunes utilizan la dilatación de un líquido —por ejemplo, mercurio o alcohol— en un tubo muy fino (capilar) calibrado para medir el cambio de temperatura. La dilatación térmica de los gases es muy grande en comparación con la de sólidos y líquidos, y sigue la llamada ley de Charles y Gay-Lussac. Esta ley afirma que, a presión constante, el volumen de un gas ideal (un ente teórico que se aproxima al comportamiento de los gases reales) es proporcional a su temperatura absoluta. Otra forma de expresarla es que por cada

aumento de temperatura de  $1^\circ\text{C}$ , el volumen de un gas aumenta en una cantidad aproximadamente igual a  $1/273$  de su volumen a  $0^\circ\text{C}$ . Por tanto, si se calienta de  $0^\circ\text{C}$  a  $273^\circ\text{C}$ , duplicaría su volumen.

### 6.4 DUCTIBILIDAD

Propiedad de un metal, una aleación o cualquier otro material que permite su deformación forzada, en hilos, sin que se rompa o astille. Cuanto más dúctil es un material, más fino es el alambre o hilo, que podrá ser estirado mediante un troquel para metales, sin riesgo de romperse.

### 6.5 DUREZA

Capacidad de una sustancia sólida para resistir deformación o abrasión de su superficie. Se aplican varias interpretaciones al término en función de su uso. En mineralogía, la dureza se define como la resistencia al rayado de la superficie lisa de un mineral. Una superficie blanda se raya con más facilidad que una dura; de esta forma un mineral duro, como el diamante, rayará uno blando, como el grafito, mientras que la situación inversa nunca se producirá. La dureza relativa de los minerales se determina gracias a la escala de dureza de Mohs, nombre del mineralogista alemán Friedrich Mohs que la ideó. En esta escala, diez minerales comunes están clasificados en orden de creciente dureza recibiendo un índice: talco, 1; yeso, 2; calcita, 3; fluorita, 4; apatito, 5; ortosa (feldespato), 6; cuarzo, 7; topacio, 8; corindón, 9, y diamante, 10.

La dureza de una muestra se obtiene determinando qué mineral de la escala de Mohs lo raya. Así, la galena, que tiene una dureza de 2,5, puede rayar el yeso y es rayado por la calcita. La dureza de un mineral determina en gran medida su durabilidad.

### 6.6 ELASTICIDAD

Física

Propiedad de un material que le hace recuperar su tamaño y forma original después de ser comprimido o estirado por una fuerza externa. Cuando una fuerza externa actúa sobre un material causa un esfuerzo o tensión en el interior del material que provoca la deformación del mismo. En muchos materiales, entre ellos los metales y los minerales, la deformación es directamente proporcional al esfuerzo. Esta relación se conoce como ley de Hooke, así llamada en honor del físico británico Robert Hooke, que fue el primero en expresarla. No obstante, si la fuerza externa supera un determinado valor, el material puede quedar deformado permanentemente, y la ley de Hooke ya no es válida. El máximo esfuerzo que un material puede soportar antes de quedar permanentemente deformado se denomina límite de elasticidad.

La relación entre el esfuerzo y la deformación, denominada módulo de elasticidad, así como el límite de elasticidad, están determinados por la estructura molecular del material. La distancia entre las moléculas de un material no sometido a esfuerzo depende de un equilibrio entre las fuerzas moleculares de atracción y repulsión. Cuando se aplica una fuerza externa que crea una tensión en el interior del material, las distancias moleculares cambian y el material se deforma. Si las moléculas están firmemente unidas entre sí, la deformación no será muy grande incluso con un esfuerzo elevado. En cambio, si las moléculas están poco unidas, una tensión relativamente pequeña causará una deformación grande. Por debajo del límite de elasticidad, cuando se deja de aplicar la fuerza, las moléculas vuelven a su posición de equilibrio y el material elástico recupera su forma original. Más allá del límite de elasticidad, la fuerza aplicada separa tanto las moléculas que no pueden volver a su posición de partida, y el material queda permanentemente deformado o se rompe.

## 6.7 ELECTROQUIMICA

Parte de la química que trata de la relación entre las corrientes eléctricas y las reacciones químicas, y de la conversión de la energía química en eléctrica y viceversa. En un sentido más amplio, la

electroquímica es el estudio de las reacciones químicas que producen efectos eléctricos y de los fenómenos químicos causados por la acción de las corrientes o voltajes.

## 6.8 APLICACIONES INDUSTRIALES

La descomposición electrolítica es la base de un gran número de procesos de extracción y fabricación muy importantes en la industria moderna. El hidróxido de sodio o sosa cáustica (un producto químico importante para la fabricación de papel, rayón y película fotográfica) se produce por la electrólisis de una disolución de sal común en agua. La reacción produce cloro y sodio. El sodio reacciona a su vez con el agua de la pila electrolítica produciendo hidróxido de sodio. El cloro obtenido se utiliza en la fabricación de pasta de madera y papel.

Una aplicación industrial importante de la electrólisis es el horno eléctrico, que se utiliza para fabricar aluminio, magnesio y sodio. En este horno, se calienta una carga de sales metálicas hasta que se funde y se ioniza. A continuación, se obtiene el metal electrolíticamente.

Los métodos electrolíticos se utilizan también para refinar el plomo, el estaño, el cobre, el oro y la plata. La ventaja de extraer o refinar metales por procesos electrolíticos es que el metal depositado es de gran pureza. La galvanotécnica, otra aplicación industrial electrolítica, se usa para depositar películas de metales preciosos en metales base. También se utiliza para depositar metales y aleaciones en piezas metálicas que precisen un recubrimiento resistente y duradero. La electroquímica ha avanzado recientemente desarrollando nuevas técnicas para colocar capas de material sobre los electrodos, aumentando así su eficacia y resistencia. Tras el descubrimiento de ciertos polímeros que conducen la electricidad, es posible fabricar electrodos de polímeros.

## 6.9 FATIGA

Deterioro progresivo de los metales que termina produciendo su rotura. La fatiga se produce cuando se aplica un esfuerzo repetitivo al metal. La deformación de un material o un objeto como resultado del esfuerzo se denomina fluencia. El esfuerzo de fatiga de una aleación corriente de acero es de alrededor de un 50% del esfuerzo límite y de un 75% del esfuerzo elástico, pero puede ser mucho menor en el caso de los aceros más duros tratados térmicamente.

El término fatiga no es del todo correcto, dado que los momentos de ausencia de tensión no tienen ninguna influencia sobre el daño producido, con independencia de la duración de las pausas.

### 6.10 RESISTENCIA LONGITUDINAL

En ingeniería, es la resistencia de un cuerpo a las fuerzas longitudinales que intentan romperlo. El término también se aplica a la resistencia a la tracción, y se define como la fuerza por unidad de sección que resiste un cuerpo antes de romperse.

Las resistencias longitudinales más altas, para su utilización en ingeniería, se han conseguido elaborando, con tratamientos controlados de calor, aleaciones de acero, que se usan sobre todo para fabricar alambres. Los cables de sustentación de puentes, por ejemplo, se elaboran trenzando miles de cables finos, que presentan mayor resistencia que barras más gruesas con la misma sección total. Los materiales con estructuras toscamente cristalinas, como el hierro colado, presentan resistencias longitudinales muy bajas y se utilizan en las estructuras en elementos que sólo precisan resistencia a la compresión.

### 6.11 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

La resistividad de cualquier metal depende de la temperatura. Excepto a temperaturas muy bajas, la resistividad varía casi linealmente con la temperatura. Existen muchos metales para los cuales la resistividad es cero por debajo de cierta temperatura, denominada temperatura crítica. Este fenómeno, superconductividad,

fue descubierto en 1911 por el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes.

Para un metal puro y a una temperatura determinada, la resistividad es una propiedad característica, pero le afectan todos los tratamientos mecánicos y térmicos sufridos por el metal, así como las impurezas que contenga. En algunos metales, como el selenio, la resistividad disminuye cuando se iluminan fuertemente, lo que se aprovecha en la fabricación de células fotoeléctricas.

## 6.12 SUPERCONDUCTIVIDAD

Fenómeno que presentan algunos conductores que no ofrecen resistencia al flujo de corriente eléctrica. Los superconductores también presentan un acusado diamagnetismo, es decir, son repelidos por los campos magnéticos. La superconductividad sólo se manifiesta por debajo de una determinada temperatura crítica  $T_c$  y un campo magnético crítico  $H_c$ , que dependen del material utilizado. Antes de 1986, el valor más elevado de  $T_c$  que se conocía era de 23,2 K (-249,95 °C), en determinados compuestos de niobio-germanio. Para alcanzar temperaturas tan bajas se empleaba helio líquido, un refrigerante caro y poco eficaz. La necesidad de temperaturas tan reducidas limita mucho la eficiencia global de una máquina con elementos superconductores, por lo que no se consideraba práctico el funcionamiento a gran escala de estas máquinas.

### 6.12.1 APLICACIÓN

Por su ausencia de resistencia, los superconductores se han utilizado para fabricar electroimanes que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía. Los imanes superconductores se han utilizado en estudios de materiales y en la construcción de potentes aceleradores de partículas. Aprovechando

los efectos cuánticos de la superconductividad se han desarrollado dispositivos que miden la corriente eléctrica, la tensión y el campo magnético con una sensibilidad sin precedentes.

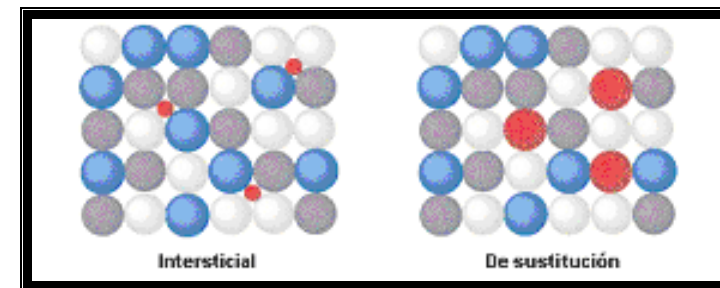
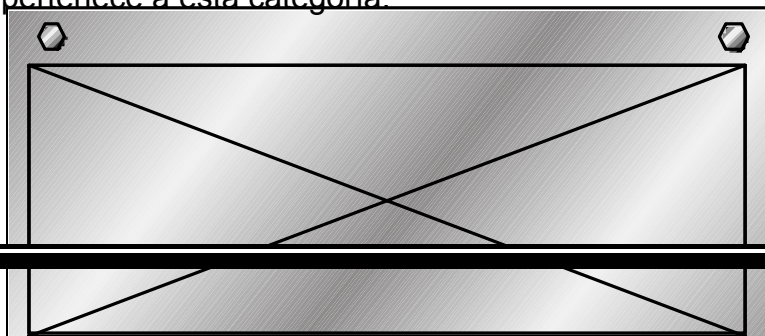
## 7. ALEACIÓN

### Concepto

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 por 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.

### 7.1 Disoluciones sólidas

Se forma una disolución sólida cuando los átomos de una sustancia se distribuyen por completo alrededor de los de otra. Las aleaciones son con frecuencia disoluciones sólidas. Aquí se ilustran dos tipos de estas disoluciones. La de la izquierda es intersticial, lo que significa que los átomos disueltos ocupan espacios vacíos de la estructura cristalina del material disolvente. Esto sólo es posible cuando los átomos disueltos son mucho menores que los de la sustancia que los recibe. Ciertos aceros pertenecen a esta clase. La disolución de la derecha es de sustitución: los átomos disueltos sustituyen a algunos de los que forman la red cristalina receptora. El bronce pertenece a esta categoría.



\*Enciclopedia Encarta 2003

### 7.2 VARIEDADES

Una aleación puede ser un compuesto intermetálico, 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 intermetálicos como  $\text{NaAu}_2$ ,  $\text{CuSn}$  y  $\text{CuAl}_2$ , 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.

### 7.3 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

Enciclopedia Encarta 2003/metales/Propiedades

Enciclopedia Encarta 2003/metales/aleación

cantidades mucho mayores. Los aceros aleados, que son mezclas de acero con metales como cromo, manganeso, molibdeno, níquel, wolframio 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, wolframio, 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 utilizan como superconductores a temperaturas extremadamente bajas. En las plantas de desalinización se utilizan aleaciones especiales de cobre, níquel y titanio, diseñadas para resistir los efectos corrosivos del agua salina hirviendo.

#### 7.4 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 por esta técnica abaratando mucho su costo.

Entre las aleaciones que pueden obtenerse por pulvimetalurgia están los cermet<sub>(G)</sub>. 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 ion, 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<sub>(G)</sub>, 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.

#### 7.5 TIPOS DE ALEACIONES MÁS COMUNES Y SUS PROPIEDADES MODIFICADAS

- ❖ El silicio, además de su bajo precio, eleva notablemente la resistencia y el límite de fluencia del acero, el inconveniente en contenidos mayores es de generar fragilidad, bajar la trabajabilidad y reducir su soldabilidad, eliminándose con adición manganeso.
- ❖ El cobre da a los aceros buena resistencia a la corrosión<sub>(G)</sub> y aumenta el límite elástico.

- ❖ El cromo aumenta su resistencia, cuando se usa con níquel (eleva su costo); aumenta su resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas, si va unido al silicio y al aluminio.
- ❖ Existe una aleación de acero, el durirón, que contiene un 15% de silicio y es dura, frágil y resistente a la corrosión; el durirón se usa en los equipos industriales que están en contacto con productos químicos corrosivos.
- ❖ Los aceros aleados, que son mezclas de acero con metales como cromo, manganeso, molibdeno, níquel, wolframio 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.
- ❖ Entre las aleaciones no ferrosas de manganeso se encuentran el bronce de manganeso (compuesto de manganeso, cobre, estaño y cinc), resistente a la corrosión del agua de mar y que se utiliza en la fabricación de hélices de barcos y torpedos.
- ❖ La manganina (compuesta de manganeso, cobre y níquel), usada en forma de cables para mediciones eléctricas de alta precisión, dado que su conductividad eléctrica apenas varía con la temperatura.
- ❖ El aluminio aleado con el acero promueve el endurecimiento superficial.
- ❖ El Manganeso en altas concentraciones endurece muy rápido el acero.
- ❖ La aleación del acero con el titanio impide la corrosión cuando el material es sometido a la soldadura y el tratamiento térmico.
- ❖ Al alear el cobre y el estaño se obtiene el Bronce y mezclado con otros metales tales como el cinc, plomo y plata mejora notablemente sus propiedades de resistencia.
- ❖ El bronce al contener por lo menos 10% de Estaño se torna duro y tiene un punto de fusión bajo.
- ❖ Al alear el cobre y el cinc obtenemos el Latón. Siendo este más duro que el cobre pudiéndose forjar en planchas finas para fabricar objetos decorativos.
- ❖ Acero, elástico, no definiendo tener un máximo de 0,25% de carbono, mayor porcentaje de este aumenta la dureza, pero reduce la ductilidad, fragilidad y distintos inconvenientes en la fabricación.
- ❖ El silicio, si está contenido en pequeñas proporciones es favorable a la resistencia, pero si aumenta su contenido, hace el acero más fusible, por lo cual disminuye su soldabilidad.
- ❖ El azufre es siempre perjudicial.
- ❖ El fósforo es favorable para el forjado en caliente, pero hace quebradizo al hierro en frío cuando se encuentra en gran cantidad. También disminuye el punto de fusión del hierro.

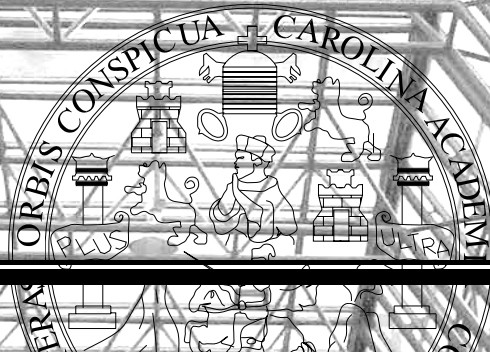
- ❖ El manganeso es el metal que con más frecuencia acompaña el acero al que comunica importantes propiedades. Favorece la maleabilidad y disminuya ligeramente la velocidad de corrosión del acero. Aumenta la dureza.
- ❖ El aluminio hace el acero más fusible y más moldeable.
- ❖ Adicionando al hierro otros metales como níquel, cromo o cobalto, se obtiene una aleación muy resistente a la corrosión, llamada acero inoxidable.
- ❖ Estudio de la aleación intermetálica aluminio-níquel; la aleación intermetálica de aluminio y níquel (Ni3Al) ofrece también perspectivas de operación a altas temperaturas y con buen rendimiento termodinámico.
- ❖ Las aleaciones de aluminio-magnesio son superiores a casi todas las otras aleaciones de fundición de aluminio en cuanto a resistencia, corrosión y maquinabilidad; además de excelentes condiciones de resistencia mecánica y ductilidad.
- ❖ Entre las aleaciones aluminio-cobre, la que contiene 8% de cobre ha sido usada por mucho tiempo como la aleación para fines generales, aunque las adiciones de silicio y hierro, mejoran las características de la fundición por que la hacen menos quebradiza en caliente.
- ❖ La adición de zinc, al aluminio mejora su maquinabilidad.
- ❖ Las aleaciones de aluminio- silicio son de gran aplicación por sus excelentes cualidades para la fundición y su resistencia a la corrosión<sub>(G)</sub>, no son quebradizas en caliente y es fácil obtener con ellas fundiciones sólidas en secciones gruesas o delgadas, la más comúnmente utilizada es la que contiene 5% de silicio
- ❖ Las aleaciones de cobre con aluminio silicio o níquel son buenas por su resistencia a la corrosión.
- ❖ La adición de plomo al latón lo hace de corte fácil y notablemente maquinable.
- ❖ Las adiciones del 0.75 al 1.25% de Estaño al Latón, mejoran su resistencia a la corrosión.
- ❖ El Aluminio se agrega al latón para mejorar su resistencia a la corrosión, particularmente en las aplicaciones de tubos para condensadores.
- ❖ Los Bronces al Aluminio, con 5 y 8% de Aluminio, son aplicables por su alta resistencia mecánica y su buena resistencia a la corrosión, y algunas veces a causa de su color dorado.
- ❖ Las aleaciones con níquel tienen las mejores propiedades a temperaturas elevadas de todas las aleaciones de cobre.
- ❖ El peltre es una aleación de Estaño y Plomo.





**CAPÍTULO III**

**DESCRIPCIÓN DE LOS METALES MÁS USADOS  
EN LA CONSTRUCCIÓN  
COMO ORNAMENTO Y DECORACIÓN CONSTRUCTIVA**



## 1. COBRE

### 1.1 Concepto:

De símbolo Cu, es uno de los metales de mayor uso, de apariencia metálica y color pardo rojizo. El cobre es uno de los elementos de transición de la tabla periódica, y su número atómico es 29.



Mineral de cobre

Mineral de cobre Esta muestra contiene dos tipos importantes de minerales de cobre: calcopirita (a la izquierda) y bornita (a la derecha). Los minerales de cobre se encuentran en todo el mundo, pero el bajo porcentaje de metal obtenido del mineral y la inaccesible situación de los depósitos hacen que las minas sean poco lucrativas.

El cobre es el segundo metal más utilizado en el mundo y es valorado por su conductividad, maleabilidad, resistencia a la corrosión, y por su belleza.

### 1.2 YACIMIENTOS DE COBRE

Los yacimientos de cobre pueden dividirse en cuatro categorías: Yacimientos incorporados a la roca: Aparecen como menas de cobre incrustadas en la propia roca. Yacimientos filonianos: Se trata de cobre de origen hidrotermal y filoniano, estando muy extendidos. Existen cuatro formas en las cuales el cobre puede presentarse en montones o filones:

Filones de calcopirita. Montones de pirita de hierro cobriza. Cobre nativo. Filones de cobre gris. Yacimientos de contacto: Son aquellos formados con contacto de rocas eruptivas. Yacimientos sedimentarios: Son bastante frecuentes, a causa de la solubilidad de las sales de cobre y particularmente del sulfato. El cobre arrastrado por esta sal es fácilmente reducido y precipitado, sea por las materias orgánicas, sea por los desprendimientos hidrocarburoados. Los yacimientos sedi-mentarios son más regulares que los demás, no están sujetos a empobrecerse súbitamente y su explotación se hace a nivel constante, sin ahondamientos bruscos. El mineral de cobre es bastante raro. La mayoría de las veces su contenido es flojo, del orden del 1 o 2 %; un mineral se considera rico si contiene más de un 2 % y se explotan hasta con contenidos cercanos al 0,5 %. El negocio sólo es rentable si se pueden mecanizar hasta el último extremo las operaciones, lo que conlleva que se prefieran las explotaciones a cielo abierto. En muchos casos la explotación sólo es rentable porque se aprovecha todo el material extraído. Estados Unidos produce una quinta parte de la producción mundial, y aun así son importadores. En el mercado internacional la oferta procede de cuatro grandes productores: Zambia, Chile, Canadá y, más recientemente, Zaire. El contenido es tan débil que hay que proceder

a un enriquecimiento in situ. En la actualidad los productores están equipados para producir cobre sin refinar. Paradójicamente, las exportaciones de mineral sólo son importantes en los productores desarrollados, como Canadá. El cobre desempeña un papel esencial en la industria moderna, y su consumo, análogamente que el del acero, sirve para medir la actividad industrial de un país.

### 1.3 EXTRACCIÓN DEL COBRE

Para la extracción del Cu se usa la calcopirita que es el mineral más abundante y al que se lo somete a un tratamiento previo de tostaron para transformar los sulfuros en óxidos.  $\text{CuFeS}_2 + 3 \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{FeO} + 2 \text{SO}_2$ . Luego se reduce el  $\text{CuO}$  (óxido de cobre) por carbón al estado de cobre metálico  $\text{CuO} + \text{C} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}$ . Este cobre es muy impuro que para purificarlo se usa el procedimiento electroquímico. Consta de una cuba que contiene una solución de sulfato de cobre con ácidos sulfúrico y cátodos de Cu puro; el Cu impuro obtenido en 1 se hallan unidos al polo positivo o ánodo. Se hace pasar una corriente eléctrica en el Cu de la solución comienza a depositarse en los cátodos. El ácido sulfúrico ataca a los ánodos y regenera el sulfato de cobre reiniciando el proceso. Al Cu obtenido así se lo llama cobre electrolítico y tiene un 99,5 % de pureza.

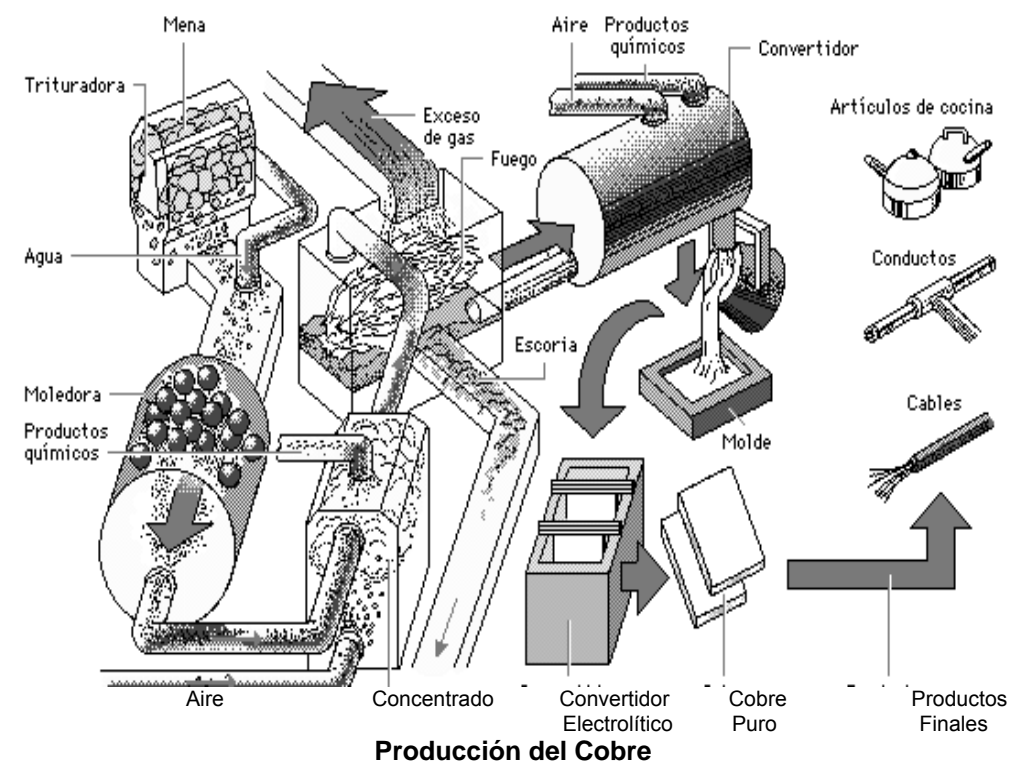
La tabla periódica de los elementos agrupa a éstos en filas y columnas según sus propiedades químicas. Los elementos aparecen ordenados por su número atómico.

Ya era conocido en épocas prehistóricas, y las primeras herramientas y enseres fabricados probablemente fueran de cobre. Se han encontrado objetos de este metal en las ruinas de muchas civilizaciones antiguas, como en Egipto, Asia Menor, China, sureste de Europa, Chipre (de donde proviene la palabra cobre), Creta y América del Sur. El cobre puede encontrarse en estado puro.

**1.3.1 Proceso de Obtención:** Se utilizan dos técnicas de obtención:

- La vía húmeda; se emplea cuando el contenido en cobre es bajo. Consiste en disolver el material con el ácido sulfúrico y recuperar después el cobre mediante electrólisis.
- La vía seca; es la técnica más habitual de obtención de cobre bruto, pero solo puede utilizarse si la riqueza del mineral supera el 10%.

### 1.4 FABRICACIÓN



Producción del cobre, fotografía, Los yacimientos de cobre contienen generalmente concentraciones muy bajas del metal. Ésta

es la causa de que muchas de las distintas fases de producción tengan por objeto la eliminación de impurezas. La mena<sub>(G)</sub> de cobre se tritura y muele antes de ser introducida en una cámara de flotación, en la que el cobre se concentra en la superficie, mientras los fragmentos sobrantes se hunden. Después, el concentrado, que se denomina carga, se introduce en un horno de reverbero que separa más impurezas. Durante el proceso de fundición, se extraen los gases de desecho, y el material forma en el fondo del horno un charco de hierro y cobre fundidos, llamado mata. La capa anaranjada de metal impuro en la superficie de la mata es escoria, que se drena y extrae mientras la mata de cobre sigue su proceso en un convertidor. El cobre fundido del convertidor es moldeado, y debe ser refinado una vez más por electrólisis antes de utilizarse para la fabricación de productos como cables eléctricos y herramientas.

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 de 8,9 g/cm<sup>3</sup>. Su masa atómica es 63,546.

La metalurgia del cobre varía según la composición de la mena<sub>(G)</sub>. 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 por electrólisis, obteniéndose barras con una pureza que supera el 99,9 por ciento.

#### 1.4.1 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

En Guatemala el cobre es abundante en el municipio de Chiantla, Huehuetenango.

### 1.5 APLICACIONES Y PROPIEDADES

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada 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, a partir de 0,025 mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4.200 kg/cm<sup>2</sup>. 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 se puede galvanizar 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).



**1.5.1 Cobre fundido:** El mineral de cobre debe ser triturado y concentrado antes de ser fundido en el horno. Se obtiene así cobre

metal con una pureza de aproximadamente el 98%. En la fotografía, un obrero trata el metal fundido que sale del horno.

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 en aplicaciones eléctricas. 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 o alpaca.

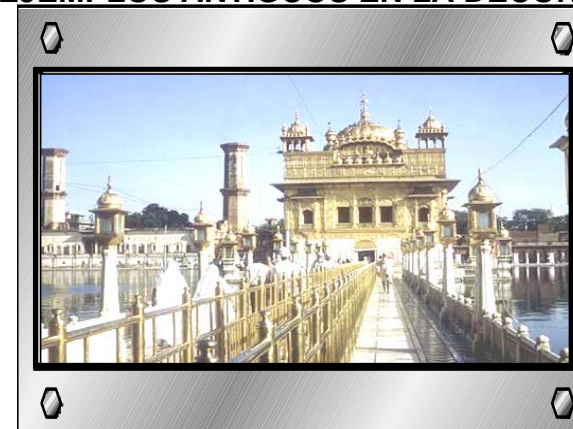
El cobre forma dos series de compuestos químicos: de cobre (i), en la que el cobre tiene una valencia de 1, y de cobre (ii), en la que su valencia es 2. Los compuestos de cobre (i) apenas tienen importancia en la industria y se convierten fácilmente en compuestos de cobre (ii) al oxidarse por la simple exposición al aire. Los compuestos de cobre (ii) son estables. Algunas disoluciones de cobre tienen la propiedad de disolver la celulosa, por lo que se usan grandes cantidades de cobre 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.

Aunque tiene muy poca aplicación en la construcción debido a su costo. Su mayor uso es en la mecánica debido a sus propiedades químicas, eléctricas y térmicas. Se emplea en electricidad en la obtención de bobinados pararrayos y cables. Las principales formas comerciales son en tubos y alambres de diferentes diámetros y espesores.

Pero aunque su costo es elevado es muy apreciado en edificaciones de suma importancia o gran jerarquía pues el cobre se

ha usado en la construcción como recubrimiento de paredes o retablos, así como en esculturas que adornan estos edificios, a continuación algunos ejemplos de el cobre en construcciones antiguas:

### 1.6 EJEMPLOS ANTIGUOS EN LA DECORACIÓN.



**Templo Dorado**

Situado en Amritsar, en el estado de Punjab (al noroeste de la India), el Templo Dorado es el lugar de culto más importante de los sijis. Construido originariamente en 1604, el templo ha sufrido repetidos daños debido a los ataques de los invasores afganos. En el siglo XIX, durante el reinado del maharajá Ranjit Singh, se reconstruyó el templo utilizando mármol, cobre y una capa de oro. El templo está situado en una pequeña isla y está unido a la tierra por el oeste por medio de un puente de mármol.



**Palacio de Belvedere, Viena**

El palacio de Belvedere en Viena, Austria, fue construido por J. Lukas von Hildebrandt para el príncipe Eugenio de Saboya, a principios del siglo XVIII. Situado en un bello parque, este palacio, uno de los monumentos más importantes de Viena, destaca por su tejado de cobre y los muros de estuco blanco.

## 1.7 ESTADO NATURAL

Mina de cobre a cielo abierto El cobre metálico y las menas de cobre, como la calcopirita y la bornita, que se encuentran en depósitos cerca de la superficie terrestre, se explotan a cielo abierto. Después es necesario refinarlo para separar el cobre de impurezas como sulfuros, carbonatos, hierro y silicatos. El cobre se emplea a gran escala en la fabricación de componentes eléctricos dada su alta conductividad. Vemos una gran explotación minera a cielo abierto en la siguiente gráfica.



El cobre ocupa el lugar 25 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Frecuentemente se encuentra agregado con otros metales como el oro, plata, bismuto y plomo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas, aunque se han hallado masas compactas de hasta 420 toneladas. El cobre se encuentra por todo el mundo en la lava basáltica, localizándose el mayor depósito conocido en la cordillera de los Andes en Chile, bajo la forma de pórfido. Este país posee aproximadamente el 25% de las reservas mundiales

conocidas de cobre y a comienzos de 1980 se convirtió en el primer país productor de este metal. Los principales yacimientos se localizan en Chuquicamata, Andina, El Salvador y El Teniente.

Las principales fuentes del cobre son la calcopirita y la bornita, sulfuros mixtos de hierro y cobre. Otras menas importantes son los sulfuros de cobre calcosina y covellina; la primera se encuentra en Chile, México, Estados Unidos y la antigua URSS, y la segunda, en Estados Unidos. La enargita, un sulfoarseniato de cobre, se encuentra en la antigua Yugoslavia, Suráfrica y América del Norte; la azurita, un carbonato básico de cobre, en Francia y Australia, y la malaquita, otro carbonato básico de cobre, en los montes Urales, Namibia y Estados Unidos. La tetraedrita, un sulfoantimoniuro de cobre y de otros metales, y la crisocola, un silicato de cobre, se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza; la cuprita, un óxido, en España, Chile, Perú y Cuba, y la atacamita, un cloruro básico, cuyo nombre proviene de la región andina de Atacama, en el norte de Chile y Perú.

## 2. LATÓN

### 2.1 Concepto:

Aleación de cobre y cinc en proporciones variables; El cinc debe de estar en proporción menor de 45%, porque en proporción mayor el latón disminuye sus propiedades mecánicas. a veces, se añade plomo. Con menos del 56.5% de cobre, el material resultante es de extrema fragilidad, 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. 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.

Tiene color amarillo y es resistente a la oxidación. No es atacada por el agua salada, razón por la cual se usa en la marina.

## 2.2 FABRICACIÓN

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.

En los latones especiales, las adiciones de manganeso, níquel, aluminio, silicio y hierro mejoran determinadas características

### 2.2.1 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

El latón es fácil adquirirlo en Guatemala en distintos puntos de la capital, ya viene elaborado con formas y tamaños Standard para poder ser aplicado a la construcción, también se pueden hacer pedidos con formas, tamaños y acabados especiales a las distintas empresas del país. El Latón al igual que el bronce es un metal que se produce altamente en el municipio de Chiantla, Huehuetenango.

## 2.3 APLICACIONES MÁS COMUNES Y COMO ORNAMENTO O DECORACIÓN

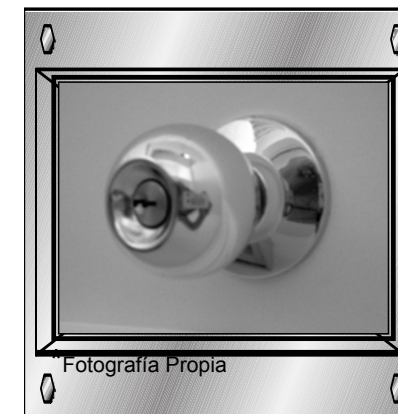
. Las aplicaciones son extensísimas: Conductores Eléctricos, tubos, alambres, tornillos, grifería, todos estos relacionados en la construcción, también existen accesorios decorativos.

Los materiales utilizados para las tuberías son: hierro fundido, acero, latón, cobre, acero inoxidable, aluminio, plástico (PVC), arcilla vitrificada (baldosa) y hormigón.

El latón es utilizado en la actualidad en lámparas, grifería fina, manijas para puertas, y laminillas con repujados artísticos dándoles formas elegantes y altamente decorativas.

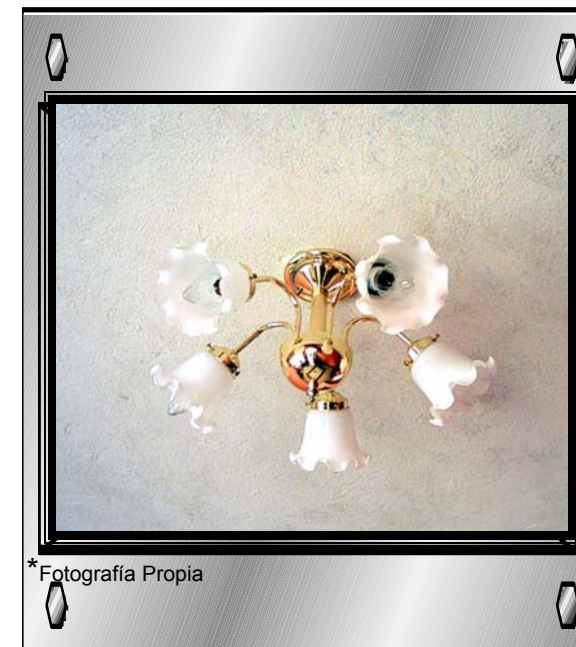
Se emplea en ornamentación en la fabricación de tubos, en soldadura y en fabricación de alambres.

Oropel, chapa muy fina de latón que imita el oro.



Fotografía Propia

Es usado para manijas de puertas, como en este caso



\*Fotografía Propia

También es un elemento decorativo y a la vez de utilidad. Cuando se usa en lámparas de techo o algunas veces de Lámpara de pared.



\* Fotografía Propia

Lámpara de techo de **Latón Pulido**, con esfera estriada de vidrio.

### 3. BRONCE

#### 3.1 Concepto:

Cualquiera de las distintas aleaciones compuestas sobre todo de cobre y estaño, donde el cobre se encuentra en una proporción de 75 a 80%. Tiene color amarillo y resistente a los agentes atmosféricos y a los esfuerzos mecánicos. Ni los bronce 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 le supera en resistencia a la corrosión y facilidad de lubricación.

Alrededor de 200 a. C., el bronce se empleó sobre todo para la fabricación de herramientas, armas y armaduras. Un ejército sin armas de este metal se encontraba indefenso ante sus posibles atacantes, de ahí que los forjadores de aquella época gozaran de un enorme prestigio.

Sin embargo, los minerales de estaño son menos abundantes que los de cobre, y las minas conocidas pronto quedaron exhaustas: la humanidad se enfrentó por primera vez al agotamiento de un recurso natural.

#### 3.2 FABRICACIÓN

Al igual que el latón, por ser una aleación de cobre pero no con cinc si no con estaño se mezcla en crisoles o en un horno de reverbero.

##### 3.2.1 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

Este producto lo podemos encontrar principalmente en Chiantla, Huehuetenango, además de otros municipios del país.

#### 3.3 APLICACIONES COMO ORNAMENTO O DECORACIÓN

En tiempos antiguos se utilizó el bronce tal es el caso de la Catedral de Siena, iglesia gótica construida entre los siglos XII y XIV en la ciudad de Siena (Toscana, en la zona central de Italia). Las obras del templo comenzaron a finales del siglo XII y estaban casi

Diccionario Enciclopédico Océano Tomo 1  
Enciclopedia Encarta 2003/metales/cobre/bronce  
www.rincondelvago.com

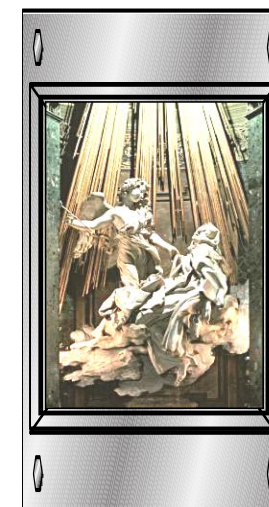


concluidas hacia 1270, con la excepción del campanile de seis pisos que se añadió en 1313. La portada, de estilo gótico clásico, se caracteriza por el dibujo de franjas en mármoles policromos, mientras que el interior está profusamente decorado.

La catedral conserva numerosas obras de importantes artistas italianos. Entre ellas destacan el púlpito y las estatuas de los profetas y los sabios del Antiguo Testamento situadas en la fachada, obras de Nicola y Giovanni Pisano (mitad del siglo XIII); el impresionante retablo de la Maestà (1308-1311), pintado por ambas caras, una de las principales obras de Duccio di Buoninsegna; relieves de Lorenzo Ghiberti (1417-1427); el relieve en bronce de Zacarías en el templo (concluido en 1430) de Jacopo della Quercia; dos esculturas de Miguel Ángel (san Pedro y san Pablo, fechadas en 1501) en el altar de la capilla Piccolomini; diez frescos de Pinturicchio sobre la vida del papa Pío II; mosaicos (cada uno con una escena del Antiguo Testamento) y ángeles de bronce de Domenico Beccafumi (hacia 1548); y algunas esculturas y la capilla de la Madonna del Voto (hacia 1663) de Gian Lorenzo Bernini.



Zacarías en el templo  
Jacopo della Quercia acabó en 1430 el relieve en bronce Zacarías en el templo para la fuente bautismal de la catedral de Siena, Italia.



#### ***Éxtasis de santa Teresa***

El *Éxtasis de santa Teresa*, obra realizada en el siglo XVII por el escultor italiano Gian Lorenzo Bernini, constituye uno de los ejemplos más dramáticos de la escultura barroca. Esculpida en mármol, con los rayos de luz y la flecha en bronce, está iluminada por una ventana oculta. Fue realizada para la capilla Cornaro de Santa María de la Victoria de Roma.



Diccionario Enciclopédico Océano tomo 1  
Enciclopedia Encarta 2003/metales/bronce  
[www.reddeeducador.com/metales/cobre](http://www.reddeeducador.com/metales/cobre)  
Enciclopedia encarta 2003/Catedral de Siena

### **Pedro el Grande**

Estatua ecuestre en bronce de Étienne-Maurice Falconet que representa al zar de Rusia Pedro I el Grande (1778, San Petersburgo).



Baldaqino realizado en bronce dorado, madera y mármol por Bernini y Borromini entre 1624 y 1633. Mide 29 m de altura y se encuentra en San Pietro in Vaticano, Roma.



**El sacrificio de Isaac**

*El sacrificio de Isaac* (1401-1402) es el bajorrelieve de bronce con el que Brunelleschi participó en el concurso para realizar las puertas del baptisterio de la catedral de Florencia, que ganó su rival Ghiberti.



**La Virgen y el Niño con San Antonio**

Este grupo escultórico en bronce, que se encuentra en la basílica de San Antonio en Padua, muestra el realismo y personalidad que caracterizaba a las obras de Donatello y que contribuyeron al desarrollo artístico de comienzos del renacimiento.

Otra manifestación de la antigüedad con el bronce es en La influencia bizantina y el deseo de dar magnificencia al mandato imperial impulsaron el desarrollo de las artes suntuarias y de la escultura, aunque ésta sólo en formato de escaso tamaño para facilitar su transporte a causa de la inestabilidad política imperante en la época. En el Museo del Louvre se conserva una pequeña estatuilla ecuestre en bronce que probablemente representa a Carlomagno, inspirada en el modelo romano de Marco Aurelio.

El bronce moderno se utiliza en la fundición artística y en la fabricación de instrumentos sonoros. Se pueden elaborar estatuillas con las cuales se decoran jardines e interiores de grandes luces, además de existir adornos de distintas formas y tamaños que pueden ser permanentes en la edificación o removibles manualmente.

También es utilizado en retablos de iglesia o altares mayores como laminillas con repujado o altorrelieve.

También se utiliza en la fabricación de armas, medallas, campanas y estatuas. En la construcción se emplea en grifos, tubos y uniones.

## 4. ORO

### 4.1 Concepto:

Oro, de símbolo Au (del latín aurum), es un elemento metálico, denso y blando, de aspecto amarillo brillante. El oro es uno de los elementos de transición del sistema periódico. Su número atómico es 79, y junto con la plata y el platino pertenece al grupo de los metales nobles, es decir, resistentes a la acción del agua y del oxígeno del aire, así como a la de gran número de compuestos químicos.

La tabla periódica de los elementos agrupa a éstos en filas y columnas según sus propiedades químicas.

Se cree que el oro empezó a trabajarse hacia el año 4500 a. C. Fue y es altamente estimado a causa de su belleza y rareza. Constituye la recompensa universal en todos los países, las culturas y las épocas. Amarillo, brillante, maleable, inalterable, ha sido para muchos el símbolo de la perfección. Los egipcios decían que “el oro poseía los extremos poderes del Sol encerrados en su cuerpo”.

Paradójicamente, si algún alquimista hubiera encontrado la “piedra filosofal”,<sup>5</sup>[Nota 5] que pudiera convertir otros metales en oro, éste hubiera perdido todo su valor, sería como chatarra.

### 4.2 PROPIEDADES

El oro puro es el más maleable y dúctil de todos los metales. Puede golpearse con un martillo hasta conseguir un espesor de 0,000013 cm, y una cantidad de 29 g se puede estirar hasta lograr un cable de 100 km de largo. Es uno de los metales más blandos y un buen conductor eléctrico y térmico. Como otros metales, finamente pulverizado presenta un color negro, y en suspensión coloidal su color varía entre el rojo rubí y el púrpura.

Es un metal muy inactivo. No le afectan el aire, la humedad, ni la mayoría de los disolventes. Sólo es soluble en agua de cloro, agua

regia o una mezcla de agua y cianuro de potasio. Los cloruros y cianuros son compuestos importantes del oro. Tiene un punto de fusión de 1.064 °C, un punto de ebullición de 2.970 °C y una densidad relativa de 19,3. Su masa atómica es 196,967.

### 4.3 ESTADO NATURAL

El oro se encuentra en la naturaleza en las vetas de cuarzo y en los depósitos de aluviones secundarios como metal en estado libre o combinado. Está distribuido por casi todas partes, aunque en pequeñas cantidades, ocupando el lugar 75 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Casi siempre se da combinado con cantidades variables de plata. La aleación natural oro-plata recibe el nombre de oro argentífero o electro. En combinación química con el telurio<sub>(6)</sub>, está presente junto con la plata en minerales como la calverita y la silvanita, y junto con el plomo, el antimonio y el azufre en la naguiagita. Con el mercurio aparece como amalgama<sub>(6)</sub> de oro. También se encuentra en pequeñas cantidades en piritas de hierro, y a veces existen cantidades apreciables de oro en la galena, un sulfuro de plomo que suele contener plata. En el agua de mar se encuentra en una proporción de 5 a 250 partes en masa por cada 100 millones de partes de agua. Aunque la cantidad total de oro en el agua marina rebasa los 9.000 millones de toneladas, el costo de su extracción superaría su valor real. El oro se presenta en la naturaleza bajo formas diversas: en filones de rocas auríferas, asociado a otros metales (por ejemplo el cobre) y en forma de polvo o de gránulos redondeados o achatados conocidos como pepitas; en depósitos de arena y lechos fluviales (placeres auríferos)

### 4.4 EXTRACCIÓN

El procedimiento más simple para extraer el oro es el lavado en batea, por medio de una fuente circular que suele tener una pequeña cavidad en su fondo. El buscador de oro procede a llenar la fuente con arena o grava mezcladas con pequeñas partículas de oro,

agitándola en el seno de una suave corriente de agua. Las partes más ligeras de la grava se van con el agua y las partículas de oro van quedando en el fondo de la batea.

Con el tiempo se han desarrollado nuevos métodos de extracción, como el método hidráulico, que consiste en dirigir una potente corriente de agua contra la grava o arena. Con esa operación los materiales se fragmentan y se filtran a través de unos conductos en los que el oro se va depositando, mientras que la grava flota y se retira.

En la extracción en ríos se suelen utilizar dragas elevadoras. Estas dragas son barcas con fondo plano que se sirven de una cadena continua de pequeños cangilones, que recogen el material del fondo del río, vaciándolo sobre la draga en un trómel o arcaduz (recipiente hecho de cerniduras). El material va girando en el trómel a medida que el agua cae sobre él. La arena con el oro se sumerge a través de las perforaciones del trómel, cayendo en unas planchas cuyo movimiento va concentrando el oro. También puede hacerse el dragado en lechos secos de antiguos ríos, siempre que se encuentre agua abundante a una distancia razonable. Para ello se cava un hoyo y se introduce la draga, que flota en el agua bombeada desde la fuente adyacente.

Con frecuencia se descubren depósitos de rocas que contienen oro, por pequeños afloramientos en la superficie. Estos yacimientos se trituran con máquinas especiales.

El oro se extrae de la grava o de rocas trituradas disolviéndolo en disoluciones de mercurio (proceso de amalgama<sub>(G)</sub>) o de cianuro (proceso de cianuro). Algunas menas, sobre todo aquellas en las que el oro está combinado químicamente con telurio<sub>(G)</sub>, deben ser calcinadas antes de su extracción. El oro se recupera de la solución y se funde en lingotes. Para que una roca sea rentable debe contener un mínimo de una parte de oro por 300.000 partes de material desechable.

El oro es tan escaso que también se obtiene de minerales de bajo grado por el proceso de cianuro.

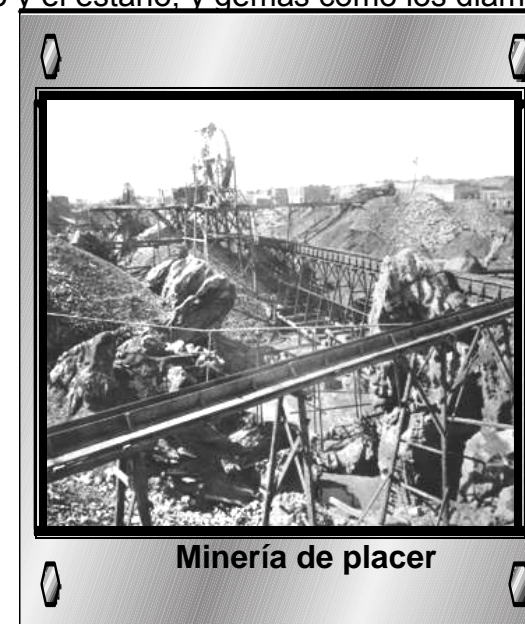
La forma más rara del oro son las pepitas. La más grande, la Welcome Stranger, de unos 70,8 kg, apareció casualmente bajo la superficie del suelo al chocar la rueda de un vagón contra ella, en Victoria (Australia), en el año 1869.

#### 4.4.1 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

El oro en Guatemala lo podemos encontrar en la Exploradora Montana la cual esta actualmente explotando las montañas de San Marcos, también existe oro en el departamento de Izabal y Jutiapa.

### 4.5 PRODUCCIÓN

Minería de placer: La minería de placer implica la excavación de depósitos de aluvión poco compactos, como arena, grava, limo o arcilla. Los minerales valiosos se separan de los materiales de aluvión mediante un sistema de cribas<sub>(G)</sub> y lavaderos, gálibos y compuertas. Entre los minerales de placer figuran metales como el oro, el platino y el estaño, y gemas como los diamantes y los rubíes.



**Minería de placer**

La obtención de oro data de las culturas etrusca, minoica, asiria y egipcia, cuando los placeres de oro procedían de arenas y gravas aluviales, y se extraía por el simple proceso de lavado con batea. El oro se obtenía también de esta forma en India, Asia central, el sur de los montes Urales y en las regiones del este del Mediterráneo. Con los primeros progresos en las técnicas de extracción, se explotaron las vetas de auríferos primarios, alcanzando este tipo de extracción cierta importancia en la era precristiana. Durante la edad media apenas hubo progresos significativos en la producción y extracción del oro.

En el siglo XVI, el valor de las reservas de oro en Europa apenas alcanzaba la cifra de 225 millones de dólares. Con el descubrimiento de América, y hasta comienzos del siglo XIX, la producción mundial alcanzó unos 4.665.000 kg (unos 150 millones de onzas troy). América del Sur y México se convirtieron en ese periodo en grandes productores. La colonización española del continente americano supuso a partir del siglo XVI un importante incremento en la producción de oro del Nuevo Mundo para su posterior exportación: entre los años 1521 y 1660, los españoles sacaron de América más de 200 toneladas de este metal. La afluencia de oro y plata transformó la economía del Viejo continente y el metal precioso se convirtió en un instrumento político. En el siglo XVI la producción de México llegó a alcanzar el 9% del total de la producción mundial. A partir del siglo XVIII, se descubrieron nuevos yacimientos: California (Estados Unidos) en 1848, Australia en 1851 y Transvaal (República de Sudáfrica) en 1886.

En la actualidad, Sudáfrica es el mayor proveedor mundial de oro, con una producción anual que ronda las 500 toneladas. Sus minas más importantes se encuentran en Witwatersrand. Hay otros 70 países que producen oro en cantidades comerciales, pero alrededor del 80% de la producción mundial proviene de Sudáfrica y de Estados Unidos, y en menor medida, de los países de la antigua URSS, Australia, Canadá, China y Brasil. Otros países con producción notable, aunque inferior, son México, Chile, Colombia y Filipinas.

#### 4.6 APLICACIONES COMO DECORACIÓN Y ORNAMENTO

El oro se conoce y aprecia desde tiempos remotos, no solamente por su belleza y resistencia a la corrosión, sino también por ser más fácil de trabajar que otros metales y menos costosa su extracción. Debido a su relativa rareza, comenzó a usarse como moneda de cambio y como referencia en las transacciones monetarias internacionales. La unidad para medir la masa del oro es la onza troy<sub>(G)</sub>, que equivale a 31,1 gramos.

La mayor parte de su producción se emplea en la acuñación de monedas y en joyería. Para estos fines se usa aleado con otros metales que le aportan dureza. El contenido de oro en una aleación se expresa en quilates. El oro destinado a la acuñación de monedas se compone de 90 partes de oro y 10 de plata. El oro verde usado en joyería contiene cobre y plata. El oro blanco contiene cinc y níquel o platino.

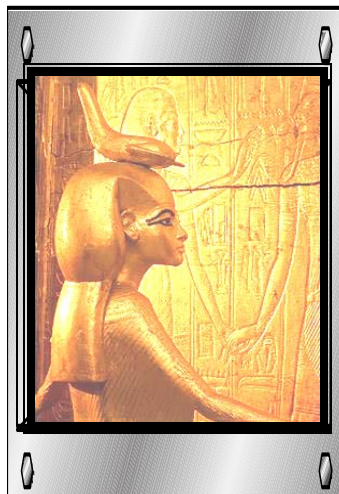
Se utiliza también en forma de láminas para dorar y rotular. El púrpura de Cassius, un precipitado de oro finamente pulverizado e hidróxido de estaño, formado a partir de la interacción de cloruro de oro y cloruro de estaño, se emplea para el coloreado de cristales de rubí. El ácido cloráurico se usa en fotografía para colorear imágenes plateadas. El cianuro de oro y potasio se utiliza para el dorado electrolítico. El oro también tiene aplicaciones en odontología. Los radioisótopos del oro se emplean en investigación biológica y en el tratamiento del cáncer.

El oro fue trabajado principalmente por los toltecas, mixtecos, zapotecas y mexicas. También se han descubierto piezas de oro en

el centro ceremonial de Chichén Itzá, así como en las tumbas tarascas de Tzin-Tzuntzán.

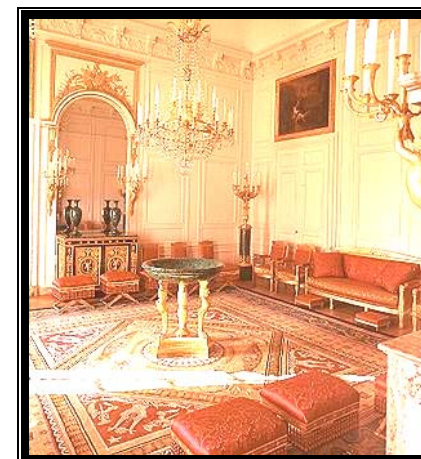
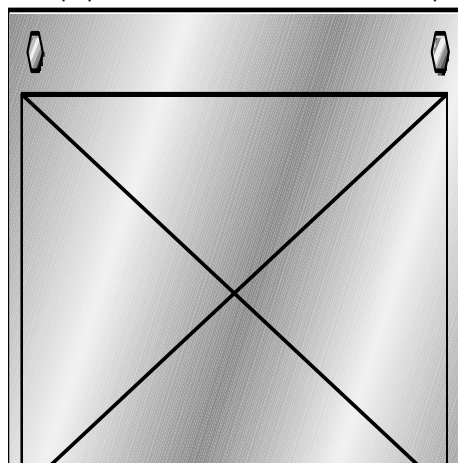
En la construcción se utiliza para recubrir de manera solemne y especial pequeñas áreas en forma de laminillas con repujados, alto relieve o figuras artísticas, la mayoría de estas aplicaciones se hacen principalmente en iglesias, palacios y en algunos edificios de alto nivel social.

A continuación se presentan algunas formas que el oro ha sido utilizado y aplicado a las construcciones en todo el mundo:



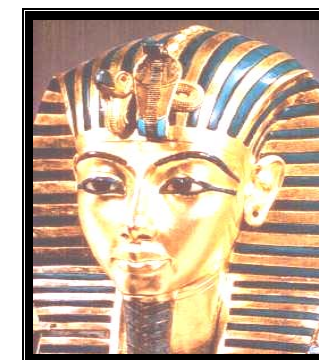
#### **Pan de oro**

La estatua de la diosa Serket, descubierta en la tumba del faraón Tut Anj Amón de Egipto, y el muro que puede verse tras ella, están recubiertos de pan de oro. El pan de oro se fabrica martilleando una pepita de oro hasta alcanzar un espesor muy fino.



#### **Salón de Versalles**

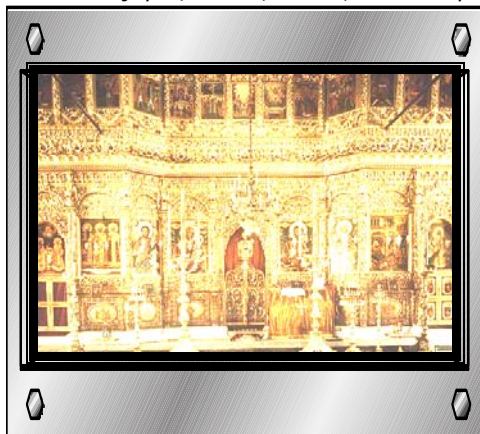
Este salón del palacio de Versalles es de estilo barroco, con adornos de oro molido en el espejo, motivos clásicos en la alfombra y candelabros e intrincados frisos tallados (*boiseries*) en las paredes. El mobiliario es mucho más sencillo que el empleado en el posterior rococó.



#### **Máscara funeraria de Tut Anj Amón**

La tumba inviolada de Tut Anj Amón, faraón de Egipto desde aproximadamente 1334 a 1325 a.C., ofrece una idea del esplendor de los ajueres funerarios del periodo del imperio nuevo. Su cuerpo momificado fue introducido en un sólido féretro de oro dentro de un segundo colocado dentro de un tercero. Su rostro fue cubierto con una máscara de oro (en

la imagen), revestida con lapislázuli y cornalina. La cámara de enterramiento y algunas otras habitaciones se llenaron con joyas, armas, carros, muebles y otros utensilios.



#### **Altar del monasterio búlgaro de Rila**

En las iglesias ortodoxas, un iconostasio, como el del monasterio de Rila, al suroeste de Bulgaria, aquí expuesto, oculta un área del altar de una iglesia a la congregación. Los iconos (imágenes de Jesucristo, María o los santos hechas de oro, marfil, mosaicos o pintura al óleo) cubren los iconostacios. Los miembros de la fe ortodoxa creen que Dios envía la bendición y curación a través de esos iconos. El uso de iconos se remonta al siglo V.



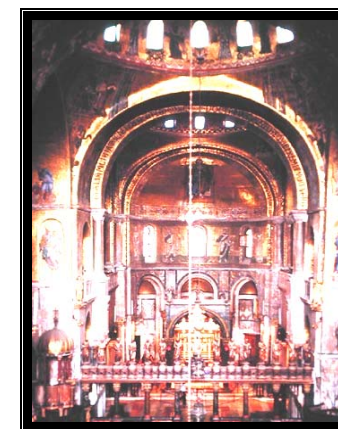
#### **Templo Dorado**

Situado en Amritsar, en el estado de Punjab (al noroeste de la India), el Templo Dorado es el lugar de culto más importante de los sijes. Construido originariamente en 1604, el templo ha sufrido repetidos daños debido a los ataques de los invasores afganos. En el siglo XIX, durante el reinado del maharajá Ranjit Singh, se reconstruyó el templo utilizando mármol, cobre y una capa de oro. El templo está situado en una pequeña isla y está unido a la tierra por el oeste por medio de un puente de mármol.



#### **El Ángel de la Independencia**

En la avenida Reforma de la ciudad de México se alza la columna de la Independencia, que mide 36 metros. Es conocida como El Ángel por la escultura cubierta de oro que la corona y que mide casi 7 metros. Este monumento fue inaugurado el 16 de septiembre de 1910 durante las fiestas del centenario de la independencia de México. En su base figuran las estatuas de algunos héroes mexicanos, como José María Morelos, Vicente Guerrero, Francisco Xavier Mina y Nicolás Bravo, cuyos restos reposan en las criptas.



#### **Catedral de San Marcos de Venecia**

Vista del interior de la catedral de San Marcos de Venecia. La suntuosa decoración, rica en oro y esmaltes, es característica de la tradición bizantina.

## 5. NÍQUEL

### 5.1 Concepto:

De símbolo Ni, es un elemento metálico magnético, de aspecto blanco plateado, utilizado principalmente en aleaciones. Es uno de los elementos de transición del sistema periódico y su número atómico es 28. Durante miles de años el níquel se ha utilizado en la acuñación de monedas en aleaciones de níquel y cobre, pero no fue reconocido como sustancia elemental hasta el año 1751, cuando el químico sueco Axel Frederic Cronstedt consiguió aislar el metal de una mena<sub>(G)</sub> de niquelita.

### 5.2 PROPIEDADES

El níquel es un metal duro, maleable y dúctil, que puede presentar un intenso brillo. Tiene propiedades magnéticas por debajo de 345 °C. Aparece bajo cinco formas isotópicas diferentes. El níquel metálico no es muy activo químicamente. Es soluble en ácido nítrico diluido, y se convierte en pasivo (no reactivo) en ácido nítrico concentrado. No reacciona con los álcalis. Tiene un punto de fusión de 1.455 °C, un punto de ebullición de 2.730 °C y una densidad de 8.9 g/cm<sup>3</sup>. Su masa atómica es 58.69.

### 5.3 ESTADO NATURAL

El níquel aparece en forma de metal en los meteoritos. También se encuentra, en combinación con otros elementos, en minerales como la garnierita, milerita, niquelita, pentlandita y pirrotina, siendo estos dos últimos las principales menas del níquel. Ocupa el lugar 22 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre.

Las menas de níquel contienen generalmente impurezas, sobre todo de cobre. Las menas de sulfuros, como las de pentlandita y pirrotina niquelífera se suelen fundir en altos hornos y se envían en forma de matas de sulfuro de cobre y níquel a las refinerías, en donde se extrae el níquel mediante procesos diversos. En el proceso

electrolítico, el níquel se deposita en forma de metal puro, una vez que el cobre ha sido extraído por deposición a un voltaje distinto y con un electrolito<sub>(G)</sub> diferente.

En el proceso de Mond, el cobre se extrae por disolución en ácido sulfúrico diluido, y el residuo de níquel se reduce a níquel metálico impuro. Al hacer pasar monóxido de carbono por el níquel impuro se forma carbonilo de níquel (Ni(CO)<sub>4</sub>), un gas volátil. Este gas, calentado a 200 °C, se descompone, depositándose el níquel metálico puro.

### 5.4 APLICACIONES Y PRODUCCIÓN

El níquel se emplea como protector y como revestimiento ornamental de los metales, en especial de los que son susceptibles de corrosión como el hierro y el acero. La placa de níquel se deposita por electrólisis de una solución de níquel. Finamente dividido, el níquel absorbe 17 veces su propio volumen de hidrógeno y se utiliza como catalizador<sub>(G)</sub> en un gran número de procesos, incluida la hidrogenación del petróleo.

El níquel se usa principalmente en aleaciones, y aporta dureza y resistencia a la corrosión en el acero. El acero de níquel, que contiene entre un 2% y un 4% de níquel, se utiliza en piezas de automóviles, como ejes, cigüeñales, engranajes, llaves y varillas, en repuestos de maquinaria y en placas para blindajes. Algunas de las más importantes aleaciones de níquel son la plata alemana, el invar<sub>(G)</sub>, el monel, el nicromo y el permalloy. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.



Los mayores depósitos de níquel se encuentran en Canadá; en 1957 se descubrieron ricos yacimientos en el norte de Quebec. Otros países importantes productores de níquel son Rusia, Australia e Indonesia. La producción mundial minera de níquel en 2000 fue de unos 1.160 millones de toneladas.

#### 5.4.1 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

La minería está poco desarrollada en Guatemala. La principal explotación de níquel se produce en el área del lago de Izabal.

## 6. PLATA

### 6.1 Concepto:

Plata, de símbolo Ag, es un elemento metálico blanco y brillante que conduce el calor y la electricidad mejor que ningún otro metal. Es uno de los elementos de transición del sistema periódico. Su número atómico es 47.

La plata se conoce y se ha valorado desde la antigüedad como metal ornamental y de acuñación. Probablemente las minas de plata en Asia Menor empezaron a ser explotadas antes del 2500 a.c. Los alquimistas la llamaban el metal Luna o Diana, por la diosa de la Luna, y le atribuyeron el símbolo de la luna creciente.

### 6.2 PROPIEDADES

La plata, un metal blanco y blando en estado puro, suele darse en la naturaleza asociado con otras menas de metales. La mayoría de la plata que se obtiene hoy se extrae conjuntamente con plomo y cobre, como un subproducto. Las minas de Kongsberg en Noruega son

célebres por sus especímenes de alambres de plata pura, como el que aparece en la fotografía.

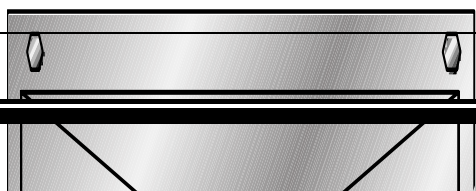


\*Grafica de Enciclopedia Encarta 2003

#### Plata pura

Exceptuando el oro, la plata es el metal más maleable y dúctil. Su dureza varía entre 2,5 y 2,7; es más dura que el oro, pero más blanda que el cobre. Tiene un punto de fusión de 962 °C, un punto de ebullición de 2.212 °C y una densidad relativa de 10,5. Su masa atómica es 107,868.

Desde el punto de vista químico, la plata no es muy activa. Es insoluble en ácidos y álcalis diluidos, pero se disuelve en ácido nítrico o sulfúrico concentrado, y no reacciona con oxígeno o agua a temperaturas ordinarias. El azufre y los sulfuros atacan la plata, y el deslustre o pérdida de brillo se produce por la formación de sulfuro de plata negro sobre la superficie del metal. Los huevos, que contienen una considerable cantidad de azufre como componente de sus proteínas, deslustran la plata rápidamente. Las pequeñas cantidades de sulfuro que existen naturalmente en la atmósfera o que se añaden al gas natural doméstico en forma de sulfuro de hidrógeno (H2S), también deslustran la plata. El sulfuro de plata (Ag2S) es una



de las sales  
disolución  
que se utiliza  
iones plata de



Los túneles de las minas a  
explotar por el proyecto de  
Montana están en fase de  
construcción, de donde luego se  
extraerá el oro y la plata.

más insolubles en  
acuosa, propiedad  
para separar los  
otros iones positivos.

### 6.3 ESTADO

La plata  
abundancia  
de la corteza  
apenas en  
sedimentos  
plata pura  
Perú y  
minas han

### NATURAL

ocupa el lugar 66 en  
entre los elementos  
terrestre. No existe  
estado puro; los  
más notables de  
están en México,  
Noruega, donde las  
sido explotadas

durante años. La plata pura también se encuentra asociada con el oro puro en una aleación conocida como oro argentífero, y al procesar el oro se recuperan considerables cantidades de plata. La plata está normalmente asociada con otros elementos (siendo el azufre el más predominante) en minerales y menas. Algunos de los minerales de plata más importantes son la cerargirita (o plata córnea), la pirargirita, la silvanita y la argentita. La plata también se encuentra como componente en las menas de plomo, cobre y cinc, y la mitad de la producción mundial de plata se obtiene como subproducto al procesar dichas menas. Prácticamente toda la plata producida en Europa se obtiene como subproducto de la mena<sub>(G)</sub> del sulfuro de plomo, la galena.

La mayoría de la plata extraída en el mundo procede de México, Perú y Estados Unidos. En 1999 la producción mundial de plata se aproximaba a las 16.700 toneladas. México es el primer productor de plata en el mundo.

En Guatemala se extraerá oro y plata en el departamento de San Marcos.

### 6.4 METALURGIA

En general, la plata se extrae de las menas de plata calcinando la mena<sub>(G)</sub> en un horno para convertir los sulfuros en sulfatos y luego precipitar químicamente la plata metálica. Hay varios procesos metalúrgicos para extraer la plata de las menas de otros metales. En el (proceso de amalgamación, se añade mercurio líquido a la mena<sub>(G)</sub> triturada y se forma una amalgama<sub>(G)</sub> de plata. Después de extraer la amalgama<sub>(G)</sub> de la mena<sub>(G)</sub>, se elimina el mercurio por destilación y queda la plata metálica. En los métodos de lixiviación, se disuelve la plata en una disolución de una sal (normalmente cianuro de sodio) y después se precipita la plata poniendo la disolución en contacto con cinc o aluminio. Para el proceso de Parkes, que se usa para separar la plata del cobre, véase Plomo. La plata impura obtenida en los procesos metalúrgicos se refina por métodos electrolíticos (véase

Electroquímica) o por copelación, un proceso que elimina las impurezas por evaporación o absorción.

## 6.5 APLICACIONES COMO DECORACIÓN U ORNAMENTO

El uso de la plata en joyería, servicios de mesa y acuñación de monedas es muy conocido. Normalmente se alea el metal con pequeñas cantidades de otros metales para hacerlo más duro y resistente. La plata fina para las cuberterías y otros objetos contiene un 92,5% de plata y un 7,5% de cobre. La plata se usa para recubrir las superficies de vidrio de los espejos, por medio de la vaporización del metal o la precipitación de una disolución. Sin embargo, el aluminio ha sustituido prácticamente a la plata en esta aplicación. La plata también se utiliza con frecuencia en los sistemas de circuitos eléctricos y electrónicos.

Los halogenuros de plata (bromuro de plata, cloruro de plata y yoduro de plata) que se oscurecen al exponerlos a la luz, se utilizan en emulsiones para placas, película y papel fotográficos. Estas sales son solubles en tiosulfato de sodio, que es el compuesto utilizado en el proceso de fijación fotográfica.

Como Ornamento o Decoración de Interiores es un metal muy versátil por su cualidad de maleabilidad, es de fácil transformación de formas bellas, complejas y decorativas para molduras, altos y bajos relieves, esculturas y accesorios de techos, puertas, baños, paredes etc.

## 7. ESTAÑO

### 7.1 Concepto:

Estaño, de símbolo Sn, es un elemento metálico, utilizado desde la antigüedad. Pertenece al grupo 14 (o IVA) del sistema periódico y su número atómico es 50.

Se ha encontrado estaño en las tumbas del antiguo Egipto, y durante el periodo romano fue exportado al continente europeo en grandes cantidades desde Cornwall, Inglaterra. Los antiguos egipcios consideraban que el estaño y el plomo eran distintas formas del mismo metal.

## 7.2 PROPIEDADES Y ESTADO NATURAL

El estaño es muy dúctil y maleable a 100 °C y es atacado por los ácidos fuertes. Ordinariamente es un metal blanco plateado, pero a temperaturas por debajo de los 13 °C se transforma a menudo en una forma alotrópica (claramente distinta) conocida como estaño gris, que es un polvo amorfo de color grisáceo con una densidad relativa de 5,75.

Debido al aspecto moteado de los objetos de estaño que sufren esta descomposición, a esta acción se la denomina comúnmente enfermedad del estaño o peste del estaño. Al doblar una barra de estaño ordinaria, ésta emite un sonido crepitante llamado grito del estaño, producido por la fricción de los cristales.

El estaño ocupa el lugar 49 entre los elementos de la corteza terrestre. El estaño ordinario tiene un punto de fusión de 232 °C, un punto de ebullición de 2.260 °C y una densidad relativa de 7,28. Su masa atómica es 118,711.

El mineral principal del estaño es la casiterita (o estaño vidrioso), SnO<sub>2</sub>, que abunda en Inglaterra, Alemania, la península de Malaca, Bolivia, Brasil y Australia. En la extracción de estaño, primero se muele y se lava el mineral para quitarle las impurezas, y luego se calcina para oxidar los sulfuros de hierro y de cobre. Después de un segundo lavado, se reduce el mineral con carbono en un horno de reverbero; el estaño fundido se recoge en la parte inferior y se moldea en bloques conocidos como estaño en lingotes. En esta forma, el estaño se vuelve a fundir a bajas temperaturas; las impurezas forman una masa infusible. El estaño también puede purificarse por electrólisis.

### 7.3 COMPUESTOS

El estaño forma ácido estánnico,  $H_2SnO_4$ , al calentarlo en aire u oxígeno a altas temperaturas. Se disuelve en ácido clorhídrico formando cloruro de estaño y en agua regia produciendo cloruro de estaño y reacciona con una disolución de hidróxido de sodio formando estannito de sodio y gas hidrógeno. El estaño se disuelve en ácido nítrico frío y muy diluido, formando nitrato de estaño (ii) y nitrato de amonio; en ácido nítrico concentrado produce ácido metaestánnico. El sulfuro de estaño se obtiene en forma de precipitado castaño oscuro por la acción del sulfuro de hidrógeno sobre una disolución de cloruro de estaño (iv). El sulfuro de estaño se produce pasando sulfuro de hidrógeno a través de una disolución de sal de estaño. Los dos hidróxidos de estaño, se producen añadiendo un hidróxido soluble a disoluciones de sales de estaño y de estaño. El óxido de estaño un polvo negro insoluble, se obtiene calentando oxalato de estaño en ausencia de aire. En presencia de aire, el óxido de estaño arde para formar el dióxido, u óxido de estaño, un sólido blanco insoluble. El dióxido también puede prepararse calentando ácido estánnico o estaño metálico en aire a alta temperatura.

### 7.4 FABRICACIÓN

Se obtiene por fusión reductora en hornos de cuba, reverbero o eléctrico, y se purifica o afina por la licuación de los lingotes de 200 Kg. en horno de reverbero y por ebullición, removiendo por madera verde, cuyos vapores forman una espuma con las impurezas.

### 7.5 APLICACIONES COMO DECORACIÓN U ORNAMENTO

El estaño es un metal muy utilizado en centenares de procesos industriales en todo el mundo. En forma de hojalata, se usa como

capa protectora para recipientes de cobre, de otros metales utilizados para fabricar latas, y artículos similares. El estaño es importante en las aleaciones comunes de bronce (estaño y cobre), en la soldadura (estaño y plomo) y en el metal de imprenta (estaño, plomo y antimonio). También se usa aleado con titanio en la industria aeroespacial, y como ingrediente de algunos insecticidas. El sulfuro de estaño, conocido también como oro musivo, se usa en forma de polvo para broncear artículos de madera.

Los países mayores productores de estaño son China, Indonesia, Perú, Brasil y Bolivia.

En la construcción, el estaño se emplea para recubrir interiormente los tubos de plomo destinados a las conducciones de agua potable, también se usa en forma de aleación con el cobre formando los bronces, y con el plomo, para las soldaduras.

Las soldaduras blandas o blancas se componen de partes iguales de estaño y plomo, funden a 205 oC. y se reblandecen antes de solidificarse. Las soldaduras fuertes o Amarillas se componen de estaño, cobre y cinc; funden a 280 oC. y se emplea para soldar hierro.

La soldadura que se emplea en fontanería es una mezcla de plomo y estaño en la proporción de 33% de estaño para soldar plomo 40% para soldar cinc, y 60% para soldar hojalata, cobre y latón. También se utilizan las aleaciones de estaño y plata para la soldadura de tubos de cobre.

## 8. CINCO

### 8.1 Concepto:

Cinc o Zinc, de símbolo Zn, elemento metálico blanco azulado que tiene muchas aplicaciones industriales. Es uno de los elementos de transición del sistema periódico; su número atómico es 30. Los minerales de cinc se conocen desde hace mucho tiempo, pero el cinc no fue reconocido como elemento hasta 1746, cuando el químico

alemán Andreas Sigismund Marggraf aisló el metal puro calentando calamina y carbón de leña.

## 8.2 PROPIEDADES Y ESTADO NATURAL

El cinc puro es un metal cristalino, insoluble en agua caliente y fría, y soluble en alcohol, en los ácidos y en los álcalis. Es extremadamente frágil a temperaturas ordinarias, pero se vuelve maleable entre los 120 y los 150 °C, y se lamina fácilmente al pasarlo entre rodillos calientes. No es atacado por el aire seco, pero en aire húmedo se oxida, cubriéndose con una película carbonada que lo protege de una posterior corrosión. Tiene un punto de fusión de 420 °C, un punto de ebullición de 907 °C y una densidad relativa de 7,14. Su masa atómica es 65,409.

Ocupa el lugar 24 en abundancia entre los elementos de la corteza (terrestre). No existe libre en la naturaleza, sino que se encuentra como óxido de cinc (ZnO) en el mineral cincita y como silicato de cinc ( $2\text{ZnO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) en la hemimorfita. También se encuentra como carbonato de cinc ( $\text{ZnCO}_3$ ) en el mineral esmitsonita, como óxido mixto de hierro y cinc en la franklinita, y como sulfuro de cinc en la esfalerita, o blenda de cinc. Las menas utilizadas más comúnmente como fuente de cinc son la esmitsonita y la esfalerita.

El primer paso en el proceso metalúrgico es transformar los minerales en óxidos, sometidos a altas temperaturas. Después se reducen los óxidos con carbono en un horno eléctrico y el cinc hierve y se destila en la retorta, en donde tiene lugar la reducción. El cinc obtenido por destilación contiene pequeñas cantidades de hierro, arsénico, cadmio y plomo, y es conocido en metalurgia como peltre.

En otro método de refinado, los minerales se calcinan y se lixivian con ácido sulfúrico. Después de separar las impurezas, la disolución se electroliza.

El cinc electrolítico es puro y tiene cualidades superiores como, por ejemplo, una mayor resistencia a la corrosión.

## 8.3 APLICACIONES COMO ORNAMENTO O DECORACIÓN

El metal se usa principalmente como capa protectora o galvanizador para el hierro y el acero, y como componente de distintas aleaciones, especialmente del latón. También se utiliza en las placas de las pilas (baterías) eléctricas secas, y en las fundiciones a troquel. El óxido de cinc, conocido como cinc blanco, se usa como pigmento en pintura. También se utiliza como relleno en llantas de goma y como pomada antiséptica en medicina. El cloruro de cinc se usa para preservar la madera y como fluido soldador. El sulfuro de cinc es útil en aplicaciones relacionadas con la electroluminiscencia, la fotoconductividad, la semiconductividad y otros usos electrónicos; se utiliza en los tubos de las pantallas de televisión y en los recubrimientos fluorescentes.

# 9. ALUMINIO

## 9.1 Concepto

Aluminio, de símbolo Al, es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica.

El químico danés Hans Christian Oersted lo aisló por primera vez en 1825, por medio de un proceso químico que utilizaba una amalgama<sub>(G)</sub> de potasio y cloruro de aluminio. Entre 1827 y 1845, el químico alemán Friedrich Wöhler mejoró el proceso de Oersted utilizando potasio metálico y cloruro de aluminio. Wöhler fue el primero en medir la densidad del aluminio y demostrar su ligereza. En 1854, Henri Sainte-Claire Deville obtuvo el metal en Francia reduciendo cloruro de aluminio con sodio. Con el apoyo financiero de

Napoleón III, Deville estableció una planta experimental a gran escala, y en la exposición de París de 1855 exhibió el aluminio puro.

## 9.2 PROPIEDADES

(De color plateado y muy ligero, su masa atómica es 26,9815; tiene un punto de fusión de 660 °C, un punto de ebullición de 2.467 °C y una densidad relativa de 2,7. Es un metal muy electropositivo y altamente reactivo. Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva. Tiene la propiedad de reducir muchos compuestos metálicos a sus metales básicos. Por ejemplo, al calentar termita (una mezcla de óxido de hierro y aluminio en polvo), el aluminio extrae rápidamente el oxígeno del óxido; el calor de la reacción es suficiente para fundir el hierro. Este fenómeno se usa en el proceso Goldschmidt o Termita para soldar hierro.

Entre sus compuestos más importantes están el óxido, el hidróxido, el sulfato y el sulfato mixto. El óxido de aluminio es anfótero, es decir, presenta a la vez propiedades ácidas y básicas. El cloruro de aluminio anhidro es importante en la industria petrolífera. Muchas gemas (el rubí y el zafiro, por ejemplo) consisten principalmente en óxido de aluminio cristalino.

## 9.3 ESTADO NATURAL

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre; sólo los elementos no metálicos oxígeno y silicio son más abundantes. Se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio, pero nunca como metal libre. Los silicatos no son menas útiles, porque es extremadamente difícil, y por tanto muy caro, extraer el aluminio de ellas. La bauxita, un óxido de aluminio

hidratado impuro, es la fuente comercial de aluminio y de sus compuestos.

En 1886, Charles Martin Hall en Estados Unidos y Paul L. T. Héroult en Francia descubrieron por separado y casi simultáneamente que el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundido, pudiendo ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto. El proceso Hall-Héroult sigue siendo el método principal para la producción comercial de aluminio, aunque se están estudiando nuevos métodos. La pureza del producto se ha incrementado hasta el 99,5% de aluminio en los lingotes comerciales; más tarde puede ser refinado hasta un 99,99 por ciento.

## 9.4 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 toneladas, en 1938 de 598.000 toneladas y en 1998 la producción de aluminio primario fue de unos 22.700 millones de toneladas. Los principales países productores son Estados Unidos, Rusia, Canadá, China y Australia.

## 9.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN Y FABRICACIÓN

Para la extracción del aluminio de sus minerales se utiliza el método electrolítico y se emplea para ello un horno eléctrico en el cual se introduce una de minerales. Cuando la masa se funde se hace pasar una corriente eléctrica por un ánodo de carbón siendo el cátodo una placa de Hierro. Por efecto de la corriente la bauxita se descompone, el oxígeno se descompone en el ánodo y el aluminio fundido se acumula en el fondo de la cuba o cátodo de donde se lo extrae. "La bauxita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) molida con NaOH (Conc.) se convierte en  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  soluble. La acidificación con  $\text{CO}_2$  precipita bauxita pura que al deshidratarse forma  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; añadiendo un fundente, criolita,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ , la electrolisis se lleva a cabo a 1000° C

con electrodos de carbono. Alternativamente y con menor consumo de energía se hace reaccionar la bauxita con  $\text{Cl}_2$ , obteniendo  $\text{AlCl}_3$ , que, fundido, se electroliza para obtener  $\text{Al}$  y  $\text{Cl}_2$ .”

(Las aleaciones de aluminio son fundidas principalmente por tres procesos: fundición de arena, molde permanente y fundición en coquilla.

9.5.1 Fundición de Arena: Es el más sencillo y versátil de los procesos de fundición del aluminio. Es normalmente elegido para la producción de:

- ❖ Cantidades pequeñas de piezas fundidas idénticas.
- ❖ Piezas fundidas complejas con núcleos complicados.
- ❖ Grandes piezas fundidas
- ❖ Piezas fundidas para la construcción.

9.5.2 Fundición con Molde Permanente: Se vierte el metal fundido en un molde metálico permanente bajo gravedad y bajo presión centrífuga solamente. Las piezas fundidas así tienen una estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas fundidas con moldes de arena, debido a que la velocidad de enfriamiento es más rápida. Además, las piezas fundidas en molde permanente poseen generalmente menores contracciones y porosidad que las piezas fundidas en arena. Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño, y para piezas complejas puede resultar difícil o imposible.

## 9.6 APLICACIONES COMUNES Y COMO

---

Enciclopedia Encarta 2003/metales/aluminio  
[www.infoacero.com/metales/aluminio](http://www.infoacero.com/metales/aluminio)  
[www.reddeeducador.com/metales/aluminio](http://www.reddeeducador.com/metales/aluminio)

## DECORACIÓN Y ORNAMENTO

Un volumen dado de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero. Los únicos metales más ligeros son el litio, el sodio, 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 térmica, 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.

Este metal se utiliza cada vez más en arquitectura, tanto con propósitos estructurales como ornamentales. Las tablas, las contraventanas y las láminas de aluminio constituyen excelentes materiales de construcción. 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 ahorro de energía cada vez más importante. La resistencia del aluminio a la corrosión por el agua de

---

Enciclopedia Encarta 2003/metales/aluminio  
[www.infoacero.com/metales/aluminio](http://www.infoacero.com/metales/aluminio)  
[www.reddeeducador.com/metales/aluminio](http://www.reddeeducador.com/metales/aluminio)

mar también lo hace útil para fabricar cascos de barco y otros mecanismos acuáticos.

Se puede preparar una amplia gama de aleaciones recubridoras 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.

El aluminio en la actualidad tiene muchas aplicaciones en la decoración y ornamentación de edificaciones arquitectónicas, siempre teniendo un fin estructural, eficiente como armaduras de cielo falso o vigas de estereo-estructuras. El aluminio también se emplea en forma de plancha, en el recubrimiento de techos, Molduras Decorativas y ventanearía.

## 10. PLOMO

### 10.1 Concepto

Plomo, de símbolo Pb (del latín plumbum, 'plomo'), es un elemento metálico, denso, de color gris azulado. Es uno de los primeros metales conocidos. Su número atómico es 82, y se encuentra en el grupo 14 del sistema periódico.

Hay referencias al plomo en el Antiguo Testamento, y ya lo empleaban los romanos para tuberías, aleado con estaño.

En la edad media el plomo se utilizaba en la arquitectura europea para la decoración de exteriores. En Inglaterra se usó con profusión como cubierta de tejados y para los canalones de recogida de agua de lluvia.

Entre los siglos XII y XV se fabricaron pilas bautismales de plomo con decoraciones en relieve realizadas por colado. En el siglo XVII se pusieron de moda las estatuas de plomo en los jardines, moda que continuó hasta principios del siglo XVIII, y durante el siglo XVI los orfebres y plateros alemanes usaron plantillas de plomo colado para proporcionar diseños a otros orfebres. Estas plantillas, que se exportaron a muchos lugares de Europa con los diseños más vanguardistas, tanto abstractos como figurativos, y que reproducían fielmente todos los detalles de originales tallados en madera o piedra blanda, constituyen en la actualidad objetos muy preciados para los coleccionistas.

### 10.2 PROPIEDADES

El plomo es un metal blando, maleable y dúctil. Si se calienta lentamente puede hacerse pasar a través de agujeros anulares o troqueles. Presenta una baja resistencia a la tracción y es un mal conductor de la electricidad. Al hacer un corte, su superficie presenta un lustre plateado brillante, que se vuelve rápidamente de color gris azulado y opaco, característico de este metal. Tiene un punto de fusión de 328 °C, un punto de ebullición de 1.740 °C y una densidad relativa de 11,34. Su masa atómica es 207,20.

El plomo reacciona con el ácido nítrico, pero a temperatura ambiente apenas le afectan los ácidos sulfúrico y clorhídrico. En presencia de aire, reacciona lentamente con el agua formando hidróxido de plomo, que es ligeramente soluble. Los compuestos solubles de plomo son venenosos. Aunque normalmente el agua contiene sales que forman una capa en las tuberías que impide la formación de hidróxido de plomo soluble, no es aconsejable emplear plomo en las tuberías de agua potable.

El plomo se presenta en la naturaleza en ocho formas isotópicas: cuatro de ellas son estables y las otras cuatro son radiactivas. Los



isótopos estables plomo 206, plomo 207 y plomo 208 son, respectivamente, los productos finales de las series de descomposición radiactiva del uranio, actinio y torio. El plomo 204, también estable, no tiene precursores radiactivos naturales.

### 10.3 ESTADO NATURAL

El sulfuro de plomo (PbS) o galena es una excelente fuente de plomo. La galena suele darse junto con pequeñas cantidades de otros metales como cobre, cinc, plata y oro, que son susceptibles de obtenerse en explotaciones mineras. Como se ve aquí, la galena presenta una exfoliación cúbica perfecta.



El plomo se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta en forma de galena, que es sulfuro de plomo. Ocupa el lugar 36 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. La cerusita y la anglesita son sus menas más importantes después de la galena. La extracción del plomo de la galena se lleva a cabo por calcinación de la mena<sub>(G)</sub>, convirtiéndola en óxido y reduciendo el óxido con coque en altos hornos. Otro método consiste en calcinar la mena<sub>(G)</sub> en un horno de reverbero hasta que parte del sulfuro de plomo se transforma en óxido de plomo y sulfato de plomo. Se elimina el aporte de aire al horno y se eleva la temperatura, reaccionando el sulfuro de plomo original con el sulfato y el óxido de plomo, para formar plomo metálico y dióxido de azufre.

Una fuente importante de obtención de plomo son los materiales de desecho industriales, que se recuperan y funden. Debido a que la

galena contiene normalmente otros metales, el plomo en bruto obtenido por procesos de fundición suele tener impurezas como cobre, cinc, plata y oro. La recuperación de metales preciosos de las menas de plomo es a menudo tan importante como la extracción del plomo en sí. El oro y la plata se recuperan por el proceso de Parkes, en el cual al plomo fundido, junto con sus impurezas, se le añade una pequeña cantidad de cinc. Esta aleación fundida aflora a la superficie del plomo en forma de una capa fácilmente separable, extrayendo el cinc del oro o de la plata por destilación. El plomo en bruto suele purificarse removiendo plomo fundido en presencia de aire. Los óxidos de las impurezas metálicas suben a la superficie y se eliminan. El plomo más puro se obtiene refinando electrolíticamente.

### 10.4 APLICACIONES VARIAS

El plomo se emplea en grandes cantidades en la fabricación de baterías y en el revestimiento de cables eléctricos. También se utiliza industrialmente en las redes de tuberías, tanques y aparatos de rayos X. Debido a su elevada densidad y propiedades nucleares, se usa como blindaje protector de materiales radiactivos. Entre las numerosas aleaciones de plomo se encuentran las soldaduras, el metal tipográfico y diversos cojinetes metálicos. Una gran parte del plomo se emplea en forma de compuestos, sobre todo en pinturas y pigmentos.

También es colocado entre muros para protección radioactiva y mejorando la reacción de la misma. En construcción se lo utiliza en forma de chapas o planchas laminadas, con un espesor de 0,5 a 1,2 mm. las empleadas en cubiertas suelen ser las de 1,5 mm de espesor, con un ancho de 80 cm. también se las usa como placas de apoyo para las vigas y columnas de hierro galvanizado. El uso más corriente es en forma de caños para agua corriente, gas, desagües y ventilación de cloacas, emplomado de otros metales, en alambres y varillas.

## 10.5 PRODUCCIÓN

Los principales depósitos de plomo se encuentran en la antigua URSS, Australia, Estados Unidos, Canadá, México, Perú y España, que ocupa el duodécimo lugar en cuanto a producción minera. Estados Unidos es el mayor consumidor (alrededor de la mitad de la producción de plomo) y en el pasado llegó a producir un tercio del total mundial. Desde el final de la II Guerra Mundial en 1945, las vetas más ricas de galena se han ido agotando, y los Estados Unidos han visto enormemente reducida su producción de plomo.

## 10.6 COMPUESTOS DEL PLOMO

El carbonato de plomo básico,  $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ , llamado blanco de plomo o albayalde, ha sido utilizado como pigmento blanco desde hace 2.000 años. También se utiliza en otros pigmentos y barnices para cerámica. Últimamente, a causa del peligro de envenenamiento, la pintura a base de plomo ha dejado de usarse en espacios interiores. El llamado proceso holandés es el método en uso más antiguo para obtener blanco de plomo. En este proceso, se recubren ollas de barro, conteniendo rejillas de plomo y ácido etanoico, con cascás (pequeños trozos de cortezas ricas en taninos); la reacción de las cascás al fermentar y del ácido etanoico produce plomo al cabo de un periodo de unos 90 días. Hoy existen procesos industriales más rápidos, como la electrólisis o la introducción de aire y dióxido de carbono en grandes cilindros rotatorios llenos de plomo en polvo y ácido etanoico.

El monóxido de plomo ( $\text{PbO}$ ), o litargirio, un polvo cristalino amarillo formado al calentar plomo en presencia de aire, se usa para hacer cristal de roca, como desecante de aceites y barnices, y para elaborar insecticidas. El plomo rojo ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), o minio, un polvo cristalino escarlata formado por oxidación del monóxido de plomo, se utiliza como capa protectora en estructuras de hierro y acero. El cromato de plomo ( $\text{PbCrO}_4$ ), o amarillo de plomo, un polvo cristalino empleado como pigmento amarillo, se prepara por reacción del

acetato de plomo con dicromato de potasio. El cromo rojo, el cromo amarillo naranja y el cromo amarillo limón son algunos de los pigmentos obtenidos del cromato de plomo. El etanoato de plomo (II),  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , una sustancia cristalina blanca, llamada azúcar de plomo por su sabor dulce, se prepara comercialmente disolviendo litargirio en ácido etanoico. Se emplea como agente cáustico en tintes, como desecante de pinturas y barnices, y para elaborar otros compuestos de plomo. El tetraetilplomo,  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ , es el principal ingrediente del antidetonante que se añade a la gasolina para evitar detonaciones prematuras en los motores de combustión interna, y está considerado un agente contaminante del aire.

## 11. HIERRO Y ACERO

### 11.1 HIERRO.

#### 11.1.1 Concepto

Elemento de símbolo Fe, número atómico 26, peso atómico 55.85. tiene una densidad  $7.86\text{g/cm}^3$  y funde a  $1535\text{C}$ , (del latín ferrum, 'hierro'), es un elemento metálico, magnético, maleable y de color blanco plateado. Es uno de los elementos de transición del sistema periódico. La metalurgia del hierro o siderurgia, se realiza casi totalmente en un horno especial, (horno alto). El material que se obtiene, o fundición, contiene además de hierro, carbono, silicio, fósforo, manganeso y azufre. La mayor parte de la fundición se emplea en fabricar aceros, para la cual es preciso el proceso de

afino, que puede ser: por pudelado, en hornos de reverbero, afino neumático y afino al bajo hogar. El hierro puro obtenido por reducción del óxido con el hidrógeno, tiene propiedades muy diferentes del comercial, aunque este solo contenga cantidades muy pequeñas de impurezas, es un metal blanco, blando, dúctil y maleable.

No es atacado apreciablemente por el agua pura, pero se oxida en agua que contenga oxígeno disuelto. El óxido formado u orín, es poroso y no protege al metal de la posterior corrosión a diferencia de los óxidos de aluminio y cinc. Fue descubierto en la prehistoria y era utilizado como adorno y para fabricar armas; el objeto más antiguo, aún existente, es un grupo de cuentas oxidadas encontrado en Egipto, y data del 4000 a.C. El término arqueológico edad del hierro se aplica sólo al periodo en el que se extiende la utilización y el trabajo del hierro. El procesado moderno del hierro no comenzó en Europa central hasta la mitad del siglo XIV.

### 11.1.2 PROPIEDADES

El hierro puro tiene una dureza que oscila entre 4 y 5. Es blando, maleable y dúctil. Se magnetiza fácilmente a temperatura ordinaria; es difícil magnetizarlo en caliente, y a unos 790 °C desaparecen las propiedades magnéticas. Un punto de ebullición de 2.750 °C.

El metal existe en tres formas alotrópicas distintas: hierro ordinario o hierro-a (hierro-alfa), hierro-g (hierro-gamma) y hierro-δ (hierro-delta). La disposición interna de los átomos en la red del cristal varía en la transición de una forma a otra. La transición de hierro-a a hierro-g se produce a unos 910 °C, y la transición de hierro-g a hierro-δ se produce a unos 1.400 °C. Las distintas propiedades físicas de las formas alotrópicas y la diferencia en la cantidad de carbono admitida por cada una de las formas desempeñan un papel

importante en la formación, dureza y temple del acero. Químicamente el hierro es un metal activo. Se combina con los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo y astato) y con el azufre, fósforo, carbono y silicio. Desplaza al hidrógeno de la mayoría de los ácidos débiles. Arde con oxígeno formando tetróxido triférrico (óxido ferrosférico),  $Fe_3O_4$ . Expuesto al aire húmedo, se corroe formando óxido de hierro hidratado, una sustancia pardo-rojiza, escamosa, conocida comúnmente como orín o herrumbre. La formación de orín es un fenómeno electroquímico en el cual las impurezas presentes en el hierro interactúan eléctricamente con el hierro metal. Se establece una pequeña corriente en la que el agua de la atmósfera proporciona una disolución electrolítica. El agua y los electrolitos<sub>(G)</sub> solubles aceleran la reacción. En este proceso, el hierro metálico se descompone y reacciona con el oxígeno del aire para formar el orín. La reacción es más rápida en aquellos lugares donde se acumula el orín, y la superficie del metal acaba agujereándose.

Al sumergir hierro en ácido nítrico concentrado, se forma una capa de óxido que lo hace pasivo, es decir, no reactivo químicamente con ácidos u otras sustancias. La capa de óxido protectora se rompe fácilmente golpeando o sacudiendo el metal, que vuelve así a ser activo.

### 11.1.3 ESTADO NATURAL

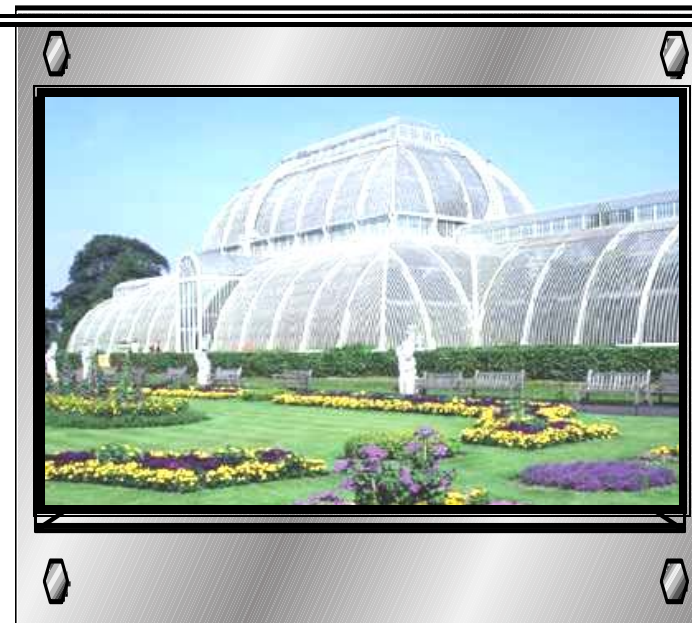
El hierro sólo existe en estado libre en unas pocas localidades, en concreto al oeste de Groenlandia. También se encuentra en los meteoritos, normalmente aleado con níquel. En forma de compuestos químicos, está distribuido por todo el mundo, y ocupa el cuarto lugar en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre; después del aluminio, es el más abundante de todos los metales. El principal mineral de hierro es la **hematites**. Otros minerales importantes son la goetita, la magnetita, la siderita y el hierro del pantano (limonita). La pirita, que es un sulfuro de hierro, no se procesa como mineral de hierro porque el azufre es muy difícil de eliminar. También existen

pequeñas cantidades de hierro combinadas con aguas naturales y en las plantas; además, es un componente de la sangre.

#### 11.1.4 APLICACIONES Y PRODUCCIÓN

El hierro puro, preparado por la electrólisis de una disolución de sulfato de hierro (ii), tiene un uso limitado. El hierro comercial contiene invariablemente pequeñas cantidades de carbono y otras impurezas que alteran sus propiedades físicas, pero éstas pueden mejorarse considerablemente añadiendo más carbono y otros elementos de aleación. La mayor parte del hierro se utiliza en formas sometidas a un tratamiento especial, como el hierro forjado, el hierro colado y el acero. Comercialmente, el hierro puro se utiliza para obtener láminas metálicas galvanizadas y electroimanes. Los compuestos de hierro se usan en medicina para el tratamiento de la anemia, es decir, cuando desciende la cantidad de hemoglobina o el número de glóbulos rojos en la sangre.

Según estimaciones para 2000, la producción anual de hierro se situaba en torno a los 1.010 millones de toneladas.



**Palm House, Londres**

La Palm House es un invernadero construido en la década de 1840 para albergar la colección de plantas tropicales de los Reales Jardines botánicos de Kew. Su estructura está compuesta por nervios de hierro Colado entre los que se insertan grandes superficies de vidrio curvo.



**Rosetón de Notre Dame**

El rosetón de la fachada norte de Notre Dame de París, fue realizado por Jean de Chelles entre 1240 y 1250. Tiene 129 metros de diámetro y está compuesto por piezas de vidrio de

brillantes colores unidas con plomo y armadas sobre una estructura de hierro. Los detalles de las escenas religiosas están pintados sobre el vidrio.



#### **Crystal Palace**

El Crystal Palace marcó un hito en la evolución de la arquitectura moderna. Se construyó para albergar la Exposición Universal de 1851, celebrada en Londres, según el proyecto de Joseph Paxton. Su estructura de hierro Fundido y vidrio albergó a más de 8.000 expositores y cerca de 8 millones de visitantes.

### **11.1.5 COMPUESTOS**

El hierro forma compuestos en los que tiene valencia +2 (antiguamente compuestos ferrosos) y compuestos en los que tiene valencia +3 (antiguamente compuestos férricos). Los compuestos de hierro se oxidan con facilidad a compuestos de hierro. El compuesto más importante de hierro es el sulfato de hierro,  $\text{FeSO}_4$ , denominado

[www.reddeeducador.com/metales/hierro](http://www.reddeeducador.com/metales/hierro)  
 Enciclopedia Encarta 2003/metales/hierro  
[www.infoacero.com/hierro-acero](http://www.infoacero.com/hierro-acero)  
 Historia Universal Océano

caparrosa verde; normalmente existe en forma de cristales verde pálido que contienen siete moléculas de agua de hidratación. Se obtiene en grandes cantidades como subproducto al limpiar el hierro con baño químico, y se utiliza como mordiente en el teñido, para obtener tónicos medicinales y para fabricar tinta y pigmentos.

El óxido de hierro, un polvo rojo amorfo, se obtiene tratando sales de hierro con una base, y también oxidando pirita. Se utiliza como pigmento, y se denomina rojo de hierro o rojo veneciano. También se usa como abrasivo para pulir y como medio magnetizable de cintas y discos magnéticos. El cloruro de hierro, que se obtiene en forma de cristales brillantes de color verde oscuro al calentar hierro con cloro, se utiliza en medicina y como una disolución alcohólica llamada tintura de hierro.

Los iones de hierro y hierro se combinan con los cianuros para formar compuestos de coordinación. El hexacianoferrato de hierro o ferrocianuro férrico,  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ , es un sólido amorfo azul oscuro formado por la reacción de hexacianoferrato de potasio con una sal de hierro y se conoce como azul de Prusia. Se usa como pigmento en pintura y como añil en el lavado de ropa para corregir el tinte amarillento dejado por las sales de hierro en el agua. El hexacianoferrato de potasio,  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , llamado prusiato rojo, se obtiene del hexacianoferrato de hierro,  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ . A éste se le llama también azul de Turnbull y se usa para procesar el papel de calco. El hierro experimenta también ciertas reacciones fisicoquímicas con el carbono, que son esenciales para fabricar el acero.

### **11.1.6 SIDERURGIA**

Tecnología relacionada con la producción del hierro y sus aleaciones, en especial las que contienen un pequeño porcentaje de carbono, que constituyen los diferentes tipos de acero y las fundiciones. A veces, las diferencias entre las distintas clases de hierro y acero resultan confusas por la nomenclatura empleada. En general, el acero es 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. El hierro colado o fundición contiene entre un 2,25 y un 5% de carbono. Hay una forma especial de hierro maleable, prácticamente sin aplicaciones (sólo se emplea para construir núcleos de hierro en las bobinas eléctricas), que no contiene casi carbono. Para fabricar aleaciones de hierro y acero se emplea un tipo especial de aleaciones de hierro denominadas ferroaleaciones, que contienen entre un 20 y un 80% del elemento de aleación, que puede ser manganeso, silicio o cromo.

Acero al rojo Componentes estructurales de acero brillan al rojo bajo una temperatura de miles de grados. El calor intenso es un elemento inseparable de la siderurgia, pues el hierro y el acero admiten mejor operaciones como las de batido y laminado, cuando están muy calientes.

Producción de acero El arrabio fundido se vierte en un crisol abierto para ser convertido en acero. El acero es una forma de hierro producida a partir de mineral de hierro, coque y caliza en un alto horno. Para fabricar un acero resistente hay que eliminar el exceso de carbono y otras impurezas.

#### 11.1.6.1 HISTORIA

Producción de acero Bessemer Para convertir arrabio en acero con un convertidor Bessemer, hay que hacer pasar aire por el arrabio para quemar las impurezas. Este grabado muestra el proceso desarrollado por Henry Bessemer en 1855 y empleado hasta la década de 1950.

No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible

de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico.

Las aleaciones producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.C.) se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y soldar y consolidar el hierro. El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico.

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero.

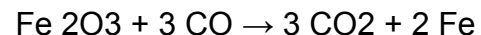
La producción moderna de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan

varios minihornos que emplean electricidad para producir acero a partir de material de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

#### 11.1.7 Producción de Arrabio.

Alto horno Para transformar mineral de hierro en arrabio útil hay que eliminar sus impurezas. Esto se logra en un alto horno forzando el paso de aire extremadamente caliente a través de una mezcla de mineral, coque y caliza, la llamada carga. Unas vagonetas vuelcan la carga en unas tolvas situadas en la parte superior del horno. Una vez en el horno, la carga es sometida a chorros de aire de hasta 870 °C (el horno debe estar forrado con una capa de ladrillo refractario para resistir esas temperaturas). El metal fundido se acumula en la parte inferior. Los residuos (la escoria) flotan por encima del arrabio fundido. Ambas sustancias se extraen periódicamente para ser procesadas.

Los materiales básicos empleados para fabricar arrabio son mineral de hierro, coque y caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico. La ecuación de la reacción química fundamental de un alto horno es:



La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas

forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno. El arrabio producido en los altos hornos tiene la siguiente composición: un 92% de hierro, un 3 o 4% de carbono, entre 0,5 y 3% de silicio, del 0,25% al 2,5% de manganeso, del 0,04 al 2% de fósforo y algunas partículas de azufre.

Un alto horno típico está formado por una cápsula cilíndrica de acero forrada con un material no metálico y resistente al calor, como asbesto o ladrillos refractarios. El diámetro de la cápsula disminuye hacia arriba y hacia abajo, y es máximo en un punto situado aproximadamente a una cuarta parte de su altura total. La parte inferior del horno está dotada de varias aberturas tubulares llamadas toberas, por donde se fuerza el paso del aire. Cerca del fondo se encuentra un orificio por el que fluye el arrabio cuando se sangra (o vacía) el alto horno. Encima de ese orificio, pero debajo de las toberas, hay otro agujero para retirar la escoria. La parte superior del horno, cuya altura es de unos 30 m, contiene respiraderos para los gases de escape, y un par de tolvas redondas, cerradas por válvulas en forma de campana, por las que se introduce la carga en el horno. Los materiales se llevan hasta las tolvas en pequeñas vagonetas o cucharas que se suben por un elevador inclinado situado en el exterior del horno.

Los altos hornos funcionan de forma continua. La materia prima que se va a introducir en el horno se divide en un determinado número de pequeñas cargas que se introducen a intervalos de entre 10 y 15 minutos. La escoria que flota sobre el metal fundido se retira una vez cada dos horas, y el hierro se sangra cinco veces al día.

El aire insuflado en el alto horno se precalienta a una temperatura comprendida entre los 550 y los 900 °C. El calentamiento se realiza en las llamadas estufas, cilindros con estructuras de ladrillo refractario. El ladrillo se calienta durante varias horas quemando gas de alto horno, que son los gases de escape que salen de la parte superior del horno. Después se apaga la llama y se hace pasar el aire a presión por la estufa. El peso del aire empleado en un alto horno supera el peso total de las demás materias primas.

Después de la II Guerra Mundial se introdujo un importante avance en la tecnología de altos hornos: la presurización de los hornos.

Estrangulando el flujo de gas de los respiraderos del horno es posible aumentar la presión del interior del horno hasta 1,7 atmósferas o más. La técnica de presurización permite una mejor combustión del coque y una mayor producción de hierro. En muchos altos hornos puede lograrse un aumento de la producción de un 25%. En instalaciones experimentales también se ha demostrado que la producción se incrementa enriqueciendo el aire con oxígeno.

El proceso de sangrado consiste en retirar a golpes un tapón de arcilla del orificio del hierro cercano al fondo del horno y dejar que el metal fundido fluya por un canal cubierto de arcilla y caiga a un depósito metálico forrado de ladrillo, que puede ser una cuchara o una vagoneta capaz de contener hasta 100 toneladas de metal. Cualquier escoria o sobrante que salga del horno junto con el metal se elimina antes de llegar al recipiente. A continuación, el contenedor lleno de arrabio se transporta a la fábrica siderúrgica.

Los altos hornos modernos funcionan en combinación con hornos básicos de oxígeno, y a veces con hornos de crisol abierto, más antiguos, como parte de una única planta siderúrgica. En esas plantas, los hornos siderúrgicos se cargan con arrabio. El metal fundido procedente de diversos altos hornos puede mezclarse en una gran cuchara antes de convertirlo en acero con el fin de minimizar el efecto de posibles irregularidades de alguno de los hornos.

### 11.1.8 OTROS MÉTODOS DE REFINADO DEL HIERRO

Aunque casi todo el hierro y el acero que se fabrica en el mundo se obtiene a partir de arrabio producido en altos hornos, hay otros métodos de refinado del hierro que se han practicado de forma limitada. Uno de ellos es el denominado método directo para fabricar hierro y acero a partir del mineral, sin producir arrabio. En este proceso se mezclan mineral de hierro y coque en un horno de calcinación rotatorio y se calientan a una temperatura de unos 950

°C. El coque caliente desprende monóxido de carbono, igual que en un alto horno, y reduce los óxidos del mineral a hierro metálico. Sin embargo, no tienen lugar las reacciones secundarias que ocurren en un alto horno, y el horno de calcinación produce la llamada esponja de hierro, de mucha mayor pureza que el arrabio. También puede producirse hierro prácticamente puro mediante electrólisis (véase Electroquímica) haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una disolución de cloruro de hierro (II). Ni el proceso directo ni el electrolítico tienen importancia comercial significativa.

#### 11.1.8.1 Coque

Residuo duro y poroso que resulta después de la destilación destructiva del carbón. El coque se emplea como agente reductor para la fundición de hierro y como combustible; tiene un color gris negruzco y un brillo metálico. Contiene fundamentalmente carbono, alrededor del 92%; casi el 8% restante es ceniza. El poder calorífico del coque es muy elevado.

El coque era antes un subproducto de la fabricación de gas de alumbrado. Sin embargo, el crecimiento de la industria siderúrgica llevó a un aumento de la demanda de coque metalúrgico, con lo que fue inevitable que pasara a fabricarse como producto principal.

El primer método de coquefacción del carbón consistía simplemente en apilarlo en grandes montones al aire libre dejando una serie de conductos horizontales y verticales. Estos conductos se llenaban con madera a la que se prendía fuego, lo que a su vez inflamaba el carbón. Cuando la mayor parte de los elementos volátiles del carbón habían desaparecido, las llamas se hacían más débiles. Entonces se sofocaba parcialmente el fuego con polvo de carbón y se rociaba con agua.

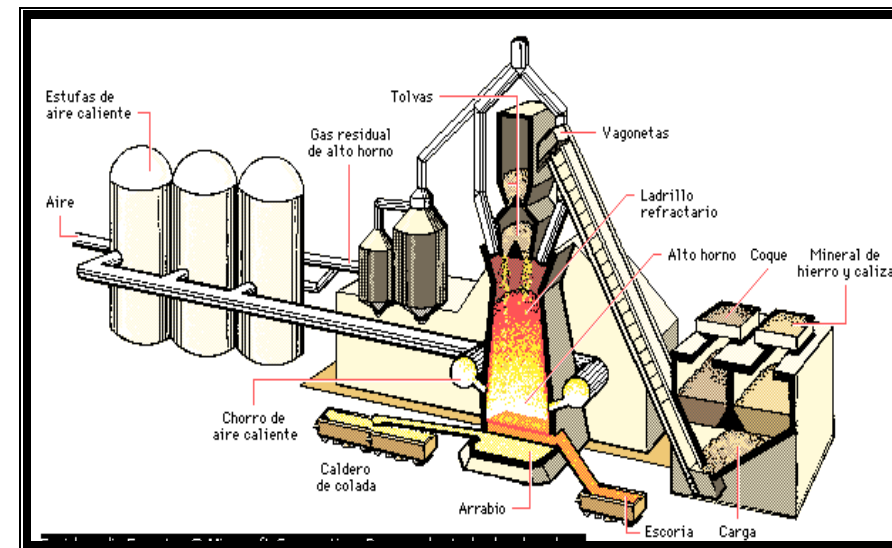
Un avance posterior fue la coquefacción de carbón en hornos de colmenas, llamados así por su forma. Igual que en el caso del cocido al aire libre, no se hacía nada para recuperar el gas ni el alquitrán, valiosos subproductos del proceso. En la actualidad, casi todos los hornos de colmenas han sido sustituidos por los modernos hornos de coque de recuperación de subproductos. Estos hornos, por lo general



agrupados en baterías de unas 60 unidades, son estrechas cámaras verticales con paredes de sílice, calentadas por la combustión del gas que fluye entre los hornos adyacentes. Cada horno se carga por una abertura en la parte superior con una cantidad de entre 10 y 20 toneladas de carbón, que se calienta a temperaturas de hasta 1.500 °C durante unas 17 horas. Mientras, los gases procedentes del horno se recogen por otra abertura en la parte superior. El alquitrán de carbón se condensa al contacto con el agua de la tubería principal, y el gas, después de depurarse con agua para eliminar el amoníaco y con aceite para eliminar el benceno, se emplea para calentar los hornos. Al final del proceso de coquefacción, un pistón saca del horno el coque al rojo vivo y lo deposita directamente en una vagoneta que lo lleva a la campana de extinción, donde se rocía con agua. El proceso de vaciado sólo dura unos 3 minutos, con lo que el horno puede ser recargado con pocas pérdidas de calor. Esta técnica es altamente contaminante, aunque en la actualidad los gases procedentes de la campana de extinción son tratados mediante conducción y filtrado.

#### 11.1.8.2 Alto Horno

Horno en forma de torre para refinar mineral, cuyo funcionamiento consiste en forzar que un chorro de aire pase por una mezcla de combustible sólido y mineral para quemar las impurezas no deseadas o convertirlas en escoria insoluble, que flota en el metal fundido y puede retirarse con facilidad. El nombre de alto horno suele restringirse a los hornos metalúrgicos que reducen el mineral metálico, y en particular al empleado para obtener arrabio a partir del mineral de hierro.



**Alto Horno**

#### 11.1.9 HIERRO FORJADO

El proceso antiguo para fabricar la aleación resistente y maleable conocida como hierro forjado se diferencia con claridad de otras formas de fabricación de acero. Debido a que el proceso, conocido como pudelización, exigía un mayor trabajo manual, era imposible producir hierro forjado en grandes cantidades. El desarrollo de nuevos sistemas con convertidores Bessemer y hornos de crisol abierto permitieron producir un volumen mayor de hierro forjado.

Sin embargo, el hierro forjado ya no se fabrica habitualmente con fines comerciales, debido a que se puede sustituir en casi todas las aplicaciones por acero de bajo contenido en carbono, con menor costo de producción y calidad más uniforme.

El horno de pudelización empleado en el proceso antiguo tiene un techo abovedado de poca altura y un crisol cóncavo en el que se coloca el metal en bruto, separado por una pared de la cámara de combustión donde se quema carbón bituminoso. La llama de la cámara de combustión asciende por encima de la pared, incide en el

techo abovedado y reverbera sobre el contenido del crisol. Cuando el horno ha adquirido un calor moderado, el operario que maneja el horno recubre el crisol y las paredes con una pasta de óxido de hierro, por lo general hematites. A continuación, el horno se carga con unos 250 kg de arrabio y se cierra la puerta. Al cabo de unos 30 minutos, el arrabio se ha fundido, y el operario añade a la carga más óxido de hierro o residuos de laminado, mezclándolos con el hierro mediante una barra de hierro curvada. El silicio y la mayor parte del manganeso contenidos en el hierro se oxidan, y se elimina parte del azufre y el fósforo. A continuación se eleva un poco la temperatura del horno, y el carbono empieza a quemarse formando óxidos de carbono gaseosos. Según se desprende gas, la escoria aumenta de volumen y el nivel de la carga sube. Al quemarse el carbono, la temperatura de fusión aumenta, y la carga se vuelve cada vez más pastosa y vuelve a su nivel anterior. A medida que se incrementa la pureza del hierro, el operario remueve la carga con la barra para garantizar una composición uniforme y una cohesión adecuada de las partículas.

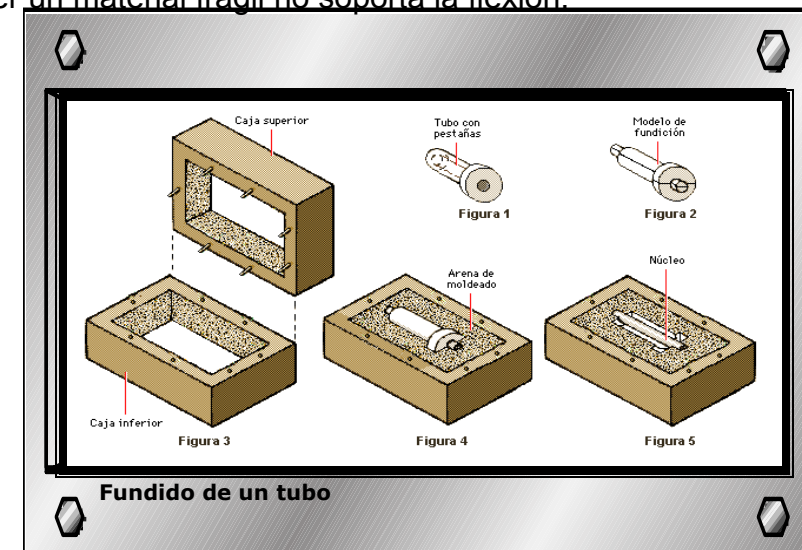
La masa resultante, pastosa y esponjosa, se divide en pedazos o bolas de unos 80 o 90 kg. Las bolas se retiran del horno con unas tenazas y se colocan directamente en una prensa que expulsa de la bola la mayor parte de la escoria de silicio mezclada y suelta entre sí los granos de hierro puro. A continuación se corta el hierro en piezas planas que se apilan unas sobre otras, se calientan hasta la temperatura de soldadura y se laminan para formar una sola pieza. A veces se repite el proceso de laminado para mejorar la calidad del producto.

La técnica moderna para fabricar hierro forjado emplea hierro fundido procedente de un convertidor Bessemer y escoria fundida, que suele prepararse fundiendo mineral de hierro, residuos de laminado y arena en un horno de crisol abierto. Cuando el hierro fundido, que lleva disuelta una gran cantidad de gas, se vierte en la

cuchara que contiene la escoria fundida, el metal se solidifica de modo casi instantáneo y libera el gas disuelto. La fuerza ejercida por el gas hace estallar el metal en partículas diminutas que son más pesadas que la escoria y se acumulan en el fondo de la cuchara, donde se aglomeran.

#### 11.1.10 HIERRO FUNDIDO O COLADO.

Aleación de base ferrosa dura y frágil, no maleable, que contiene entre el 2% y el 4.5% de carbono, entre el 0.5% y el 3% de silicio, del 0.5% al 1.5% de manganeso e impurezas (azufre, fósforo). Se moldea en arena y se utiliza para fabricar productos para la construcción. Es el resultado directo de fundir mineral de hierro en un horno de fundición con coque. El mineral líquido se solidifica al enfriarse y puede tomar la forma deseada volcándolo en moldes. El proceso se realizó por primera vez en 1710, por Benjamín Darby, por ser un material frágil no soporta la flexión.



La fundición es el proceso de producir objetos metálicos con un molde. La figura 1 muestra el tubo que se desea moldear. El modelo para fundir se muestra en la figura 2. En la figura 3 se ven las cajas superior e inferior para hacer el molde. El modelo se rodea de arena de moldeado, como aparece en la figura 4. En la figura 5 se ve el núcleo colocado en el molde. Una vez fijada la otra parte del molde, éste queda listo para el fundido.



#### **Almacenes Carson, Pirie & Scott en Chicago**

Los grandes almacenes de Carson, Pirie & Scott (1889-1904) fueron una de las obras maestras de Louis Sullivan. Los dos pisos inferiores, decorados con motivos Art Nouveau en Hierro Colado, contrastan con la simplicidad de los doce restantes, en los que los grandes ventanales ocupan los huecos de la fachada que se abren en la estructura reticulada de acero.

[www.reddeeducador.com/metales/hierro](http://www.reddeeducador.com/metales/hierro)  
 Enciclopedia Encarta 2003/metales/hierro  
[www.infocero.com/hierro-acero](http://www.infocero.com/hierro-acero)



#### **Interior del Crystal Palace**

Joseph Paxton proyectó el Crystal Palace para albergar la Exposición Universal de 1851, celebrada en Londres. Su construcción, consistente en una estructura ligera de Hierro Colado y un cerramiento de cristal, fue pionera en el campo de la prefabricación y marcó un hito decisivo en la evolución de la arquitectura moderna, con partes estandarizadas y basadas en múltiplos de 7.31 mts. Y el vidrio en medidas estándar de 1.25x0.25 mts.



#### **Torre Eiffel en París**

La torre Eiffel, erigida para la Exposición Universal de París en 1889, es una obra maestra de la construcción en hierro. El ingeniero francés Alexandre Gustave Eiffel proyectó esta impresionante estructura reticulada que contiene unas 6.300 t de hierro colado.

#### 11.1.10.1 Fundición Maleable

Hierro fundido que ha sido recocido, de forma que el contenido del carbono se trasforma en grafito o es eliminado por completo.

#### 11.1.11 HIERRO DULCE

Es el producto ferroso, hierro con bajo contenido de carbono aproximadamente es del 0.05 al 0.1%, no contiene escoria y se considera un metal blando, tiene la propiedad de poder ser martillado y forjado, no se temple si se enfría bruscamente, es poco tenaz y funde a más de 1500 °C. Antiguamente, se obtenía hierro dulce por procedimientos directos en los que había que martillararlo para darle compacidad, dado que era muy esponjoso; actualmente se obtiene por procedimientos indirectos, partiendo de lingotes de fundición blanca y eliminando las impurezas u otros metales por oxidación y reducción. Los hierros dulces y aceros afinados se obtienen por el procedimiento del PUEDELADO.

#### 11.1.12 FUENTES DE OBTENCIÓN EN GUATEMALA:

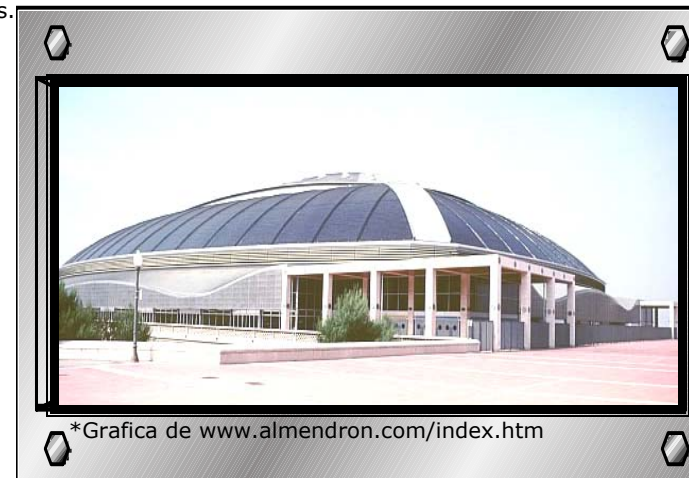
En Guatemala el acero tiene varios lugares de buen abastecimiento en donde se elaboran piezas estándares de Hierro o con formas específicas y además con tipos de resistencias variables, se tiene como ejemplo a Aceros de Guatemala, Aceros Arquitectónicos, además de muchos distribuidores autorizados como Distun, super Mayen, Mainco, entre otros.

#### 11.1.13 PLICACIONES COMO ORNAMENTO O DECORACIÓN



**Rep-Goetheanum:** Edificio construido en el siglo XIX y que utilizó en sus ventanales y acceso principal una mezcla de **Hierro Forjado** y vidrio; construido en concreto reforzado.

**Palacio de Deportes Sant Jordi:** La gran cubierta del Palau Sant Jordi de Barcelona abarca una superficie de 136.8 m. de largo y 110.4 m. de ancho, y el punto de central de la cubierta está a una altura de 45 m. dicha cubierta realizada a partir de una malla metálica, ha adoptado la forma más racional económica y sencilla. Este edificio ha optado por tecnología muy avanzada en la estructura pero ha optado por acabados de materiales tradicionales.



\*Grafica de [www.almendron.com/index.htm](http://www.almendron.com/index.htm)



\*Grafica de [www.almendron.com/index.htm](http://www.almendron.com/index.htm)  
**Palacio de Deportes Sant Jordi**

## 11.2 ACERO

### 11.2.1 Concepto:

<sup>91</sup>  
Aleación de hierro que contiene entre un 0,04 y un 2,25% de carbono y a la que se añaden elementos como níquel, cromo, manganeso, silicio o vanadio, entre otros.

En otras palabras es el hierro con un alto contenido de carbono, material que puede adquirir propiedades mediante tratamientos térmicos o mecánicos.

Es conocida la importancia que tiene el carbono en esta aleación, que hace variar notoriamente las características del material; a medida que aumenta el carbono, crece la resistencia de tracción y el límite elástico, disminuye el alargamiento y su coeficiente de resistencia.

En construcción se utilizan tubos soldados, alambres corrientes, chapas y hojalatas, para seguir con aceros corrientes en perfiles estructurales, barras para hormigón, laminas, remaches, tornillos, etc. Además de la relación hierro-carbono pueden existir en el acero numerosos elementos de combinación, que le confieren características muy diversas.

- ❖ Hoy día el ámbito de la siderúrgica esta enriquecida con procedimientos altamente controlados por lo cual se pueden producir aceros de las más variadas cualidades, con características definidas y garantizadas, dentro de límites extraordinariamente precisos, que pueden satisfacer exigencias rigurosas.

### 11.2.2 FABRICACIÓN DEL ACERO

El acero se obtiene eliminando las impurezas del arrabio, producto de fundición de los altos hornos, y añadiendo después las cantidades adecuadas de carbono y otros elementos. La principal dificultad para la fabricación del acero es su elevado punto de fusión, 1.400 °C, que impide utilizar combustibles y hornos convencionales. En 1855, Henry Bessemer desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre y en el que el proceso de refinado del arrabio se lleva a cabo mediante chorros de aire a presión que se inyectan a través del metal fundido. En el proceso Siemens-Martin, o de crisol abierto, se

calientan previamente el gas combustible y el aire por un procedimiento regenerativo que permite alcanzar temperaturas de hasta 1.650 °C.

#### 11.2.2.1 PROCESO DE CRISOL ABIERTO

Cualquier proceso de producción de acero a partir de arrabio consiste en quemar el exceso de carbono y otras impurezas presentes en el hierro. Una dificultad para la fabricación del acero es su elevado punto de fusión, 1.400 °C, que impide utilizar combustibles y hornos convencionales. Para superar la dificultad se desarrolló el horno de crisol abierto, que funciona a altas temperaturas gracias al precalentado regenerativo del combustible gaseoso y el aire empleados para la combustión. En el precalentado regenerativo los gases que escapan del horno se hacen pasar por una serie de cámaras llenas de ladrillos, a los que ceden la mayor parte de su calor. A continuación se invierte el flujo a través del horno, y el combustible y el aire pasan a través de las cámaras y son calentados por los ladrillos. Con este método, los hornos de crisol abierto alcanzan temperaturas de hasta 1.650 °C.

El horno propiamente dicho suele ser un crisol de ladrillo plano y rectangular de unos 6 × 10 m, con un techo de unos 2,5 m de altura. Una serie de puertas da a una planta de trabajo situada delante del crisol. Todo el crisol y la planta de trabajo están situados a una altura determinada por encima del suelo, y el espacio situado bajo el crisol lo ocupan las cámaras de regeneración de calor del horno. Un horno del tamaño indicado produce unas 100 toneladas de acero cada 11 horas.

El horno se carga con una mezcla de arrabio (fundido o frío), chatarra de acero y mineral de hierro, que proporciona oxígeno adicional. Se añade caliza como fundente y fluorita para hacer que la

escoria sea más fluida. Las proporciones de la carga varían mucho, pero una carga típica podría consistir en 60.000 kg de chatarra de acero, 11.000 kg de arrabio frío, 45.000 kg de arrabio fundido, 12.000 kg de caliza, 1.000 kg de mineral de hierro y 200 kg de fluorita. Una vez cargado el horno, se enciende, y las llamas oscilan de un lado a otro del crisol a medida que el operario invierte su dirección para regenerar el calor.

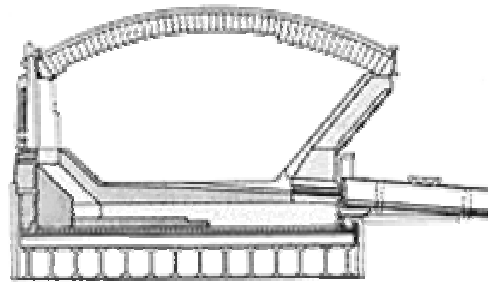
Desde el punto de vista químico, la acción del horno de crisol abierto consiste en reducir por oxidación el contenido de carbono de la carga y eliminar impurezas como silicio, fósforo, manganeso y azufre, que se combinan con la caliza y forman la escoria. Estas reacciones tienen lugar mientras el metal del horno se encuentra a la temperatura de fusión, y el horno se mantiene entre 1.550 y 1.650 °C durante varias horas hasta que el metal fundido tenga el contenido de carbono deseado.

Un operario experto puede juzgar el contenido de carbono del metal a partir de su aspecto, pero por lo general se prueba la fundición extrayendo una pequeña cantidad de metal del horno, enfriándola y sometiéndola a examen físico o análisis químico.

Cuando el contenido en carbono de la fundición alcanza el nivel deseado, se sangra el horno a través de un orificio situado en la parte trasera. El acero fundido fluye por un canal corto hasta una gran cuchara situada a ras de suelo, por debajo del horno.

Desde la cuchara se vierte el acero en moldes de hierro colado para formar lingotes, que suelen tener una sección cuadrada de unos 50 cm de lado, y una longitud de 1,5 m. Estos lingotes —la materia prima para todas las formas de fabricación del acero— pesan algo

menos de 3 toneladas. Recientemente se han puesto en práctica métodos para procesar el acero de forma continua sin tener que pasar por el proceso de fabricación de lingotes.



**Forma de Horno  
Proceso de Crisol Abierto.**

\*Gráfica de Infoacero.

#### 11.2.2.2 PROCESO BÁSICO DE OXÍGENO

El proceso más antiguo para fabricar acero en grandes cantidades es el proceso Bessemer, que empleaba un horno de gran altura en forma de pera, denominado convertidor Bessemer, que podía inclinarse en sentido lateral para la carga y el vertido. Al hacer pasar grandes cantidades de aire a través del metal fundido, el oxígeno del aire se combinaba químicamente con las impurezas y las eliminaba.

En el proceso básico de oxígeno, el acero también se refina en un horno en forma de pera que se puede inclinar en sentido lateral. Sin embargo, el aire se sustituye por un chorro de oxígeno casi puro a alta presión. Cuando el horno se ha cargado y colocado en posición vertical, se hace descender en su interior una lanza de oxígeno. La punta de la lanza, refrigerada por agua, suele estar situada a unos 2 m por encima de la carga, aunque esta distancia se puede variar según interese. A continuación se inyectan en el horno miles de metros cúbicos de oxígeno a velocidades supersónicas. El oxígeno se combina con el carbono y otros elementos no deseados e inicia una reacción de agitación que quema con rapidez las impurezas del arrabio y lo transforma en acero. El proceso de refinado tarda 50

minutos o menos, y es posible fabricar unas 275 toneladas de acero en una hora.



**Forma de Horno  
Proceso Básico de Oxígeno.**

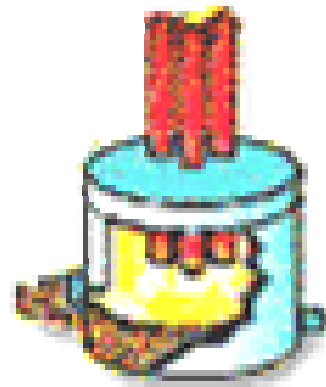
\*Gráfica de Infoacero

#### 11.2.2.3 ACERO DE HORNO ELÉCTRICO

En algunos hornos el calor para fundir y refinar el acero procede de la electricidad y no de la combustión de gas. Como las condiciones de refinado de estos hornos se pueden regular más estrictamente que las de los hornos de crisol abierto o los hornos básicos de oxígeno, los hornos eléctricos son sobre todo útiles para producir acero inoxidable y aceros aleados que deben ser fabricados según unas especificaciones muy exigentes. El refinado se produce en una cámara hermética, donde la temperatura y otras condiciones se controlan de forma rigurosa mediante dispositivos automáticos. En las primeras fases de este proceso de refinado se inyecta oxígeno de alta pureza a través de una lanza, lo que aumenta la temperatura del horno y disminuye el tiempo necesario para producir el acero. La cantidad de oxígeno que entra en el horno puede regularse con precisión en todo momento, lo que evita reacciones de oxidación no deseadas.

En la mayoría de los casos, la carga está formada casi exclusivamente por material de chatarra. Antes de poder utilizarla, la chatarra debe ser analizada y clasificada, porque su contenido en aleaciones afecta a la composición del metal refinado. También se añaden otros materiales, como pequeñas cantidades de mineral de hierro y cal seca, para contribuir a eliminar el carbono y otras impurezas. Los elementos adicionales para la aleación se introducen con la carga o después, cuando se vierte a la cuchara el acero refinado.

Una vez cargado el horno se hacen descender unos electrodos hasta la superficie del metal. La corriente eléctrica fluye por uno de los electrodos, forma un arco eléctrico hasta la carga metálica, recorre el metal y vuelve a formar un arco hasta el siguiente electrodo. La resistencia del metal al flujo de corriente genera calor, que —junto con el producido por el arco eléctrico— funde el metal con rapidez. Hay otros tipos de horno eléctrico donde se emplea una espiral para generar calor.

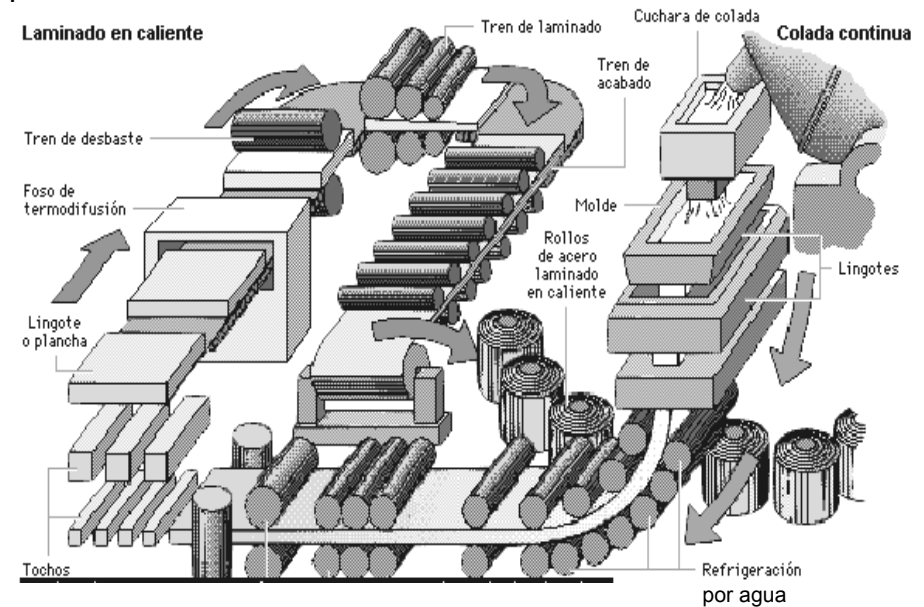


\*Gráfica de Infoacero  
**Forma de Horno eléctrico.**

**11.2.2.4 PROCESOS DE ACABADO**

Laminado en caliente y colada continua La colada continua (derecha, flechas rojas) es un método de trabajar el acero que transforma el metal fundido en tochos, lingotes o planchas. El metal al rojo blanco se vierte en moldes abiertos y va pasando a través de

rodillos refrigerados por agua. Una serie de rodillos de guiado va dando la forma deseada al acero. Sin embargo, el laminado en caliente (izquierda, flechas azules) sigue siendo el principal método de trabajar el acero. El proceso comienza a partir de planchas de acero que se recalientan en un foso de termodifusión. El acero pasa por una serie de rodillos o trenes (de desbaste, de laminado y de acabado) que lo van aplastando progresivamente. Por último, el acero se arrolla en bobinas y se transporta a otros lugares para su procesado.



\*Enciclopedia Encarta.

**Laminado en caliente**

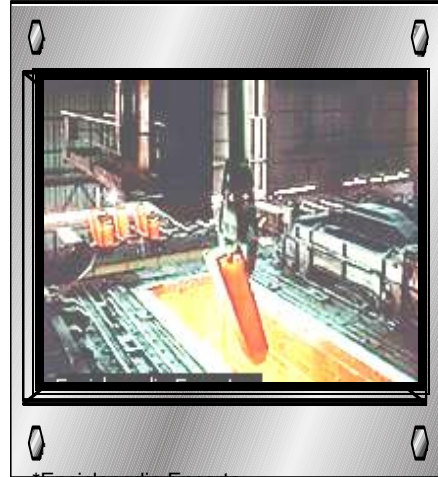
El acero se vende en una gran variedad de formas y tamaños, como varillas, tubos, raíles (rieles) de ferrocarril o perfiles en H o en T. Estas formas se obtienen en las instalaciones siderúrgicas laminando los lingotes calientes o modelándolos de algún otro modo. El acabado del acero mejora también su calidad al refinar su estructura cristalina y aumentar su resistencia.

El método principal de trabajar el acero se conoce como laminado en caliente. En este proceso, el lingote colado se calienta al rojo vivo en un horno denominado foso de termodifusión y a continuación se hace pasar entre una serie de rodillos metálicos colocados en pares



que lo aplastan hasta darle la forma y tamaño deseados. La distancia entre los rodillos va disminuyendo a medida que se reduce el espesor del acero.

El primer par de rodillos por el que pasa el lingote se conoce como tren de desbaste o de eliminación de asperezas. Después del tren de desbaste, el acero pasa a trenes de laminado en bruto y a los trenes de acabado que lo reducen a láminas con la sección transversal correcta. Los rodillos para producir raíles o rieles de ferrocarril o perfiles en H, en T o en L tienen estrías para proporcionar la forma adecuada.



Enciclopedia Encarta.

Este lingote, al rojo vivo y maleable por la elevada temperatura del foso de termodifusión, es extraído del mismo para ser procesado. Al ser trabajado y recalentado, el acero se hace más resistente.

Los procesos modernos de fabricación requieren gran cantidad de chapa de acero delgada. Los trenes o rodillos de laminado continuo producen tiras y láminas con anchuras de hasta 2,5 m. Estos laminadores procesan con rapidez la chapa de acero antes de que se enfríe y no pueda ser trabajada. Las planchas de acero caliente de más de 10 cm de espesor se pasan por una serie de cilindros que reducen progresivamente su espesor hasta unos 0,1 cm y aumentan

su longitud de 4 a 370 metros. Los trenes de laminado continuo están equipados con una serie de accesorios como rodillos de borde, aparatos de decapado o eliminación y dispositivos para enrollar de modo automático la chapa cuando llega al final del tren. Los rodillos de borde son grupos de rodillos verticales situados a ambos lados de la lámina para mantener su anchura. Los aparatos de decapado eliminan la costra que se forma en la superficie de la lámina apartándola mecánicamente, retirándola mediante un chorro de aire o doblando de forma abrupta la chapa en algún punto del recorrido. Las bobinas de chapa terminadas se colocan sobre una cinta transportadora y se llevan a otro lugar para ser recocidas y cortadas en chapas individuales. Una forma más eficiente para producir chapa de acero delgada es hacer pasar por los rodillos planchas de menor espesor. Con los métodos convencionales de fundición sigue siendo necesario pasar los lingotes por un tren de desbaste para producir planchas lo bastante delgadas para el tren de laminado continuo. El sistema de colada continua, en cambio, produce una plancha continua de acero con un espesor inferior a 5 cm., lo que elimina la necesidad de trenes de desbaste y laminado en bruto.

Otro procedimiento para dar forma al acero es el de mecanización por máquinas herramientas. El proceso de mecanizado del acero está basado en dar forma y dimensiones precisas mediante herramientas de corte mientras que la pieza está sometida a una rotación (principio de funcionamiento del torno) o al revés, es decir, gira la herramienta y la pieza a mecanizar está fija o se desplaza linealmente. Este proceso suele estar refrigerado en el punto de corte entre la pieza y la herramienta debido al gran desprendimiento de calor que se produce.

#### 11.2.2.5 PROCESO DE VACIO (DESGASIFICACIÓN) DEL ACERO FUNDIDO.

Después de ser producido en cualquiera de los hornos de fabricación de acero, el acero derretido puede refinarse aún más para producir acero de alta pureza y homogeneidad. Esto se logra removiendo los gases (oxígeno, hidrógeno y nitrógeno) en el acero derretido que fueron absorbidos o formados durante el proceso de

www.reddeeducador.com/metales/hierro  
Enciclopedia Encarta 2003/metales/hierro/acero  
www.infoacero.com/hierro-acero

fabricación.

Si los gases no se remueven antes que el acero se solidifique, su presencia o sus reacciones con otros elementos en el acero puede producir defectos tales como: inclusiones (partículas sólidas de óxido), sopladuras (bolsas de gas), descascarillamiento (grietas internas) y fragilidad (pérdida de ductibilidad).

La desgasificación del acero fundido se lleva a cabo exponiéndolo a un vacío. La presión enormemente reducida sobre la superficie del líquido permite que los gases escapen.

El acero fundido puede desgasificarse de varias maneras. Las dos más comunes son:

- ❖ DESGASIFICACION POR FLUJO
- ❖ DESGASIFICACION EN LA OLLA DE COLADA.

#### 11.2.2.5.1 DESGASIFICACION POR FLUJO

En este proceso, el acero fundido se vierte desde la olla de colada dentro de una lingotera, la cual está completamente encerrada en una cámara de vacío. Mientras el flujo de acero fundido cae dentro del vacío, se separa en gotitas. Debido a la reducida presión sobre el líquido, los gases disueltos revientan y se extraen fuera de la cámara por medio de una bomba de vacío. Libre ya de gases en la lingotera, éste se solidifica en un acero de alta pureza.

#### 11.2.2.5.2 DESGASIFICACION EN LA OLLA DE COLADA

En este proceso, el acero derretido se desgasifica en la olla de colada. Se hace descender un recipiente de vacío calentado de modo que su boquilla de absorción quede por debajo del nivel líquido del acero fundido. La presión atmosférica impulsa el acero fundido hacia arriba dentro de la cámara de vacío, en donde los gases revientan y

se extraen mediante la bomba de vacío. La elevación del recipiente de vacío permite que el acero fundido fluya de vuelta, por la fuerza de gravedad, dentro de la olla de colada. Este ciclo se repite varias veces hasta que la totalidad el acero fundido en la olla se ha desgasificado.

### 11.2.3 TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO

El proceso básico para endurecer el acero mediante tratamiento térmico consiste en calentar el metal hasta una temperatura a la que se forma austerita, generalmente entre los 750 y 850 °C, y después enfriarlo con rapidez sumergiéndolo en agua o aceite. Estos tratamientos de endurecimiento, que forman martensita, crean grandes tensiones internas en el metal, que se eliminan mediante el temple o el recocido, que consiste en volver a calentar el acero hasta una temperatura menor. El temple reduce la dureza y resistencia y aumenta la ductilidad y la tenacidad.

El objetivo fundamental del proceso de tratamiento térmico es controlar la cantidad, tamaño, forma y distribución de las partículas de cementita contenidas en la ferrita, que a su vez determinan las propiedades físicas del acero.

Hay muchas variaciones del proceso básico. Los ingenieros metalúrgicos han descubierto que el cambio de austerita a martensita se produce en la última fase del enfriamiento, y que la transformación se ve acompañada de un cambio de volumen que puede agrietar el metal si el enfriamiento es demasiado rápido. Se han desarrollado tres procesos relativamente nuevos para evitar el agrietamiento. En el templado prolongado, el acero se retira del baño de enfriamiento cuando ha alcanzado la temperatura en la que empieza a formarse la martensita, y a continuación se enfría despacio en el aire. En el martemplado, el acero se retira del baño en el mismo momento que el templado prolongado y se coloca en un baño de temperatura constante hasta que alcanza una temperatura uniforme en toda su sección transversal. Después se deja enfriar el acero en aire a lo largo del rango de temperaturas de formación de la martensita, que en la mayoría de los aceros va desde unos 300 °C hasta la

temperatura ambiente. En el austemplado, el acero se enfría en un baño de metal o sal que se mantiene a la temperatura en que se produce el cambio estructural deseado, y se conserva en ese baño hasta que el cambio es completo, antes de pasar al enfriado final.

Hay también otros métodos de tratamiento térmico para endurecer el acero. En la cementación, las superficies de las piezas de acero terminadas se endurecen al calentarlas con compuestos de carbono o nitrógeno. Estos compuestos reaccionan con el acero y aumentan su contenido en carbono o forman nitruros en su capa superficial. En la carburización la pieza se calienta cuando se mantiene rodeada de carbón vegetal, coque o de gases de carbono como metano o monóxido de carbono. La cianurización consiste en endurecer el metal en un baño de sales de cianuro fundidas para formar carburos y nitruros. La nitrurización se emplea para endurecer aceros de composición especial mediante su calentamiento en amoníaco gaseoso para formar nitruros de aleación.

## 11.2.4 CLASIFICACIÓN DEL ACERO

### 11.2.4.1 Aceros para Edificaciones:

- ❖ Entre las variadas gamas de aceros existentes, se utilizan los laminados y perfilados, como las barras de hormigón armado, normalizadas que responden a

[www.reddeeducador.com/metales/hierro](http://www.reddeeducador.com/metales/hierro)  
 Enciclopedia Encarta 2003/metales/hierro  
[www.infoacero.com/hierro-acero](http://www.infoacero.com/hierro-acero)

rigurosos criterios. Pueden encontrarse en combinación con pequeños porcentajes de los siguientes elementos: manganeso, cromo, silicio y cobre.

- ❖ Se trata de elevar las cualidades de resistencias, en particular un amplio límite
- ❖ elástico, no definiendo tener un máximo de 0,25% de carbono, mayor porcentaje de este aumenta la dureza, pero reduce la ductilidad, fragilidad y distintos inconvenientes en la fabricación.
- ❖ Se conocen así entre los principales aceros de alta resistencia:
  - ❖ Acero silicio.
  - ❖ Acero al níquel cobre.
  - ❖ Acero al cromo cobre.
  - ❖ Acero al cobre manganeso-silicio.
  - ❖ Acero al cromo níquel.
  - ❖ Acero inoxidable.

### 11.2.4.2 Identificación de los Aceros:

Existen dos formas de identificar a los aceros: la primera es a través de su composición química, por ejemplo utilizando la forma AISI.

Ejemplo: N° AISI

10XX, aceros sin aleación con 0,XX de C.  
 41XX, aceros aleados con Mn, Si, Mo, Cr.  
 51XX, aceros aleados con Mn, Si, y Cr.  
 Comportamiento mecánico de los materiales

Un material esta internamente ordenado en celdas cristalinas, como por ejemplo la celda cúbica simple. Cuando un metal fundido solidifica en varios puntos, comienzan a reunir moléculas y forman un núcleo ordenado que crece en todas direcciones. Las agrupaciones de celdas que comienzan a solidificar crecen tridimensionalmente hasta toparse unas con otras.

- ❖ A diferencia de los plásticos que están estructurados en línea, compuestos por un monómero, que se une a otro idéntico para formar cadenas de gran longitud; el crecimiento es lineal, los metales no se relacionan con otra cadena (polímeros), el crecimiento es espacial.
- ❖ Los cambios que ocurren en las aleaciones distintas temperaturas dependen de la cantidad de cada elemento aleante. Esto se puede graficar en los llamados diagramas de fases, que indican las posibles Combinaciones en función a la composición química de la aleación y la temperatura
- ❖ Estos sirven para seleccionar los tratamientos y optimizar la composición de la aleación.

Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultrarresistentes, aceros inoxidables y aceros de herramientas.

#### 11.2.4.2.1 Aceros al carbono

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas,

---

www.reddeeducador.com/metales/hierro  
 Enciclopedia Encarta 2003/metales/hierro  
 www.infoacero.com/hierro-acero  
 www.rincondelvago.com

carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas o pasadores para el pelo.

#### 11.2.4.2.2 Aceros aleados

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte.

#### 11.2.4.2.3 Aceros de baja aleación ultrarresistentes

Esta familia es la más reciente de las cinco grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

#### 11.2.4.2.4 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 extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refineras de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. 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. 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.

#### 11.2.4.2.5 Aceros de herramientas

Estos aceros se utilizan para fabricar muchos tipos de herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas empleadas en diversas operaciones de fabricación. Contienen volframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que les proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad.

### 11.2.5 APLICACIONES DEL ACERO

#### 11.2.5.1 ESTRUCTURA DEL ACERO

Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de

carbono y de su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: ferrita, perlita y cementita. La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución. La cementita, un compuesto de hierro con el 7% de carbono aproximadamente, es de gran dureza y muy quebradiza. La perlita es una mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una estructura característica, y sus propiedades físicas son intermedias entre las de sus dos componentes. La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de las proporciones de estos tres ingredientes. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está por completo compuesto de perlita. El acero con cantidades de carbono aún mayores es una mezcla de perlita y cementita. Al elevarse la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en una forma alotrópica de aleación de hierro y carbono conocida como austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y perlita, pero si el enfriamiento es repentino la austenita se convierte en martensita, una modificación alotrópica de gran dureza similar a la ferrita pero con carbono en disolución sólida.

#### 11.2.5.2 TUBOS

Los tubos más baratos se forman doblando una tira plana de acero caliente en forma cilíndrica y soldando los bordes para cerrar el tubo. En los tubos más pequeños, los bordes de la tira suelen superponerse y se pasan entre un par de rodillos curvados según el diámetro externo del tubo. La presión de los rodillos es suficiente para soldar los bordes. Los tubos sin soldaduras se fabrican a partir de barras sólidas haciéndolas pasar entre un par de rodillos inclinados entre los que está situada una barra metálica con punta, llamada mandril, que perfora las barras y forma el interior del tubo mientras los rodillos forman el exterior.

### 11.2.5.3 HOJALATA

El producto de acero recubierto más importante es la hojalata estañada que se emplea para la fabricación de latas y envases. El material de las latas contiene más de un 99% de acero. En algunas instalaciones, las láminas de acero se pasan por un baño de estaño fundido (después de laminarlas primero en caliente y luego en frío) para estañarlas. El método de recubrimiento más común es el proceso electrolítico. La chapa de acero se desenrolla poco a poco de la bobina y se le aplica una solución química. Al mismo tiempo se hace pasar una corriente eléctrica a través de un trozo de estaño puro situado en esa misma solución, lo que hace que el estaño se disuelva poco a poco y se deposite sobre el acero. Con este sistema, medio kilogramo de estaño basta para recubrir 20 metros cuadrados de acero. En la hojalata delgada, la chapa recibe un segundo laminado en frío antes de recubrirla de estaño, lo que aumenta la resistencia de la chapa además de su delgadez. Las latas hechas de hojalata delgada tienen una resistencia similar a las ordinarias, pero contienen menos acero, con lo que se reduce su peso y su coste. También pueden fabricarse envases ligeros adhiriendo una delgadísima lámina de acero estañado sobre papel o cartón. Otros procesos de fabricación de acero son la forja, la fundición y el uso de troqueles.

### 11.2.5.4 TIPOS DE ESTRUCTURAS.

El ingeniero estructural se ocupa del diseño de una variedad de estructuras que incluyen, pero que no necesariamente se limitan a las siguientes:

Puentes: Ferrocarriles, carreteros y de peatones.

Edificios: Que incluyen Estructura de Marco Rígido, marcos simplemente conectados, muros de Carga, Soportados de Cables, y en Voladizos. Se Puede considerar o usar numerosos esquemas de soporte lateral como armaduras simples o alternadas, y un núcleo central rígido.

Además se pueden clasificar los edificios según su empleo o altura como edificios de oficinas, industriales, rascacielos, etc.

Otras Estructuras: Incluyen torres de transmisión de potencia, torres para instalaciones de radar y tv, torres de transmisión telefónica, servicios de suministros de agua, y servicios de terminales de transporte, que incluyen ferrocarriles, camiones, Aviación y marina.

Además de las estructuras anteriores, el ingeniero también se ocupa del diseño de otros productos diversos.

### 11.2.5.5 VARIEDAD DE PRODUCTOS EN ACERO

En las siguientes secciones se describen varios de los perfiles más comunes

#### 1. Perfiles W

El perfil estructural que se usa con mayor frecuencia es el perfil de patín ancho o W. Este perfil es doblemente simétrico (tanto como para el eje de las X como para el eje de las Y). Consiste en dos patines de forma rectangular conectados por una placa de alma también rectangular. Las caras del patín son esencialmente paralelas con la distancia interior entre patines para la mayoría de los grupos, con una dimensión constante.

#### 2. Perfiles S

Son perfiles doblemente simétricos producidos de acuerdo con las dimensiones adoptadas en 1896 y que se conocían anteriormente como vigas I o vigas American Standard. Hay tres diferentes esenciales entre los perfiles S y W:

2.1.- El ancho del patín del perfil S es menor.

- 2.2.- La cara interna del patín tiene una pendiente de aproximadamente 16.7°
- 2.3.- El peralte teórico es el mismo que el peralte nominal.

3. Perfiles M

Son perfiles doblemente simétrico que no se clasifican como perfiles W o S. Existen unos 20 perfiles ligeros, clasificados como Perfiles M. Un perfil M360 x 25.6 es el mayor de la clasificación M, y es una sección de peralte nominal de 360mm. Y una masa de 25.6 kg/m.

4. Perfiles C

Son perfiles de canal, producidos de a cuerdo con estándares dimensionales adoptados en 1896. La pendiente interna del patín es la misma que la de los perfiles S. Estos canales se llamaban anteriormente Standard o American Standard. Los peraltes teóricos y nominal son idénticos.

11.2.5.5.1 TIPOS DE MIEMBROS A TENSIÓN

Los elementos de una estructura que soportan cargas a tensión se llaman MIEMBROS A TENSIÓN. Ejemplos clásicos de miembros a tensión son las cuerdas inferiores de las armaduras de techos y puentes.

Los cables de acero usados en los puentes colgantes y en los techos soportados por cables son ejemplos de miembros de acero sometidos a tensión. Se usan también los cables para atirantar las altas torres de acero en las comunicaciones, así como los postes de las líneas de fuerzas en los lugares en donde ocurran cambios de alimentación.

Se usan con frecuencia los contraventeos de configuración X, en los lugares donde los miembros son tan flexibles que tiene lugar EL

Rapp, William G./ Montaje de Estructuras de Acero  
Joseph E. Bowles Limusa/ Diseño de Acero Estructural

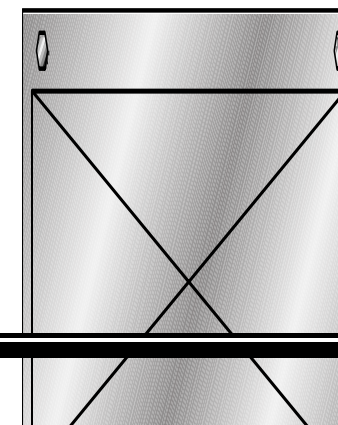
PANDEO bajo esfuerzo de compresión desarrollados por el viento que sopla en una dirección opuesta.

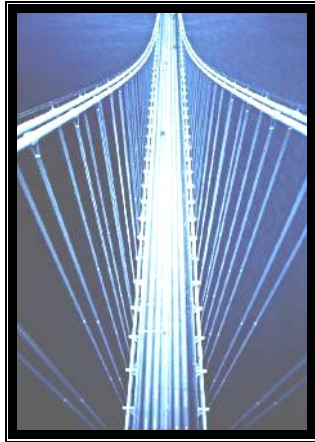
11.2.6 EL ACERO FUNCIONAL Y DECORATIVO



**Nuevo puente sobre el IJsselmeer, Países Bajos**

En 1983 se construyó un segundo puente sobre el río IJssel en la parte sur de la ciudad holandesa de Kampen, facilitando así las comunicaciones entre la ciudad y sus alrededores. Este segundo puente fijo se construyó 535 años después del primero, cuya primera versión fue finalizada en 1448. El nuevo puente, sujeto con cables, alivia el tráfico del antiguo, situado en la zona centro de la ciudad y reformado por última vez en 1872, que ya no podía soportar el creciente número de vehículos.





### Puente de Verrazano-Narrows

En su construcción se emplearon más de 135,000 toneladas de acero.

Esta vista aérea del puente colgante de acero de Verrazano-Narrows, que une las islas de Long Island y Staten Island, a la entrada del puerto de Nueva York, permite ver la estructura y el sistema de cables que soportan el peso del puente, que cubre una distancia de 1.298 metros. A menudo, los sistemas de cables se elevan cientos de metros sobre la calzada; la altura máxima de este puente es de 210 metros.



### Puente colgante de Clifton

El puente colgante de Clifton, finalizado en 1864, cruza la garganta del río Avon en Bristol. Los ingenieros diseñan puentes colgantes en lugares donde un puente con pilares intermedios sería demasiado difícil o caro de construir. El puente cuelga de dos enormes cables principales, lo que hace innecesario soportarlo por debajo.

Rapp, William G./ Montaje de Estructuras de Acero  
Joseph E. Bowles Limusa/ Diseño de Acero Estructural



**Puente de la Barqueta**

El puente de la Barqueta es una pasarela peatonal que une la ciudad de Sevilla con la isla de la Cartuja, donde se celebró la Exposición Universal de 1992. Diseñado por los ingenieros Juan Arenas de Pablo y Marcos Pantaleón, consta de un único arco central de acero que se bifurca en los dos extremos para permitir el paso.



### Seagram Building en Nueva York

Mies van der Rohe proyectó en 1958 el Seagram Building, un rascacielos con estructura reticulada de acero cuyo ritmo se reproduce en la fachada mediante perfiles de bronce y un muro-cortina de vidrio. Este edificio se convirtió en un símbolo del llamado *International*



*Style*, en el que se engloba la mayor parte de la obra americana de este arquitecto alemán que huyó en 1937 a Estados Unidos.



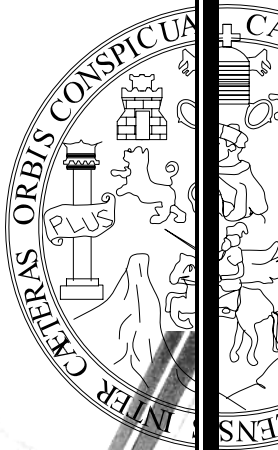
En los años de 1971 al 77, fue creado en Francia por los arquitectos, Renzo Piano Richard Royer, construido en acero y vidrio principalmente, fue una de las primeras obras de la corriente High-tech, es compuesto de 26 armaduras metálicas, fabricadas en Alemania. La circulación ascendente se realiza por medio de escaleras mecánicas situadas en voladizo.

# CAPÍTULO

# EJEMPLOS DE

# EN GUATEMALA DE

# POSIBLES TEND



## 1. OPINIÓN DE ARQUITECTOS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL CON METALES EN GUATEMALA

Para una mejor visión de la forma en que se están aplicando los metales en la arquitectura, actualmente en Guatemala como Ornamento o Decoración, se realizaron algunas preguntas para demostrar lo actual y común de esta utilidad arquitectónica del metal en el país. Para esto fueron consideradas las respuestas de algunos Profesionales de la Arquitectura. Luego, fueron tabuladas en forma de resumen genera. El resultado, una conclusión en particular para cada pregunta, Siendo estas, las que veremos a continuación.

**En la primera parte** de la lista de preguntas se les hizo en forma directa, respondiendo únicamente si o no.

### Pregunta No.1

¿HA EMPLEADO DE UNA U OTRA FORMA LOS METALES EN SUS CONSTRUCCIONES?

#### Respuesta:

Del 100%

Dijo si	100%
Dijo no	0%

### Conclusión

El metal siempre se usa en la construcción, aunque no sea en decoración u ornamento.

### Pregunta No.2

¿ES DIFICIL ENCONTRAR EN GUATEMALA DIFERENTES TIPOS DE METALES EN EL MERCADO:?

#### Respuesta

Del 100%

Dijo si	0%
Dijo no	100%

**Conclusión**

Los metales que se emplean para la construcción en Guatemala son fáciles de adquirir, aún cuando el metal que se necesite sea un poco raro en la construcción.

**Pregunta No. 3**

¿HA EXPERIMENTADO, SI LA CONSTRUCCIÓN CON METALES ES MÁS ECONÓMICA QUE EL CONCRETO REFORZADO?

**Respuesta**

Del 100%

Dijo si 75%

Dijo no 25%

**Conclusión**

La construcción con metales es más versátil pues economiza mucho en materiales, mano de obra y sobre todo en tiempo.

**En la segunda parte de las preguntas** los arquitectos dieron su opinión personal a cada una, de las cuales se ha tomado lo más relevante para crear una sola respuesta global, para después, dar una conclusión personal, igual que en la primera parte de preguntas.

**Pregunta No. 1**

¿QUE OPINIÓN LE MERECE LA APLICACIÓN DE LOS METALES EN LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL EN GUATEMALA?

**Respuesta**

Son materiales que están ganando mercado en la construcción día con día pues es una solución rápida y más económica desde el punto de vista arquitectónico, ya que se puede emplear en elementos estructurales, en muros, cubiertas y como decorativos, además de otras tantas aplicaciones.

**Conclusión**

Son materiales que además de tener versatilidad en la construcción, tienen belleza exterior con la cual se le puede dar un valor estético a la obra.

**Pregunta No. 2**

¿A SU CRITERIO, QUE METALES SON LOS MÁS COMUNES EN LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA?

**Respuesta**

El hierro, acero, acero inoxidable, láminas de cinc, aluminio, cobre, hierro colado y hierro forjado.

**Conclusión**

Por ser aplicados en la forma tradicional y sin tendencia decorativa, únicamente constructiva en el mercado guatemalteco son más comunes los hierros, aceros y el aluminio.

**Pregunta No. 3**

¿CUALES, A SU CRITERIO, SON LOS METALES CON MAYOR BELLEZA Y VERSATILIDAD PARA DECORAR INTERIORES?

**Respuesta**

Hierro forjado, acero inoxidable, aluminio, cobre.

**Conclusión**

Unos por ser maleables y fáciles de trabajar y otros por su brillo, llenan mejor la necesidad actual en decoración de interiores.

**Pregunta No. 4**

¿QUE METALES CONSIDERA USTED CON MAYOR DEMANDA PARA SER UTILIZADOS COMO ORNAMENTO EXTERIOR EN LA CONSTRUCCIÓN?

**Respuesta:**

Aluminio, hierro forjado, acero inoxidable, bronce.

**Conclusión:**

Estos son los metales más comunes y conocidos además de ser los que mejor se aplican para la ornamentación exterior.

**Pregunta No. 5**

¿EN QUÉ ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS HA OBSERVADO USTED LA APLICACIÓN DE LOS METALES EN LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA?

**Respuesta**

Puertas, ventanas, ornamentos, balcones, escaleras, verjas, estructuras, cubiertas.

**Conclusión**

Los metales están presentes en la mayoría de elementos ya conocidos y aplicados en la misma forma tradicional y que a su vez tienen algo de decorativos.

**Pregunta No. 6**

¿HA APLICADO LOS METALES COMO ORNAMENTO O DECORACIÓN EN SUS CONSTRUCCIONES. DESCRIBA COMO?

**Respuesta**

En puertas, balcones, ventanas. Aunque algunos arquitectos no han usado los metales como decoración.

**Conclusión**

Los elementos en donde se aplica el metal actualmente son los mismo de hace años, la diferencia está en tecnología con que se fabrican.

**Pregunta No.7**

¿CUÁL ES LA FORMA MENOS COMÚN QUE USTED HA OBSERVADO LA APLICACIÓN DE UN METAL EN LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA?

**Respuesta**

La mitad de las respuestas decían no tener en mente una forma diferente de haber visto un metal aplicado en la construcción, pero algunos lo pudieron observar como revestimiento y como huella en gradas.

**Conclusión**

No se ha avanzado mucho en la aplicación de formas diferentes de los metales en la construcción en Guatemala, esto podría ser por que no se conocen sus cualidades.

**Pregunta No.8**

QUE CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PODRÍA MENSIONAR SOBRE LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA CON METALES:

**Respuesta**

Ahorro de tiempo, estructuras ligeras, armados más sencillos, toque de estilos diferentes y más modernos, versatilidad de diseños, además de la proliferación de grandes obras y megaproyectos que antes no era tan común observar en el medio y que este tiempo se ve como obra segura con mano de obra calificada.

**Conclusión**

Los metales ganan campo día con día en la construcción en Guatemala por su seguridad, rapidez y versatilidad en diseños y cubierta de grandes luces.

Las opiniones de los arquitectos, anteriormente descritas, dan una idea de la forma actual que se están utilizando los metales, se evidencia que no ha sido de gran avance a través de los años en este país. Podría ser porque algunos constructores opinan que es una tecnología cara, pero no toman en cuenta el ahorro de tiempo y la versatilidad de los diseños que hacen de las construcciones una belleza arquitectónica, pues se mantiene el habito de usar tecnologías más económicas, pero que, a la larga son más costosas pues necesitan mantenimiento más frecuente, también se podría decir que, no se acostumbra aplicar los metales en la construcción de otra forma más que de las tradicionales, podríamos decir que es por no tener la población en general el conocimiento de las características de cada metal, ya sea el metal puro o aleado con otros para mejorarlos.

## 2. EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN ACTUAL DECORATIVA CON METALES EN LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA

Para un mejor estudio y visión de la forma en que los metales han ido evolucionando en las construcciones guatemaltecas se elaboró, en orden de fechas, las construcciones más importantes que han ido existiendo a lo largo de la modernización de la ciudad capital de Guatemala. A continuación se presentan en el orden ascendente hasta la actualidad así:

### 2.1 LA CATEDRAL METROPOLITANA

#### Datos referenciales:

- Dirección: 7 Avenida entre 6 y 8 Calle, Zona 1.
- Construcción: julio de 1782

Una de las más bellas obras de la época colonial es, sin lugar a dudas, la Catedral Metropolitana. A pesar de los diferentes terremotos que ha soportado, aún está en pie, después de una serie de remodelaciones conforme a su estructura original.

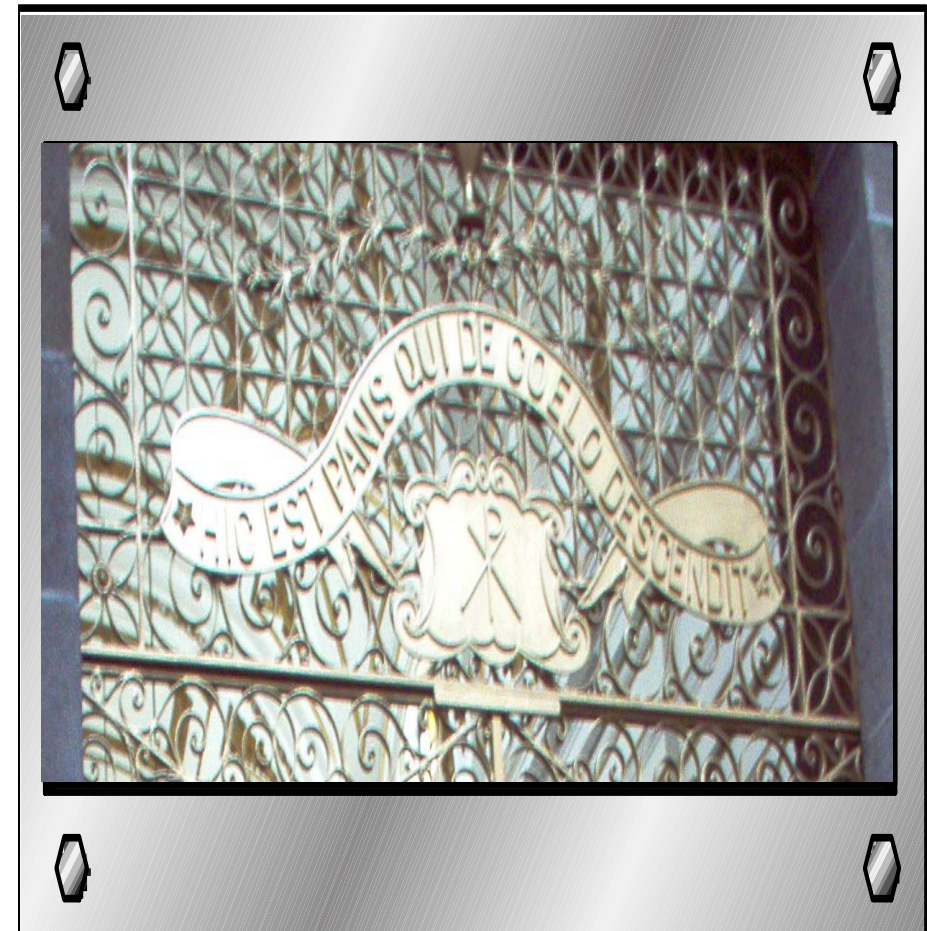
En su interior se observa una puerta que abre paso hacia un altar en el costado derecho, el altar del Sagrario, esta puerta es de **Hierro Forjado** pintada de color dorado y, al centro, en la parte superior de la puerta, una plaqueta hecha del mismo material, como podemos observar en la foto (fotografía 1), es de curvas muy orgánicas y formas decoradas, dando una belleza excepcional.

En esta área del altar lateral del Sagrario (fotografía 1.2), se puede admirar la belleza del altar de la cruz, un retablo elaborado en **Bronce**, rodeado de dos Ángeles también elaborados en **Bronce Pulido**, los cuales dan una ornamentación espiritual.

También se puede observar en su interior detalles que no sirven únicamente para sostener imágenes sino también son decorativas, como se ve en la foto siguiente (fotografía 1.3). Son elementos en forma de repisas creadas en **Bronce** y que su función es sostener las

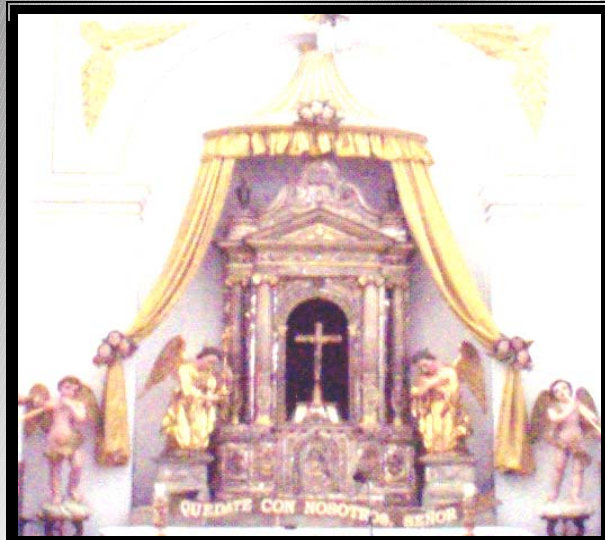
imágenes religiosas, estos elementos son con formas bellas y sobre todo funcionales decorativas y seguras.

1005



Fotografía Propia 1

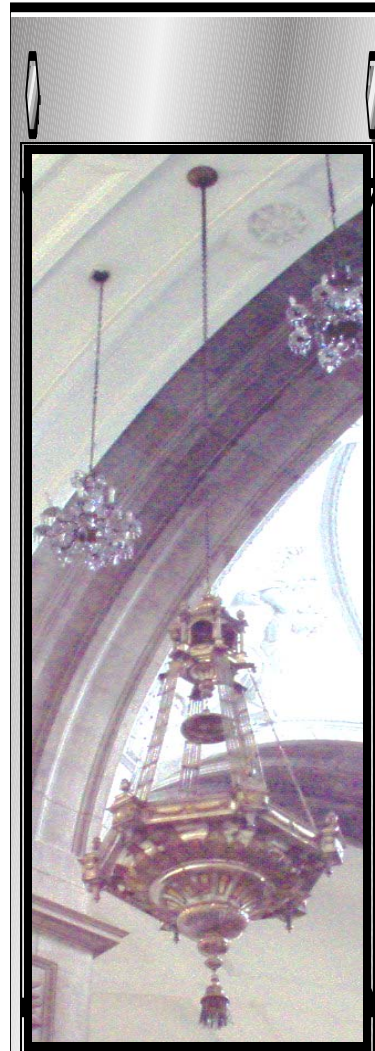
Además, de toda esta decoración tiene detalles que realzan la belleza, como por ejemplo el Candil colgante que divide el altar mayor de la nave central,(fotografía 1.4) el cual está hecho de **Bronce Pulido**, el cual pende del techo de una cadena de **Acero**.



\*Fotografía Propia 1.2



\*Fotografía Propia 1.3



\*Fotografía Propia 1.4

## 2.2 IGLESIA DE CAPUCHINAS

### Datos Referenciales:

- Dirección: 10ª. Avenida 10-51 Zona 1
- Construcción: 1830 aproximadamente.

La fachada es un buen ejemplo de transición del barroco neoclásico. Su interior posee grandes retablos tallados en madera cubierta con **laminas de oro**; los óleos del vía crucis son obras de Tomás de Merlo. En 1963 fue consagrada como parroquia por el arzobispo Mariano Rossell Arellano. En la foto (fotografía 2), se notan los bellos acabados que poseen estos retablos que decoran la iglesia.



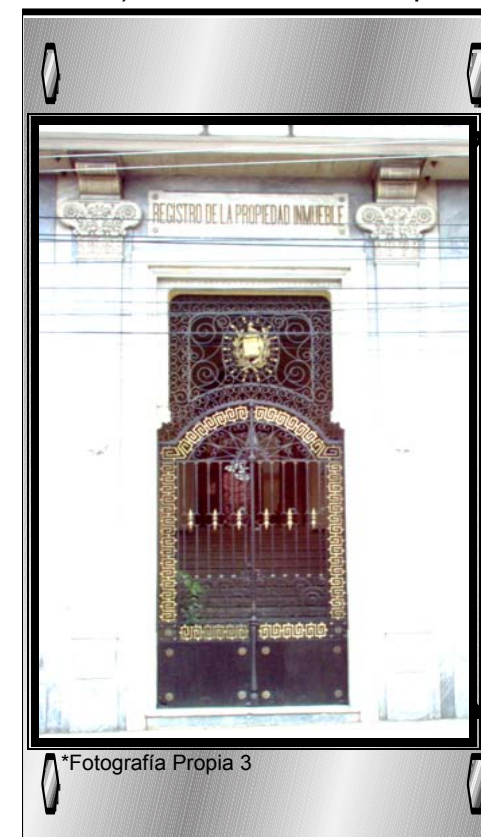
\*Fotografía Propia 2

## 2.3 REGISTRO DE LA PROPIEDAD INMUEBLE

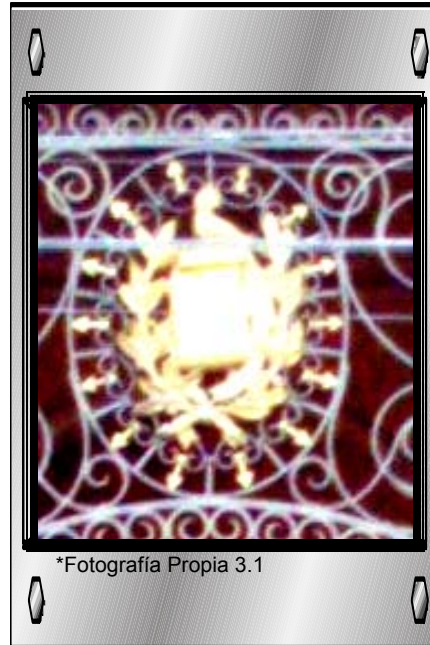
### Datos Referenciales:

- Dirección: 9ª. Calle entre 9ª y 10ª avenida zona 1
- Construcción: finales del siglo XIX

Este edificio se caracteriza por su estructura de **Acero** en su armado estructural pero además en sus acabados está presente el metal más usado de esta época; el **Hierro Forjado**. Tal es el caso de la puerta del acceso principal a este recinto, tiene detalles bien trabajados y muy atractivos a la vista (Fotografía 3), además de tener también un detalle bien definido del Escudo Nacional tallado en **Bronce** (Fotografía 3.1) los cual hace que este ingreso sea importante.



\*Fotografía Propia 3



\*Fotografía Propia 3.1

## 2.4 CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO

### Datos Referenciales:

- Dirección: 2ª. avenida entre 12 y 13 calle zona 1.
- Construcción: Principios del siglo XX

Este ejemplo es también muy notoria la aplicación del metal (fotografía 4) para uso constructivo y al mismo tiempo ornamental, en este caso el **Hierro Forjado**, el cual sirvió para crear una verja que limitara el are del edificio con el área de la calle, teniendo del mismo material la puerta del acceso principal, esta con decoración orgánica. Esta es la forma mas típica de la época de aplicar un metal en las construcciones además de ser el **Hierro Forjado** el metal mas usado.



\*Fotografía Propia 4

## 2.5 IGLESIA DEL SANTUARIO DE GUADALUPE

### Datos referenciales:

- Dirección: 1 era avenida y 8va. calle esquina zona 1.
- Construcción: 1931

Su construcción fue ordenada por monseñor Julio Martínez Flores, en esta iglesia se puede observar que fue utilizado el metal en su interior, en forma de lámparas colgantes, como se observa en la fotografía (fotografía 5). Son hechas en **latón pulido con lámina de metal y baño de cinc**. Penden del techo por medio de una cadena de acero, iluminan tenuemente la nave central del santuario, también se localizan en los costados unas lámparas con base de **Hierro Forjado** y culminación de bola de vidrio (fotografía 5.1). El detalle constructivo mas relevante de este santuario es la Puerta del Acceso



Principal (fotografía 5.2), que es de **Hierro Forjado**. Esta puerta tiene un sobre marco de Arco de Medio Punto con vidrio (fotografía 5.3).



\*Fotografía Propia 5



\*Fotografía Propia 5.2



\*Fotografía Propia 5.1



\*Fotografía Propia 5.

## 2.6 TORRE CONMEMORATIVA DEL CENTENARIO ACTUALMENTE TORRE DEL REFORMADOR

### Datos referenciales:

- Dirección: 7ª. Avenida y 2ª. Calle de la zona 9.
- Construcción: 1935 Inaugurada.

Esta torre fue construida hace 70 años (Fotografía 6) en el tiempo del general Jorge Ubico, en honor al reformador Justo Rufino Barrios, cuando se celebraban 100 años de su nacimiento. Es una torre de 75 metros de alto y que en la punta tiene una campana que fue donada por el gobierno Belga, fue ensamblada por el Ing. Arturo Víctor y esta hecha de **hierro colado**, es una estructura compleja y monumental.

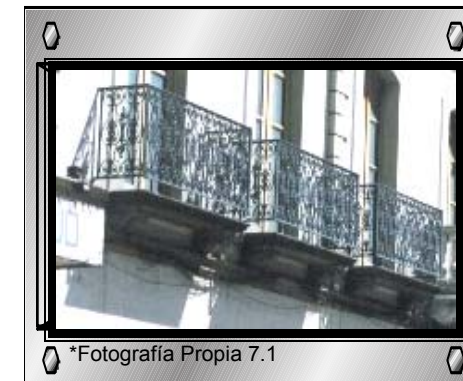


## 2.7 BIBLIOTECA DEL CONGRESO

### Datos referenciales:

- Dirección: 8va. avenida y 10ª. calle zona 1.
- Construcción: 1926-1935

Se inicio la construcción durante el gobierno del General Lázaro Chacon y se concluyó en el gobierno Jorge Ubico, es estilo Neoclásico, en la biblioteca del congreso (fotografía 7) fue usado el **hierro forjado** para crear unos bellos balcones con el fin de limitar un pequeño voladizo en las ventanas, como era clásico en ese tiempo, además de no usa un balcón para cubrir toda la ventana. Su altura no mas de un metro, y tiene bellos diseños de forma orgánica y bien trabajado (fotografía 7.1).



## 2.8 ANTIGUO EDIFICIO DE CORREOS

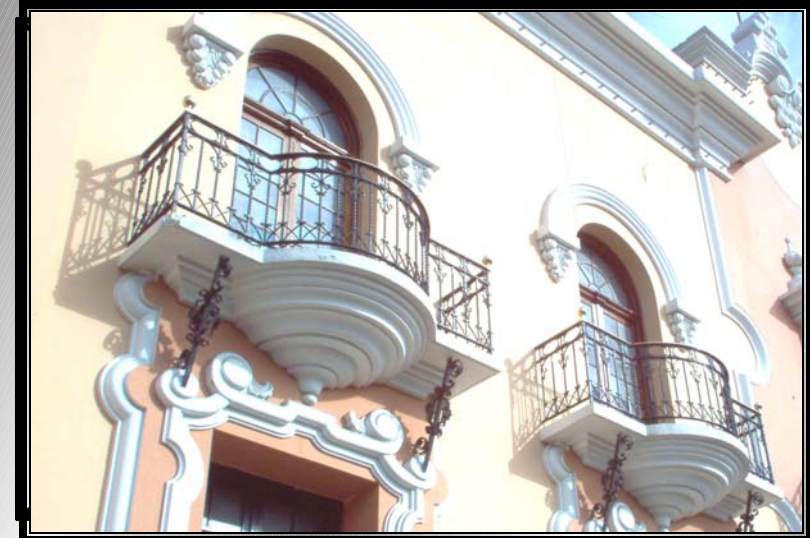
### Datos referenciales:

- Dirección: 7ª avenida entre 11 y 12 calle zona 1.
- Construcción: 1937-1940

Construido durante el gobierno de Jorge Ubico, es de un estilo Ecléctico pero con mucho predominio Colonial, en la fachada que se observa (fotografía 8), tiene un corredor tipo pasarela para comunicar a las dos partes del edificio, que se encuentra dividido por el paso de una calle. El uso del **hierro forjado** aplicado a la barandilla de este paso, esta barandilla se remata con un complemento de **Bronce**, al igual que los balcones de todo el edificio (fotografía 8.1), lo cual le da a este un toque de elegancia y gran belleza.



\*Fotografía Propia 8



\*Fotografía Propia 8.1

## 2.9 MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

### Datos referenciales:

- Dirección: Centro Cívico zona 1
- Construcción: 1955

Este edificio es de una gran importancia para la población es de un aspecto formal muy sencillo. En su arquitectura se aplicó el metal, en este caso el hierro, de la forma más tradicional en nuestro país, en cimientos, losas, entrepisos, etc. También sus fachadas muestran la aplicación del aluminio de una forma muy sencilla y común, como lo es en los ventanales, los cuales esta hechos de marco de **Aluminio**, con vidrio polarizado fijo (Fotografía 9). También en su piso exterior tiene divisiones entre las planchas de piso de concreto hechas de **Latón**, estas formando una figura geométrica creando una textura diferente.



\*Fotografía Galas de Guatemala 9

## 2.10 MINISTERIO DE FINANZAS PÚBLICAS

### Datos referenciales:

- Dirección: Centro Cívico, zona 1
- Construcción: 1972

Este es uno de los edificios más conocidos en nuestro país. (Fotografía 10) Es visitado por una gran cantidad de personas, pero la mayoría de ellas no se da cuenta de sus acabados arquitectónicos en los cuales se usa al metal como decoración, pues este edificio en sus estructuras portantes tiene grandes columnas de **Acero 14WF** (constante para todos los niveles) además de conectores de **Acero** soldados a las vigas principales. En el aspecto decorativo uno de los dos metales usados es el **aluminio** formando una pantalla completa de ventanales (Fotografía 10.1), estos están unidos a la estructura por medio de los conectores anteriormente descritos. Esto caracteriza a este edificio, además de detalles que permiten el ingreso del aire exterior hacia el interior por medio de unas paletas móviles, parecidas a paletas de vidrio, de aproximadamente 10 cms. de ancho del mismo material antes mencionado (Fotografía

10.2). En su interior se utilizó para recubrir sus vigas principales (Fotografía 10.3) unas **Laminas de Latón** cortadas una a una dependiendo el largo requerido según el peralte expuesto de la viga, y con un ancho estándar de 1cm. Se creó una ilusión de metal estriado, muy creativo, similar al aluminio que se utiliza comúnmente en la colocación de cielos falsos.



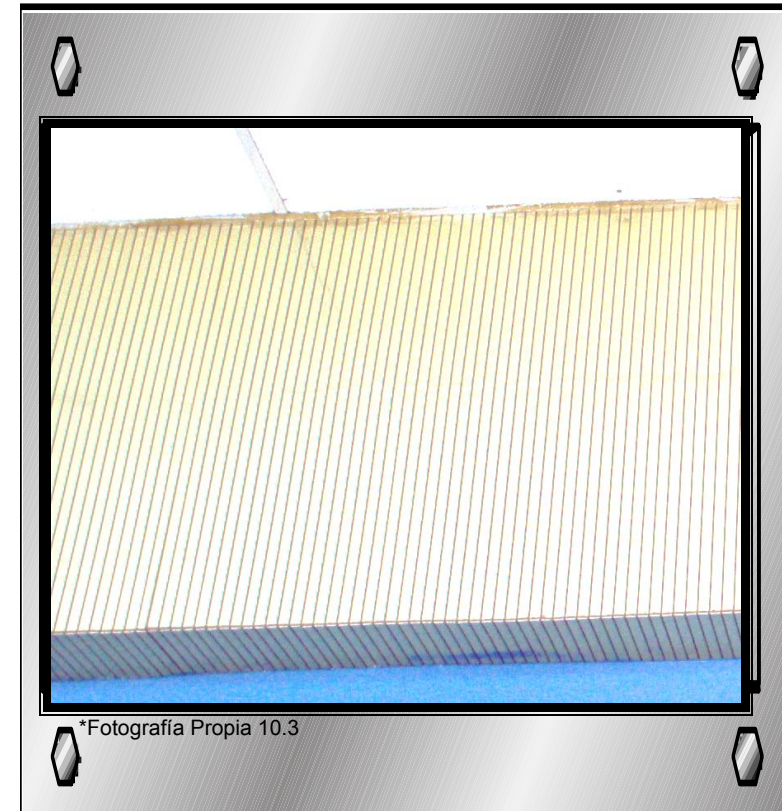
\*Fotografía Galas de Guatemala 10



\*Fotografía Propia 10.1



\*Fotografía Propia 10.2



\*Fotografía Propia 10.3

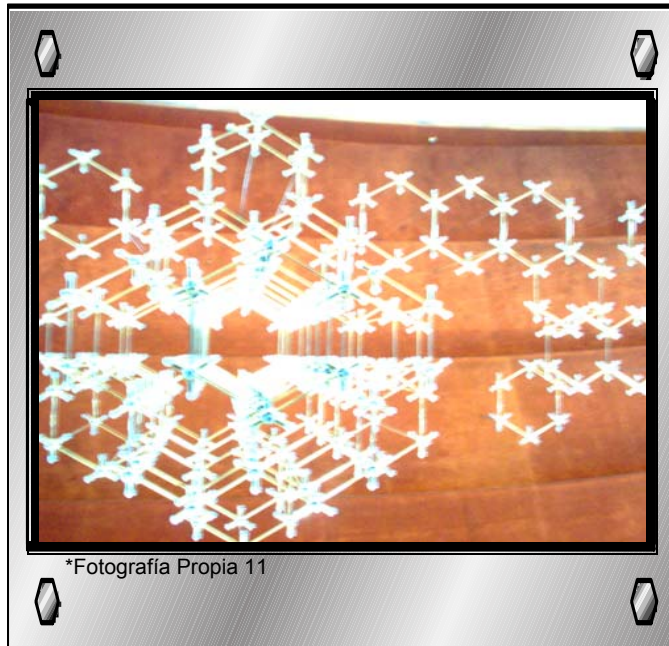
## 2.11 TEATRO NACIONAL MIGUEL ANGEL ASTURIAS

### Datos referenciales:

- Dirección: zona 4
- Construcción: 1964-1978

Dentro de este complejo Teatro pero a la vez con una gran belleza y elegancia se encuentran varias aplicaciones, por ejemplo sobre el cubo escénico, existe una **reja de hierro forjado**. Además los caminamientos del área de maniobra de los reflectores son metálicos de **chapa perforada**, pero un detalle constructivo y sobre todo decorativo es la lámpara del Lobby del teatro (Fotografía 11, vista exactamente de abajo). Fue hecha en Europa y ensamblada en el teatro con ayuda de un teodolito, pues por la curva que tiene el techo

no se podía colocar completamente vertical sin este aparato. Es labrada en **latón pulido**, y consta de más de 1000 focos de 35 watts cada uno con un valor de 35,000 dólares. Están distribuidos en toda su estructura, forma hexágonos exactos y su estructura es muy estable pues ha resistido a varios temblores. Está colocada desde la inauguración del gran Teatro Nacional.



\*Fotografía Propia 11

### 2.12 CENTRO FINANCIERO DEL BANCO INDUSTRIAL

**Datos referenciales:**

- Dirección: 7ª. Avenida 5-10 zona 4. Capital
- Construcción: 1979 inicia

En las fachadas de este edificio se puede observar las planchas de **Aluminio Estriado**, (Fotografía 12) que cubren las torres de la construcción, cuenta con marcos del mismo aluminio en los ventanales de Vidrio Polarizado Cromado, este recubrimiento de fachadas no es únicamente estético si no que tiene un uso Aislante

Térmico, puesto que la fachada sur esta totalmente expuesta al sol, y con este metal se aísla en gran parte la acción calorífica de este. Dando al interior del edificio un mejor control térmico, esta forma de recubrimiento es muy atractiva y conveniente, además de ser un metal inoxidable.



\*Fotografía Galas de Guatemala 12

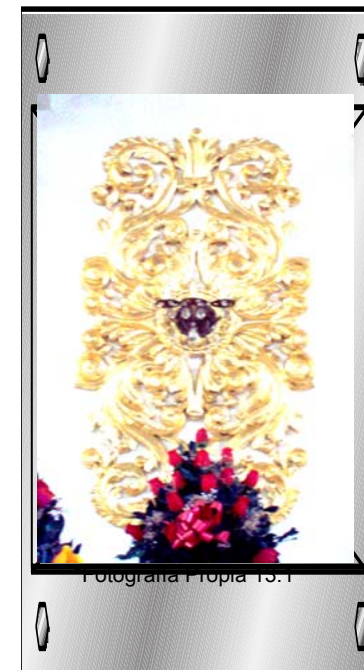
### 2.13 TEMPLO DE SAN JOSÉ

**Datos referenciales:**

- Dirección: 5ta calle entre 12 y 13 avenida
- Construcción: Actual 1976-1986

A causa de los múltiples terremotos fue destruida en su totalidad y se reconstruyó, se colocó la primera piedra el 4 de junio de 1978. Por su construcción relativamente moderna, en su interior se encuentran una serie de detalles constructivos creados en metal, por ejemplo el altar de Jesús Nazareno de los Milagros (fotografía 13) que está al costado derecho del templo y que está elaborado en **latón pulido**, con técnicas de repujado, esta se puede observar en las aplicaciones

que tiene en los lados (fotografía 13.1). También utiliza unas lámparas elaboradas en **bronce**, que penden del techo por medio de una cadena de hierro (fotografía 13.2).

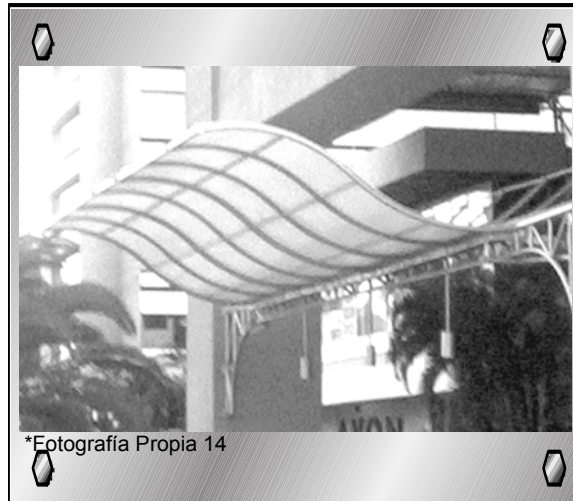


## 2.14 CENTRO COMERCIAL GALERIAS DEL SUR

### Datos referenciales:

- Dirección: Calzada Aguilar Batres, Salida Pacifico.
- Construcción: Década de los 80  
Actual 1999

Este centro comercial fue uno de los primeros en usar el metal en su estructura. Fue empleado en su interior como armadura constructiva. Tiene una forma nueva de cubierta, que es de lámina troquelada. Su estructura triangular también es decorativa. Es una estructura de **acero**, pero tiene en su acceso principal un detalle muy moderno y sofisticado y es el voladizo que cubre este acceso. El mismo es de **aluminio termotratado**, sostenido por una estructura de Tirantes de **cables de acero**. El voladizo tiene una forma muy especial con mucho movimiento y belleza, tiene una cubierta de lámina de policarbonato (fotografía 14). También se observa una estructura en la que descansa el voladizo, que tiene detalles de viga peraltada con armadura triangular, anclada a las dos grandes columnas que muestran el acceso principal (fotografía 14.1).



También, recientemente se la agregaron unos detalles puramente decorativos (Fotografía 14.2) en la parte exterior frontal del comercial que son del mismo material de este voladizo, y que le dan un toque de modernidad al lugar.





## 2.15 CENTRO COMERCIAL LOS PROCERES

### Datos referenciales:

- Dirección: 16 calle 2-00 zona 10 Boulevard los Próceres
- Construcción: 1993-1994

Este es uno de los Centros Comerciales más modernos de la ciudad capital, no solo por ser de reciente construcción sino por la tecnología constructiva. Su forma moderna e inusual de techar edificios en Guatemala (fotografía 15), radica en su estructura de **acero**, tipo estereestructura, de cubierta tipo membranácea. Para apoyar esta estructura se utilizaron grandes columnas hechas también de **acero**, algunas soldadas y otras ancladas a estas con pernos. Además cuenta en su interior con armaduras de **Aluminio**, en que forman los cielos falsos.



\*Fotografía Propia 15

## 2.16 CENTRO COMERCIAL LA PRADERA

### Datos Referenciales:

- Dirección: 20 calle 25-85 zona 10
- Construcción: 1994

Este Centro Comercial tiene su especial atractivo en el acceso principal al edificio, es una **Estereoestructura de Aluminio**, puramente decorativa (fotografía 16), forma un arco grande de medio punto, y una estructura triangular de **Hierro Colado**, por debajo de este, también tiene forma de arco de medio punto pero este más pequeño colocado en medio del gran arco de aluminio, este tiene una función de Acceso Principal y que permite gran cantidad de luz al interior del edificio, pues su cubierta es de vidrio, la estructura del centro comercial es de **Acero** y a esta van ancladas los detalles anteriormente descritos.



\*Fotografía Galas de Guatemala 16

## 2.17 CENTRO COMERCIAL TIKAL FUTURA

### Datos referenciales:

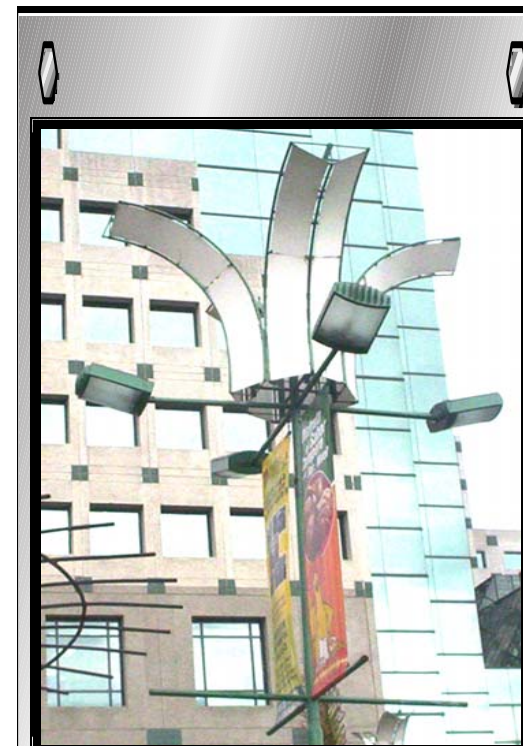
- Dirección: Calzada Roosevelt salida a Antigua Guatemala.
- Construcción: 1995-1996

Este moderno centro comercial, es un ejemplo lleno de elementos decorativos y sobre todo constructivos realizados con metales, entre ellos los elementos esculturales, que, aunque no tienen función constructiva le dan al edificio un toque modernista y peculiar. Estos elementos son de **hierro forjado**, con una forma cónica en su base y radial en su remate (fotografía 17), su forma abstracta semeja un volcán en erupción.

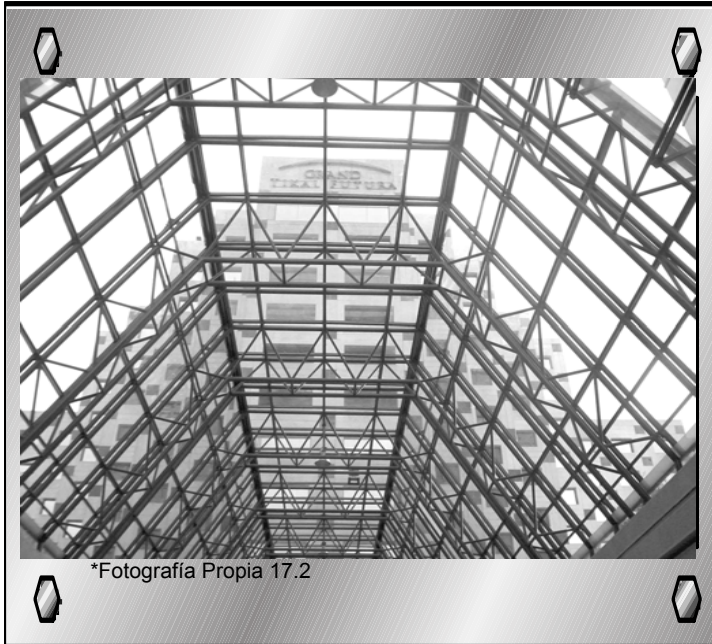


\*Fotografía Propia 17

También se observa en la parte exterior y frontal del edificio unos elementos de iluminación y a la vez decorativos, hechos de **hierro colado** con cubierta de lámina de **Cinc**, lisa revestida con pintura anticorrosiva (fotografía 17.1). En la parte interior se hizo uso de las armaduras de **acero**, y de las estereo estructuras de **aluminio termotratado**, Fue aplicado para cubrir grandes luces, con belleza y versatilidad (Fotografía 17.2). Además de la buena iluminación por estar cubiertas con láminas traslucidas de policarbonato, estas estructuras fueron colocadas en forma triangular, pero no terminada en punta, en la parte media-frontal del edificio lo cual da volumen y estética a la fachada.



\*Fotografía Propia 17.1



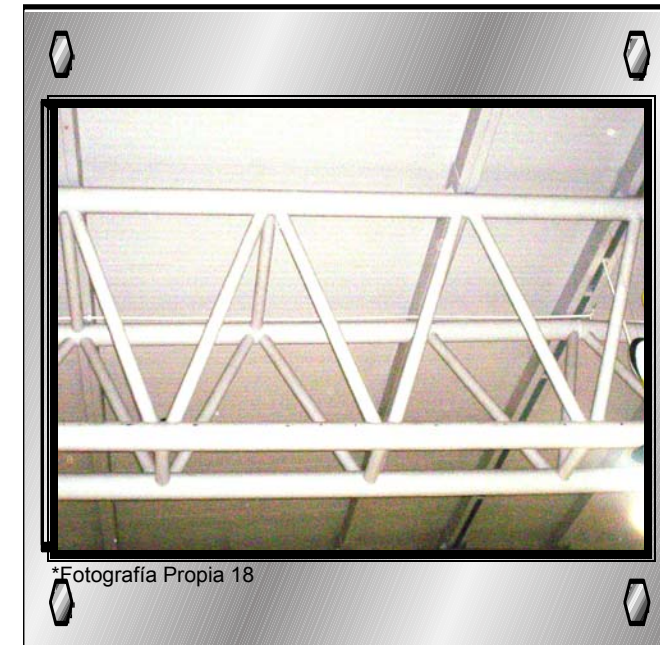
\*Fotografía Propia 17.2

## 2.18 CENTRO COMERCIAL SANTA CLARA

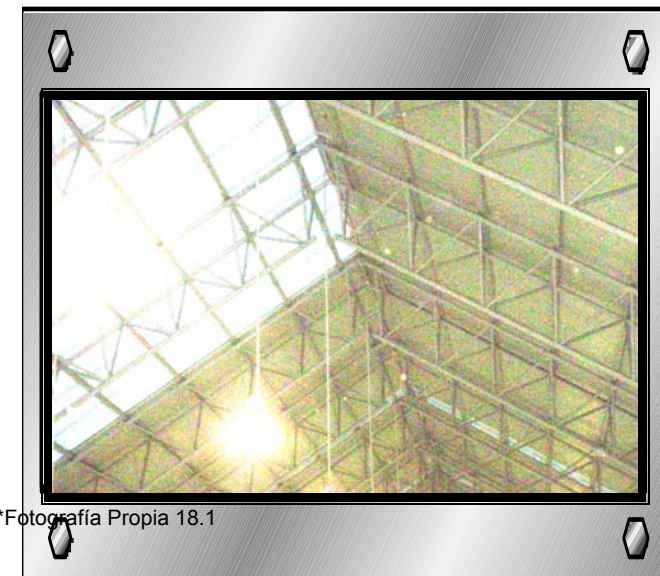
### Datos referenciales:

- Dirección: Kilómetro 17.5 carretera al Pacifico.
- Construcción: 1998-1999

Por ser uno de los centros comerciales mas reciente cuenta con una estructura metálica (fotografía 18) de tubos de **acero** de grandes peraltes y con una armadura triangular invertida interna, que no es únicamente funcional sino decorativa también. El gran peralte de la estructura se debe a la gran luz, sin apoyos, que debió cubrir dando como resultado una estructura triangular de armadura triangular (fotografía 18.1). Está ubicada en la nave central del centro comercial. Además, cuenta con detalles constructivos hechos en **lámina de cinc** en forma de pirámide apoyada en una estructura nervada en ambos sentidos y pintada de pintura anticorrosiva color hueso (fotografía 18.2).



\*Fotografía Propia 18



\*Fotografía Propia 18.1



\*Fotografía Propia 18.2

## 2.19 EDIFICIO ATLANTIS

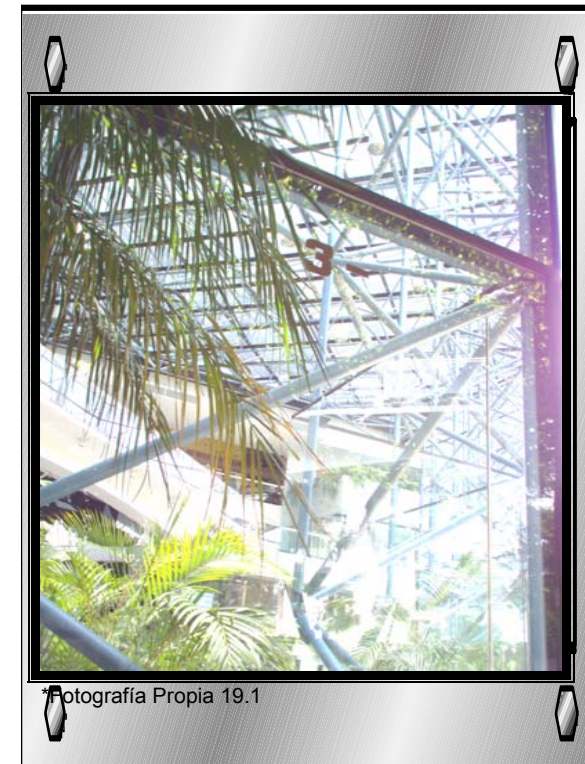
### Datos Referenciales:

- Dirección: 13ª calle 3-40 zona 10
- Construcción: 2000

En este edificio se pueden ver muchos detalles que han sido poco aplicados en la construcción en Guatemala, como por ejemplo (fotografía 19) en el techo de la fachada frontal el uso de lámina translúcida sostenida con **Estéreo estructura de aluminio**,(fotografía 19.1) de Armadura Piramidal cuadrada (fotografía 19.2) además de ir también formando las pantallas de los muros de vidrio en las fachas, es una forma estable y muy estética de usar el **aluminio** en una construcción, además en su interior se hizo uso del **Latón**, (fotografía 19.3) en la parte del cielo falso, se crearon planchas del material liso y se colocaron en forma tradicional cuadrícula soportado con el mismo material, esto le da una belleza elegante y diferente al ambiente interior.



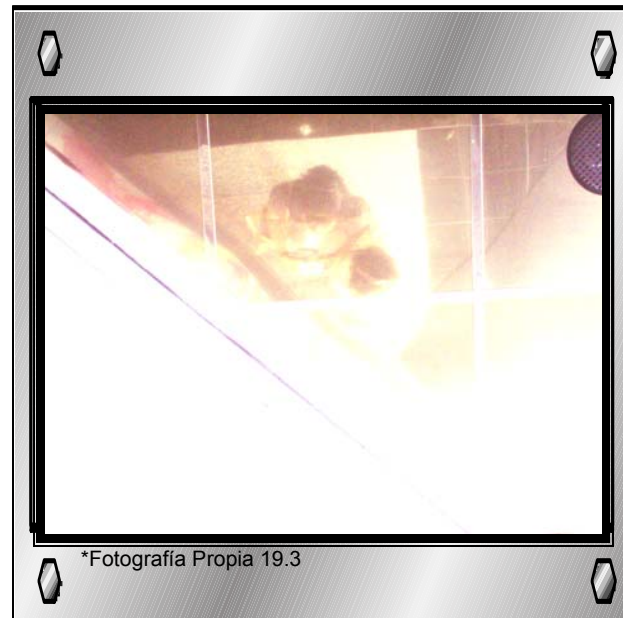
\*Fotografía Propia 19



\*Fotografía Propia 19.1



\*Fotografía Propia 19.2



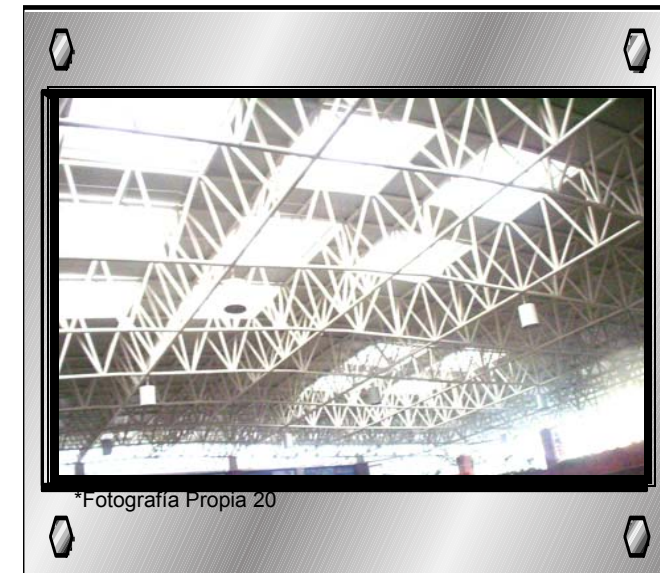
\*Fotografía Propia 19.3

## 2.20 CENTRO COMERCIAL MIRAFLORES

### Datos referenciales:

- Dirección: Calzada Roosevelt, Zona 11
- Construcción: octubre de 2003

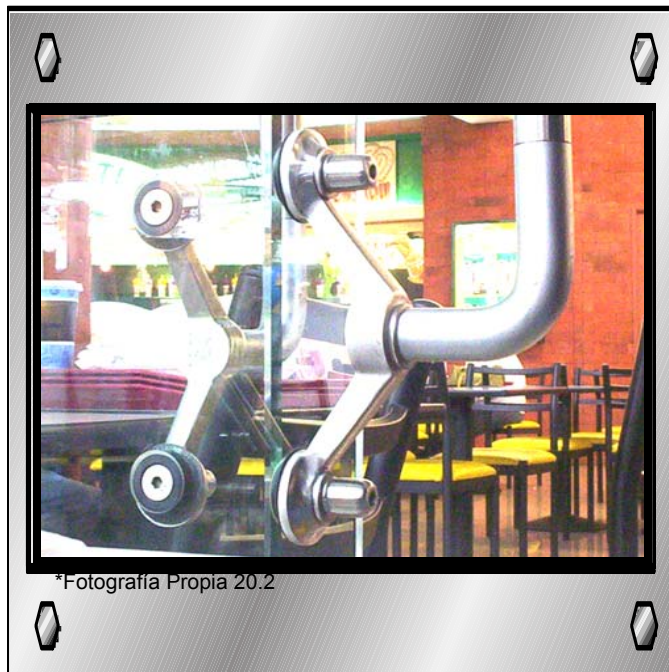
Este centro comercial (fotografía 20) es uno de los edificios que cuenta con lo más moderno y completo del sistema constructivo metálico. Es una **estéreo estructura de aluminio** tipo nervada en ambos sentidos, con múltiples detalles por ejemplo las lámparas colgantes de **aluminio satinado**. Son cilíndricas y cuelgan de la estructura (fotografía 20.1). Además tiene un pasamanos en todo el rededor del pasillo principal que rodea el vestíbulo de acceso (fotografía 20.2), de vidrio sostenido por un tubo de **acero inoxidable**, esto da un toque fino y diferente a la decoración constructiva del edificio. Se remata en las esquinas con el mismo tubo de acero como se observa en la foto. Además de estos finos detalles se ven en el techo del edificio unas entradas de luz de forma triangular piramidal hechas del mismo material que la estructura y cubiertas con lámina traslúcida de poli carbonato (Fotografía 20.3).



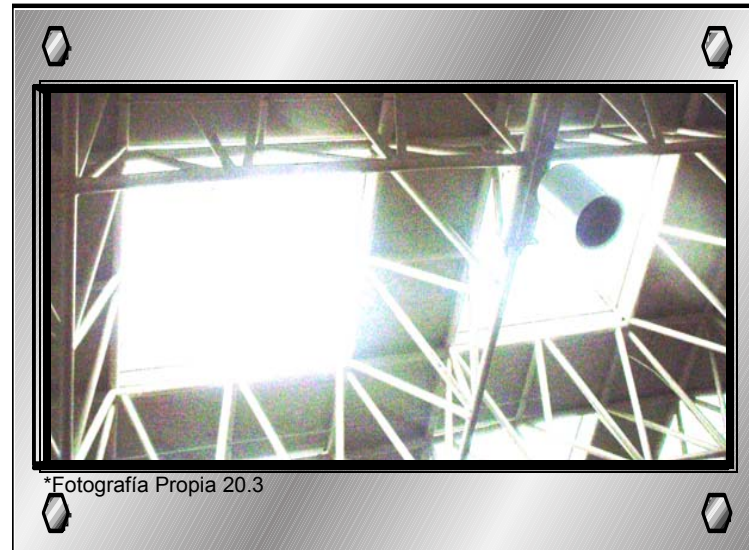
\*Fotografía Propia 20



\*Fotografía Propia 20.1

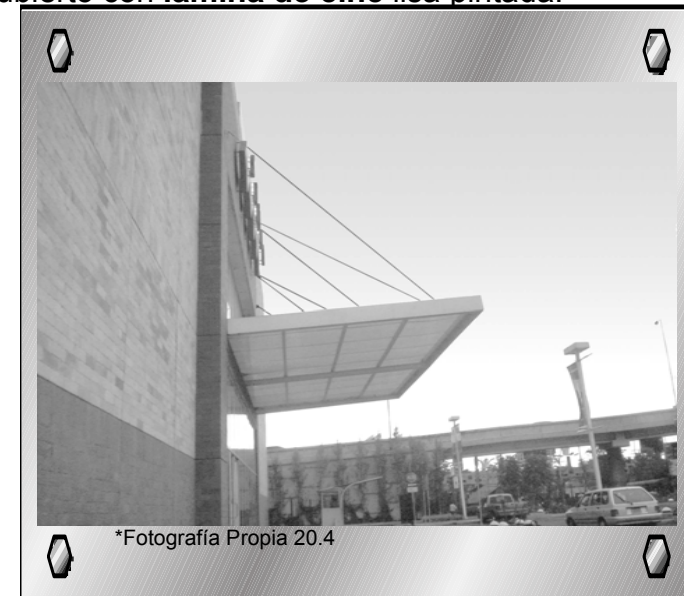


\*Fotografía Propia 20.2



\*Fotografía Propia 20.3

Además de los detalles observados en la parte interior del edificio, en la parte exterior está el voladizo que cubre el acceso principal el cual esta sostenido por **cables de acero**, (fotografía 20.4). El voladizo es metálico cubierto con **lamina de cinc** lisa pintada.



\*Fotografía Propia 20.4

## 2.21 FPK MIRAFLORES

### Datos referenciales:

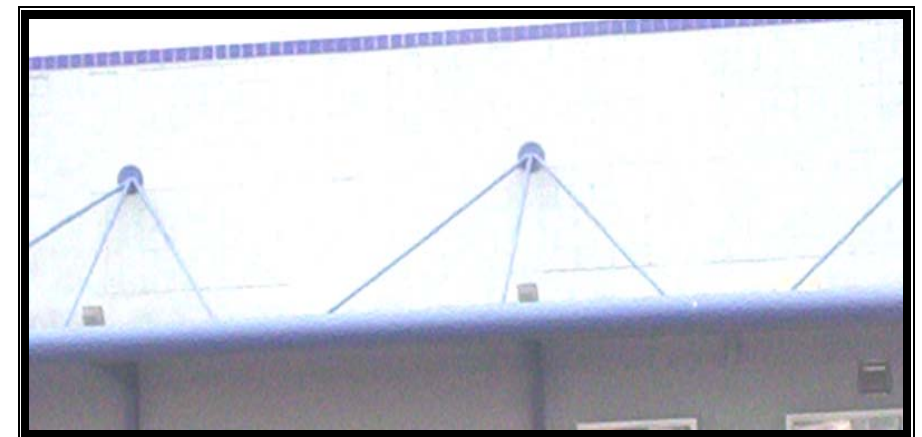
- Dirección: Calzada Roosevelt, zona 11
- Construcción : octubre de 2003

Este edificio tiene la misma topología del edificio principal del Centro Comercial Miraflores. Es la misma utilización de materiales pero con formas diferentes como se aprecia (fotografía 21). Tomó la forma curva, el voladizo esta hecho de **aluminio**, pero por el tamaño de este tubo tiene que ser sostenido por un sistema de cables a tensión que se anclan a la estructura principal del edificio.



\*Fotografía Propia 21

Luego se puede ver una estructura decorativa funcionando como tensores de otro voladizo que por dichas funciones fue elaborado en **acero**, con aplicación de pintura anticorrosiva azul.



\*Fotografía Propia 21.1

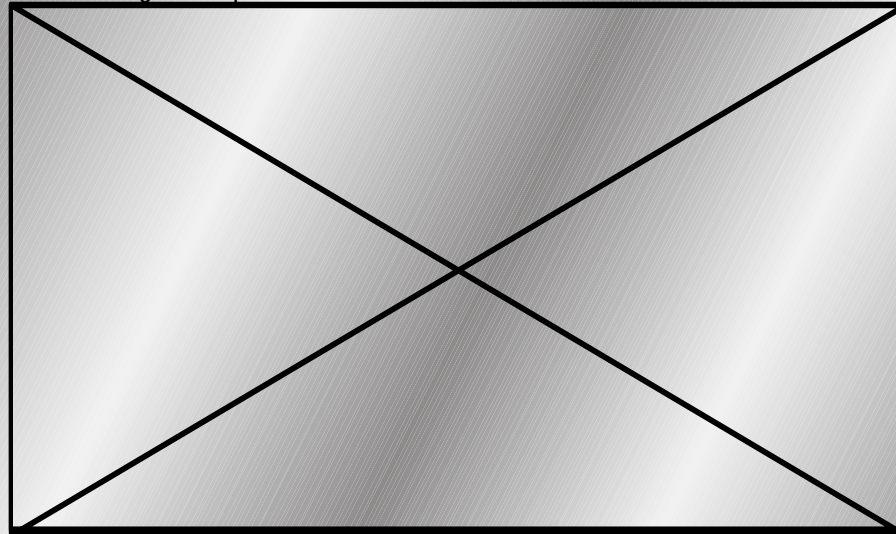
## 2.22 CENTRO COMERCIAL PACIFIC CENTER

### Datos Referenciales:

- Dirección: Calzada Aguilar Batres 32 calle y 6ª av.
- Construcción: Inaugurado 1 de septiembre de 2004

En el acceso principal de este moderno y reciente centro comercial se puede observar en la parte superior central una estructura de **aluminio**, que no es únicamente soporte de cables tensores del gran voladizo de aproximadamente 5 mts., que cubre este acceso, como se observa (fotografía 22). También es un elemento decorativo con forma semicircular muy moderna, y estructura tridimensional triangulada en ángulo de 90, este voladizo que sostienen los cables de **acero**, es de **hierro colado**, con lámina traslúcida.

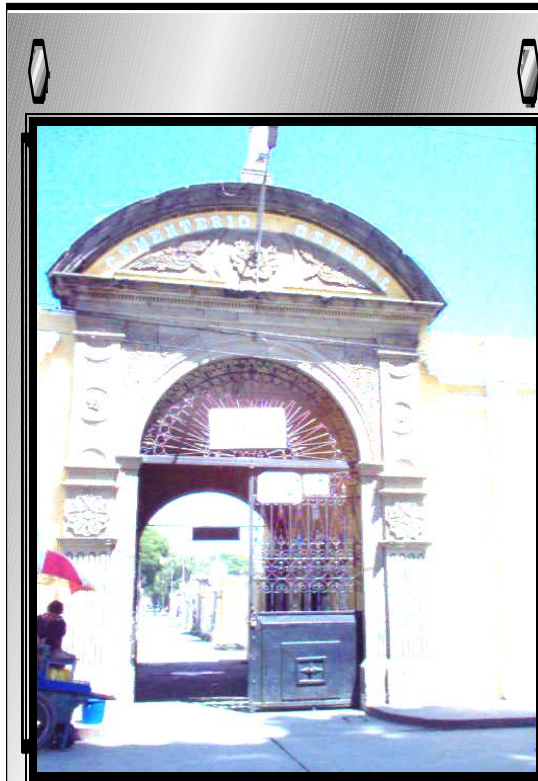
\*Fotografía Propia 22



## 3. EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN ACTUAL DECORATIVA CON METALES EN LA CONSTRUCCIÓN EN QUETZALTENANGO

Para un mejor estudio y visión de la forma que los metales han ido evolucionando en las construcciones guatemaltecas se mencionan en orden de fechas, las construcciones más importantes a lo largo de la modernización del municipio de Quetzaltenango. A continuación se presentan en el orden ascendente hasta la actualidad así.

### 3.1 CEMENTERIO GENERAL



\*Fotografía Propia 1



**Datos referenciales**

- Construcción: 1840
- Dirección: Calvario de Quetzaltenango.

En esta construcción (fotografía 1), se observa que el acceso principal tiene un arco de medio punto coronando la entrada de **hierro forjado** y una puerta también de **hierro** este tipo de metal era el más utilizado para la construcción común y corriente como cerramiento y al mismo tiempo decorativo.

**3.2 CASA APARICIO-ACTUALMENTE GOBERNACIÓN-**

\*Fotografía Propia 2

**Datos referenciales**

- Construcción: 1870
- Dirección: 13 avenida 5-19 zona1. Quetzaltenango

Este edificio tiene en las puertas del acceso principal (fotografía 2)<sup>6</sup> que son de doble hoja una aplicación en **bronce**, que tiene forma de un octógono en cuyo centro está el rostro de Justo Rufino Barrios y en la otra hoja de la puerta el rostro de Francisca Aparicia Mérida, nombre del edificio. También en el patio se puede observar una estructura de acero con techo de lámina plástica. Como se nota en esta época ya se hacía uso del acero con formas sencillas y de poco grosor.

**3.3 BANCO DE OCCIDENTE**

\*Fotografía Propia 3

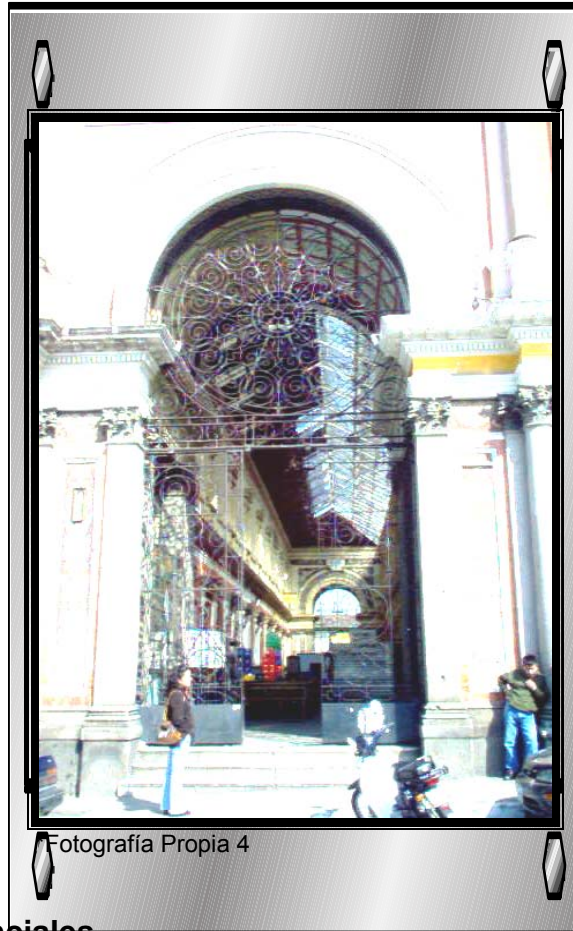
**Datos referenciales**

- Construcción: 1881-1902
- Dirección: 4ta. Calle 11-38 Zona. 1 Quetzaltenango.
- En su fachada principal en la puerta y el abanico de hierro tiene el símbolo de la Ciencia y la Salud.

En esta fotografía se aprecia (fotografía 3) la fachada principal de este edificio. Tiene balcones y sobremarco de **hierro forjado** que es la forma más común de utilizar el hierro en esa época para decorar las construcciones de esa época.

También podemos apreciar que, actualmente, por servir como un banco del sistema nacional ya tiene incorporado otro metal que es el **latón pulido** utilizado para resaltar el logotipo del Banco y al mismo tiempo para ornamentar al edificio.

### 3.4 PASAJE ENRIQUEZ



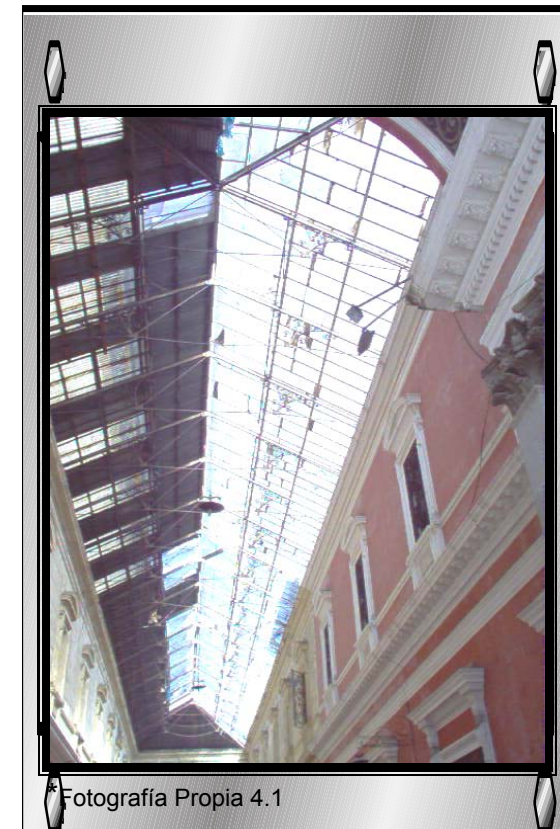
Fotografía Propia 4

#### Datos referenciales

- Construcción: 1900

- Dirección: 4ta. calle entre 12 y 13 avenida zona 1.  
Construido por Arquitecto Alberto Porta, en e la fotografía (fotografía 4) se puede apreciar el acceso principal hacia el interior del pasaje. En este ingreso la puerta de enorme tamaño tiene un sobremarco en forma de arco de medio punto elaborado en **hierro forjado** al igual que la puerta en si.

En el interior de este pasaje se encuentra una estructura en acero en la cubierta, con vidrio. Es una estructura sencilla triangular de poco espesor, con tensores y bastidores para el colocado de los vidrios. Se notar que en esta época se utilizaba el acero en los interiores y no eran únicamente estructuras si no que también se le daba un acabado ornamental y estético en beneficio de la construcción. Esta estructura se observa en la fotografía (fotografía 4.1) siguiente:



Fotografía Propia 4.1

### 3.5 CATEDRAL DEL ESPIRITU SANTO



\*Fotografía Propia 5

#### Datos referenciales

- Construcción: 1902-1954
- Dirección: 11 avenida entre 6 y 7

La construcción de la primera iglesia de Quetzaltenango fue ordenada por el obispo Francisco Marroquín y realizada en 1532. Aun se conserva una fachada posterior de estilo barroco.

El sismo del 9 de febrero de 1853 dañó considerablemente el templo. Por ello el Arquitecto Alberto Porta diseñó al estilo Neoclásico la actual catedral.

En la fotografía (fotografía 5) se observa el altar mayor de esta catedral son aplicaciones de repujado de **laminilla de plata** estilo barroco. En esta iglesia los metales preciosos se utilizan decorativamente y con técnicas antiguas, antes descritas. Dando un carácter majestuoso y solemne con una alta estética y espiritualidad. Este trabajo también se puede apreciar en la nave derecha del templo con las mismas aplicaciones de **laminillas de plata** con repujados en el altar de la Santísima Trinidad (Fotografía 5.1).



\*Fotografía Propia 5.1

En otra parte de esta bella iglesia se encuentra un altar (fotografía 5.2), forrado completamente un retablo, de **bronce pulido** con verdadera arte plástica y alto nivel decorativo, también tiene la base forrada de aplicaciones de **laminilla de plata** con repujado.



\*Fotografía Propia 5.2

### 3.6 PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED



\*fotografía Propia 6

#### Datos referenciales

- Construcción: 1969-1970
- Dirección:

En esta iglesia (fotografía 6) ya se tiene un uso mejorado de la **estructura metálica** triangular como se observa es triangular y su rigidez le da un carácter de estabilidad además tiene luces colgantes de **latón pulido** las cuales dan un toque de elegancia y solemnidad.

### 3.7 TEATRO MUNICIPAL

Esta es una construcción antigua. El edificio en sí no tiene elementos metálicos importantes, pero su ornamentación actual llama la atención por la belleza de sus faroles (Fotografía 7) incorporados a este edificio en la época de los 90 del siglo XX. Son faroles de pedestal en **hierro forjado** con formas orgánicas muy decorativas y coronan los focos con bolas de cristal blancas. El color del pedestal decorado es verde por la misma influencia orgánica.



\*fotografía Propia 7

**Datos referenciales**

- Construcción: 1881-1902 actual 1990
- Dirección: 1 calle y 14 av A zona 1 Quetzaltenango

**3.8 PARQUE BENITO JUAREZ**



\*fotografía Propia 8

**Datos referenciales**

- Construcción: 1920 modificado 1991
- Dirección: 15 y 16 avenida 3 y 4 calle zona 3

El actual parque cuenta con un kiosco remodelado (Fotografía 8) apoyado en un basamento aparentemente de piedra estucada y levantado estructurado en **acero**. Tiene adornos ornamentales de formas orgánicas hechos en **hierro forjado** pintados de blanco. El kiosco cuenta con techo machimbreado de madera y cubierta de una cúpula de concreto. Como se observa en la fotografía (fotografía 8.1). Además está decorado con faroles hechos de **hierro dulce** color negro, muy propios de esos tiempos.



\*fotografía Propia 8.1

### 3.9 PLAZA CIANI



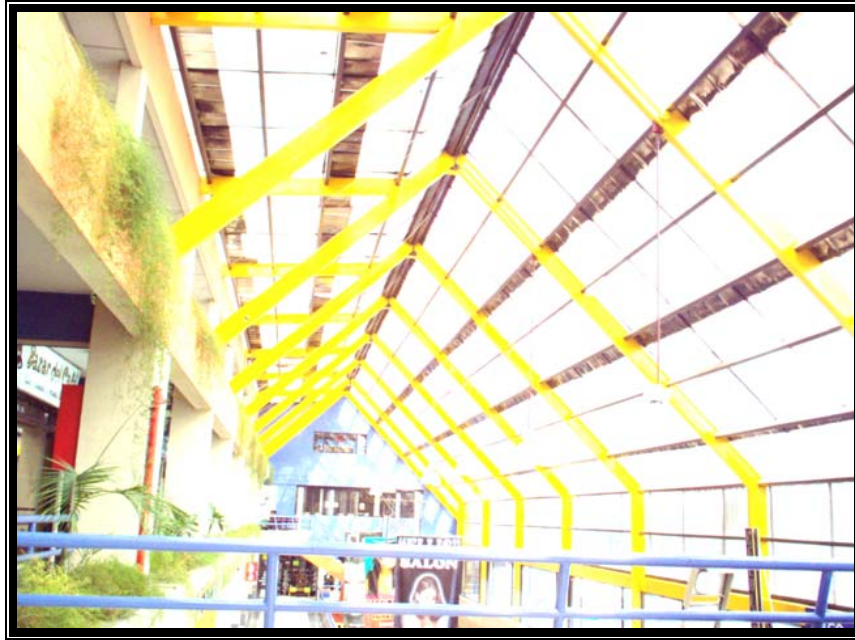
\*Fotografía Propia 9

#### Datos referenciales:

- Construcción: 1980 Actualización 1998
- Dirección: 1 calle 16-26 zona 3 Quetzaltenango.

Es un complejo comercial simple y con la aplicación de **estructuras metálicas** de la forma más común y simple, pero se le incorporó un toque muy moderno que no está precisamente ligado a la estructura del complejo. Sin embargo influye en él, la parada de buses (fotografía 9), elaborada en tubos de **acero inoxidable** dándole una forma versátil y moderna, también tiene asientos metálicos con cubierta de chapa perforada **metálica**.

### 3.10 CENTRO COMERCIAL MONT BLANC



\*Fotografía Propia 10

**Datos referenciales:**

- Construcción: 1993-1995
- Dirección: 4ta. Calle 18-01 zona 3 Quetzaltenango.

Este centro comercial es uno de los más modernos de este Departamento pues su complejo tiene un diseño simple pero su estructura portante es moderna. La estructura principal es de **acero inoxidable** de forma triangular (Fotografía 10) y techado con lamina translucida soportada por estructuras de **hierro colado** la cual soporta el alumbrado eléctrico colgante, siendo este de **cable de acero** dando belleza al interior del centro comercial.

**3.11 CENTRO COMERCIAL CONDADO SANTA MARIA**

\*Fotografía Propia 11

**Datos referenciales**

- Dirección: Diagonal 2da. 32-48 Zona 3 Quetzaltenango.
- Construcción: 2001-2003

Este centro comercial es el más moderno y reciente de este departamento. Cuenta con accesos secundarios (fotografía 11) que destacan con estructuras metálicas hechas en **acero inoxidable** que tiene forma de arco rebajado con segmentos internos de formas orgánicas y circunferencias sobre las columnas estructurales. En el acceso principal se construyó también una estructura decorativa del mismo material pero con función de salida y entrada, como se observa en la fotografía (fotografía 11.1). Además cuenta con iluminación moderna y decorada con metal.



\*Fotografía Propia 11.1

Por ser una iglesia muy moderna con muy buena utilización del vidrio y metal se ha tomado en cuenta para esta tesis se muestra su altar decorado con **laminilla de aluminio** (fotografía 12), y técnica de repujado con motivos orgánicos y religiosos dando una nueva y útil función decorativa del aluminio en la construcción en Guatemala.



\*Fotografía 12

### 3.12 PARROQUIA DE SAN PEDRO, SAN MARCOS



## LOS METALES EN CUALQUIER CONSTRUCCIÓN EN NUESTRO PAÍS



\*Fotografía 12.1

Como se observa, no se utilizó únicamente el aluminio repujado, si no también, la **plata labrada** como altar del Sagrado Corazón de Jesús (Fotografía 12.1) denota belleza religiosa y majestuosa.

En la actualidad la mayoría de construcciones usan los metales de una u otra forma, aunque no sea precisamente ornamental o decorativa. Es un uso más estructural escondido, pues hay edificios que tiene estructuras metálicas ocultas tras cielos falsos o muros de tablayeso o únicamente como refuerzos en cimientos, losas, columnas o vigas en compañía del concreto. Pero en cualquier construcción sencilla se observa el metal en alguna de las aplicaciones decorativas-construccionales que veremos a continuación.

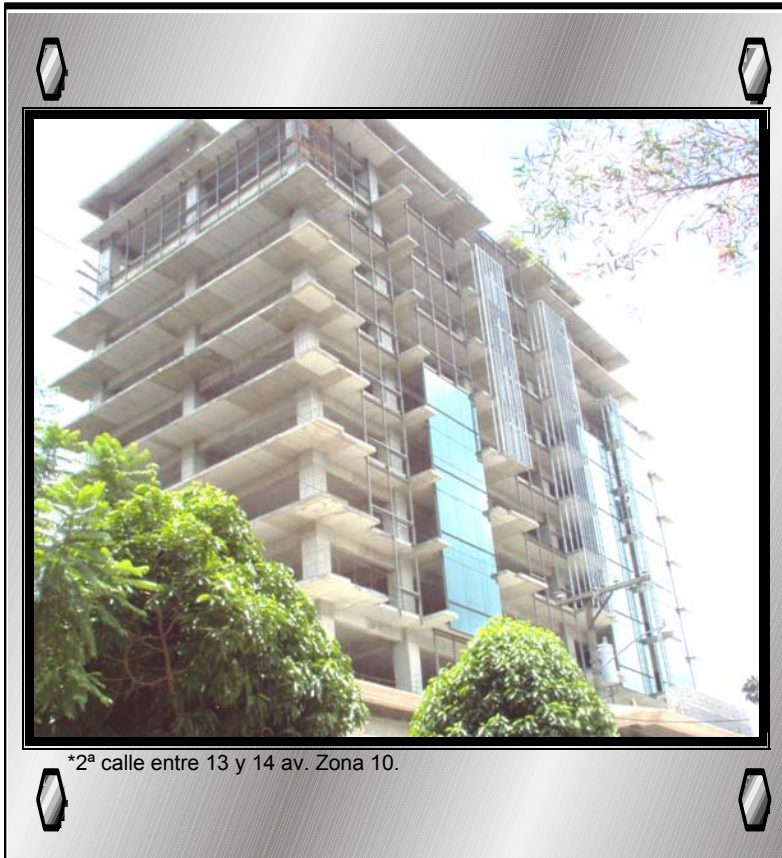
**Ventana de marco de aluminio.** Esta forma de usar el aluminio, es la más común en el medio, por ser funcional además de tener un toque decorativo, también se podría decir que por su valor económico es más accesible para la población.



También el aluminio es muy utilizado en colocación de ventanales de gran magnitud en edificios comerciales o privados, es usado como

### 4. FORMAS MÁS COMUNES DE APLICAR

marco o simplemente un anclaje o base para sostener el vidrio del ventanal:



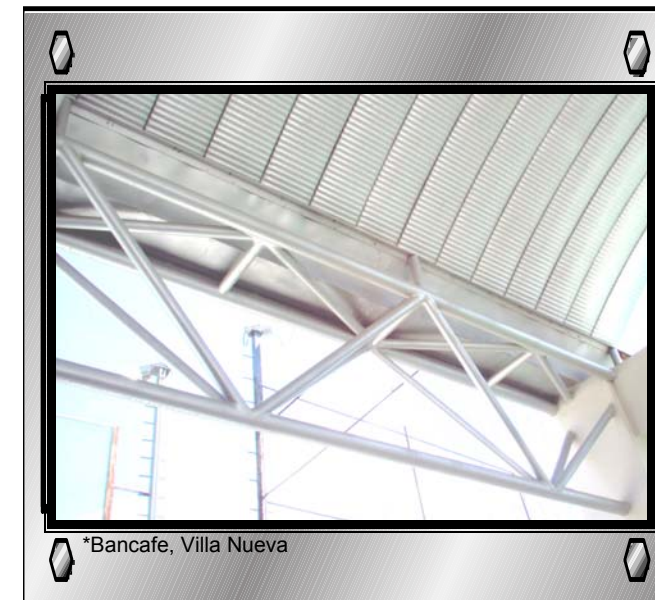
\*2ª calle entre 13 y 14 av. Zona 10.

**Armadura de cielo falso.** El aluminio también es usado como apoyo de planchas de cielo falso, ya sean planchas de polietileno expandido de madera o fibrocemento, pero de cualquier forma éste es decorativo y a la vez funcional, pues es un aluminio estriado a lo largo y de medidas estándares.



Edificio Privado

**Estructura o vigas.** Se está utilizando con frecuencia en el país por su uso como armaduras de construcciones, por ejemplo en techos de estructuras tridimensionales con cubierta de lámina Emco o cualquier otro material de cubierta que existe en nuestro medio también en algunas ocasiones en columnas.



\*Bancafe, Villa Nueva

Otra forma que el aluminio esta siendo usado es para rejillas de seguridad de lámparas fluorescentes o de otro tipo, y que a la vez las decora.



**Balcones de hierro forjado:** Esta forma de aplicar el hierro en la construcción se puede ver hasta en edificios antiguos, pues se viene trabajando desde aproximadamente el siglo XVIII, en nuestro país. Por su funcionalidad, belleza y sobre todo por seguridad es el mas empleado para decorar-protegiendo. Se usa en balcones de ventanas como lo vemos aquí:



O como puerta, como este ejemplo.



También esta otra puerta un poco más detallada y con mejor acabado:



Podemos se observa el uso del hierro en verjas o portones. Unos mas simples que otros pero con el mismo fin, proteger.

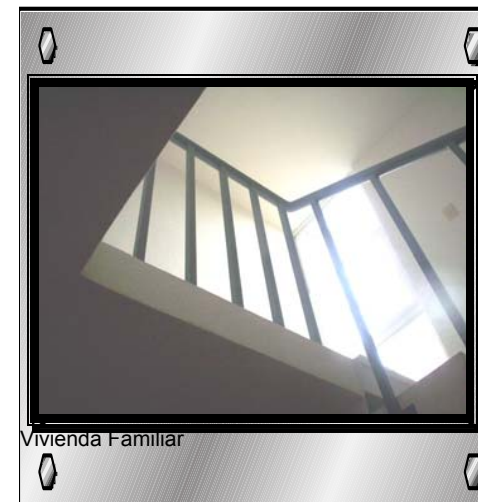


Y como este metal es de los más usados desde la antigüedad se puede apreciar en edificios de patrimonio cultural, como en la siguiente fotografía.



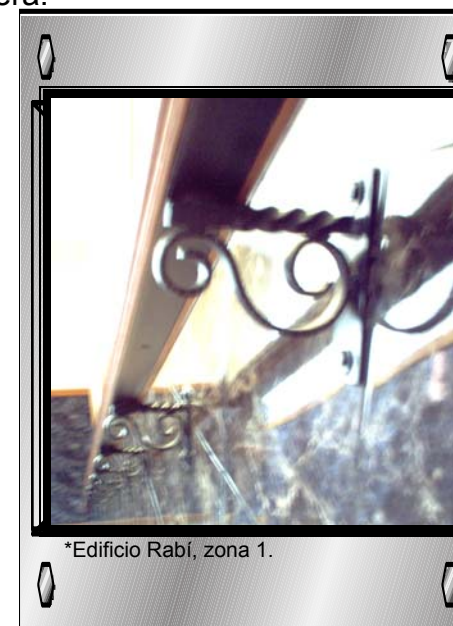
Tribunal Supremo Electoral, antiguo palacio Yurrita, 6a avenida y 2a calle zona 2.

**Barandilla o pasamanos de gradas:** Esta aplicación no es propia del hierro forjado también se pueden hacer con tubos de hierro o acero inoxidable, en la fotografía se observa una barandilla de gradas hecha de tubos de hierro pintada de color gris anticorrosiva:



Vivienda Familiar

Otra forma de pasamanos, que es, anclado por medio de pernos al muro lateral de las gradas y sobre estos un riel de hierro con acabado de madera.



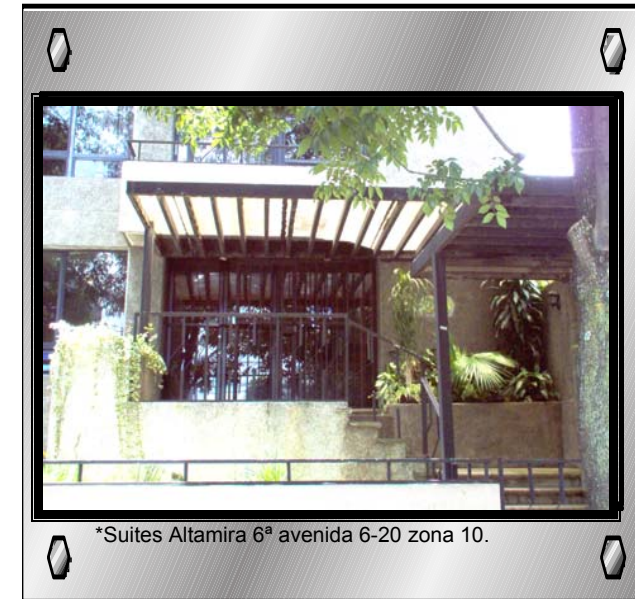
\*Edificio Rabí, zona 1.

En la actualidad se observa también grandes tubos de metal con funciones como la que se ve en la fotografía. Es un paral hecho de acero para semáforo. Está anclado a una base de concreto reforzado con hierro para roscar, tipo perno. Es muy segura y se complementa haciéndole labrados para mejorar su estética.



\*Esquina, 3 av y 5 ta calle de Santa Lucia Cotz, Escuintla.

La forma más común en nuestro país de aplicar el Hierro en las construcciones es armadura tipo voladizo, cubierta ya sea de lámina de cinc, lámina traslucida o policarbonato o cualquier otro tipo de cubierta. Este ejemplo, es una estructura metálica simple con lámina traslucida.



\*Suites Altamira 6ª avenida 6-20 zona 10.

Entre las aleaciones del cobre el **latón** es el más usado en el medio. Por su costo más bajo y belleza particular, se aplica en nuestras construcciones no implicadas directamente con la estructura portante, sino, con los acabados o decoraciones del ambiente. Como se ve en la siguiente fotografía que tiene la función de lámpara y además decora con su forma orgánica y bello brillo, junto con el vidrio labrado. Elementos como este son funcionales-decorativos.



Vivienda Familiar

Como éste existen varias formas unas más elaboradas pero de mayor costo económico. Otras más sencillas como la de esta fotografía. Tienen diferente forma pero siempre con intención funcional-decorativo y con un menor costo y al alcance de la población.



Vivienda Familiar

También se usa el latón en acabados como manijas de puertas o bisagras, como se observa en esta imagen



Vivienda Familiar

Los metales que se ha presentado son los más comunes en el medio guatemalteco ya sea con fines constructivos o decorativos ya sea por su facilidad de adquisición o por su menor costo, además de ser los que mejor se adaptan por sus cualidades puras o aleaciones mejoradas y por ser confiables y seguros.

## 5. EJEMPLOS DE NUEVAS FORMAS DE APLICAR ALGUNOS METALES EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO

Siempre han existido los metales en toda la corteza terrestre, y, desde que se han utilizado en la construcción, existen países que han usado sus aplicaciones en arquitectura con más frecuencia que en Guatemala por esa razón innovan formas y utilidades en beneficio de ellos y de sus necesidades.

A continuación se ejemplifica algunas de las formas en que los metales se utilizan en la arquitectura contemporánea en otros países, para tomar en cuenta las nuevas posibilidades de realizar diseños.

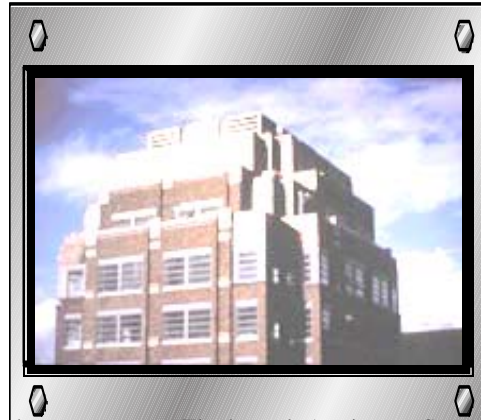
### 5.1 COBRE

- **Revestimiento** de cúpulas, mansardas en edificios comerciales, corporativos, e institucionales: formas planas o curvas, remates, elementos salientes.



Grafica de: [www.arqa.com/El cobre en la Arquitectura Contemporánea](http://www.arqa.com/El_cobre_en_la_Arquitectura_Contemporanea)

• **Revestimientos verticales de fachada:** paneles tipo muro cortina, revestimiento de muros y fachadas interiores.



Grafica de: [www.arqa.com/El cobre en la Arquitectura Contemporánea](http://www.arqa.com/El%20cobre%20en%20la%20Arquitectura%20Contempor%C3%A1nea)

• **Revestimientos de cubiertas de techos y fachadas de viviendas:** formas planas o curvas, remates, elementos salientes.



Grafica de: [www.arqa.com/El cobre en la Arquitectura Contemporánea](http://www.arqa.com/El%20cobre%20en%20la%20Arquitectura%20Contempor%C3%A1nea)

• **Diseño de interiores:** revestimiento interior de techo o pared, puertas, y ornamentación.

Interior de restaurante. **Cypress Club.** San Francisco En un restaurante el uso del revestimiento de cobre le da al restaurante un efecto original con formas geométricas exageradas en el comedor principal.



Grafica de: [www.arqa.com/El cobre en la Arquitectura Contemporánea](http://www.arqa.com/El%20cobre%20en%20la%20Arquitectura%20Contempor%C3%A1nea)

**Banco Nación** en Buenos Aires. El color de la patina final de hecho representa el cobre en su mayor nivel de equilibrio y resistencia a la corrosión. El nivel de equilibrio es diferente según la zona.



Grafica de: [www.arqa.com/El cobre en la Arquitectura Contemporánea](http://www.arqa.com/El%20cobre%20en%20la%20Arquitectura%20Contempor%C3%A1nea)

**Edificio de oficinas Patagonian Fruits Trade:** Año de construcción: 2003  
 Ubicación: Ruta 22 y Primeros Pobladores, General Roca (Río Negro). Los colores que componen el edificio son naturales a sus materiales. Únicamente en los muros principales que organizan la planta es usado un revestimiento semejante al color y textura de la arcilla, predominante en las bardas. El material con el cual esta revestido el techo es de placas de cobre, la instalación de la cubierta fue realizada utilizando máquinas conformadoras y curvadoras de cobre para que las bandejas adopten la morfología propia del edificio.



Grafica de [www.arqa.com](http://www.arqa.com)/El cobre en la Arquitectura Contemporánea



Grafica de [www.arqa.com](http://www.arqa.com)/El cobre en la Arquitectura Contemporánea

La acumulación de oxígeno y azufre se llama **pátina** y es el protector natural del cobre, es un tipo de oxido pero que impide una corrosión posterior.

Como se ve, esta forma de aplicar el cobre en las construcciones no ha sido utilizada en el país, pero al saber que existe podría generar un cambio en algunos diseños, pues este material tiene muy buenas ventajas. Por ejemplo:

- Es durable. Se mantiene indestructible al paso del tiempo, conserva sus condiciones iniciales de calidad. Existen referencias del cobre como material que se ha mantenido en buen estado durante muchos años, los soportes –y no el cobre– son los que fallan en la mayoría de los casos.
- Es resistente a la corrosión. Puede mantenerse en ambientes corrosivos. La resistencia del cobre es legendaria, en agua o en el aire y permite la prestación de servicio por décadas en los ambientes más hostiles. El cobre por su alta resistencia a la corrosión atmosférica permite obtener duraciones demostradas que superan los 100 años aun en ambientes marinos o corrosivos.
- Es estético. Gran belleza en formas y colores.
- Favorece la libertad de diseño para formas irregulares, además de dar un toque particular a cada construcción.
- La pendiente de un techo con cobre puede ser de 2.5 grados comparados con los normales de 40 grados o más de las tejas. Por lo tanto es un material particularmente adecuado para diseños modernos. Esto abre oportunidades de ahorro en el costo general de



la obra, además de lo que resulte por la reducción de la superficie de techo.

- Es muy liviano. El peso de una lámina de 1 m<sup>2</sup> con espesor 1mm es de 8,930 Kg. Los espesores usuales oscilan entre 0.3 y 0.6mm. El cobre pesa, incluyendo el soporte, la mitad que otras alternativas metálicas y sólo una cuarta parte que las cubiertas de material cerámico, generalmente con los consiguientes ahorros en la estructura de soporte y materiales utilizados.
- Su estanqueidad proporciona una impermeabilización total, pues mantiene aislado el concreto o madera del agua.
- Cero mantenimiento. No requiere mantenimiento. Por lo tanto es particularmente adecuado para superficies de acceso difícil o peligroso después de concluida la obra.
- Es resistente a los agentes biológicos. Está comprobado que para aplicaciones en el campo de la edificación industrial con trabajo en presencia de atmósferas agresivas y contaminadas el cobre junto con el acero inoxidable son los materiales más resistentes a la acción de ácidos y detergentes fuertes.
- Es resistente a los esfuerzos mecánicos. El cobre posee una resistencia mecánica suficientemente alta para resistir los esfuerzos del proceso de doblado, engrafado y la manipulación de los obreros. Por otra parte, si se refuerzan las láminas con plegados se obtendrán resistencias entre dos puntos de apoyos con cargas de hasta 450

Kg/m<sup>2</sup>.

- Es resistente al fuego. El cobre por su alta temperatura de fusión 1083°C es resistente al fuego y presentará un retardo importante frente a otros materiales.

- Es ecológico. Es un material natural 100% reciclable.

- Agrega valor a la construcción. El cobre por sí solo representa un capital, ya que al cambiar o remodelar, puede venderse fácilmente, pues no pierde su valor.

Y por si todas estas ventajas fueran pocas, se dice que el cobre es de costo competitivo, su facilidad de instalación y su nula necesidad de mantenimiento lo convierten en un producto de excelente relación calidad-precio, además en un metal que Guatemala puede producir.

## 5.2 ALUMINIO

### ALUCOBOND

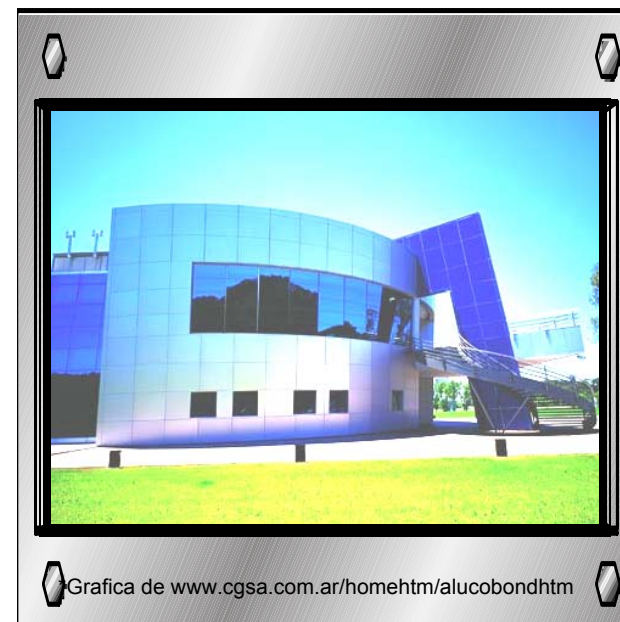
El panel composite ALUCOBOND® se compone de dos láminas de Aluminio A1 Mg 1 y un núcleo central de polietileno. Se trata de un panel caracterizado por su gran planitud, por la posibilidad de sus grandes dimensiones (hasta 8000 mm. de longitud por 1500 mm. de anchura), así como por su capacidad de adaptación a las formas y despieces más diversos, gracias a la posibilidad de fresado del ALUCOBOND® por su cara posterior.



En interiores:



Y también en exteriores:



El aluminio se dice que es el metal del futuro por sus grandes cualidades y múltiples ventajas va evolucionando día con día en todo el mundo y nuestro país no debe ser la excepción. Pues al conocer esta nueva aplicación arquitectónica debemos tratar de ponerla en práctica.

### 5.3 HIERRO Y ACERO

**EL WALT DISNEY CONCERT HALL:** Situado en los Angeles California, EEUU, creado por el Arquitecto Frank Gehry, comenzó a construir en diciembre de 1999, una obra que habrá costado 274 millones de dólares cuando se inaugure, Las llamativas superficies curvas revestidas en paneles de acero inoxidable que configuran el exterior del complejo angelino y su particular orientación son los elementos clave del proyecto mediante el cual Gehry pretende presentar múltiples fachadas. Con este objetivo, el edificio fue diseñado como un conjunto de composiciones esculturales, que envuelven los espacios interiores.



**LAS TORRES GEMELAS:** Aunque es lamentable la forma en que estas fueron destruidas no dejan de sorprender la forma en que fueron creadas, pues era una tecnología muy avanzada, versátil, segura y sobre todo de muy fácil ensamble. Ubicadas en la ciudad de Nueva York, EEUU, con 417 mts. de altura, construida la primera en 1972 y la segunda en 1973, creadas en piezas de Acero no eran de columnas tradicionales sino únicamente contaba con una central y la del contorno del edificio, eran planchas que se iban armando traslapadas y entrepisos de estructura metálica anclada a la estructura portante con una pequeña fundición de concreto, las planchas de acero eran de por si un buen ejemplo de armadura decorativas-constructivas.



## 5.4 TITANIO

**Museo Guggenheim, Bilbao:** Diseñado por el arquitecto estadounidense Frank Gehry, utiliza el acero para la creación de sus formas, lógicamente por la libertad que este material permite, aquí no se enseña la estructura pues esta está detrás de los paneles de titanio, de 0.65mts x 1.15mts. y un espesor de 0.38mms.



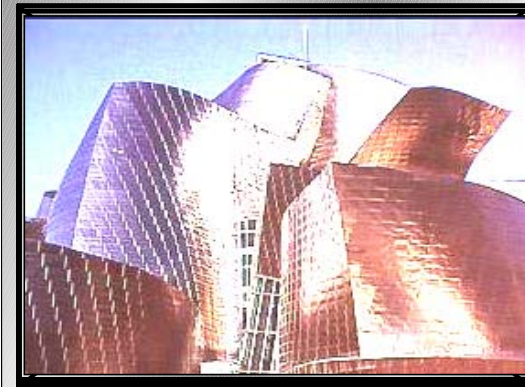
\*Grafica de [www.miliarium.com/monografiaa/torresgemelas/torresgemelas.htm](http://www.miliarium.com/monografiaa/torresgemelas/torresgemelas.htm).



\*Grafica de [www.miliarium.com/monografiaa/torresgemelas/torresgemelas.htm](http://www.miliarium.com/monografiaa/torresgemelas/torresgemelas.htm).



[www.guggenheim-bilbao.es/caste/información](http://www.guggenheim-bilbao.es/caste/información)



[www.guggenheim-bilbao.es/caste/información](http://www.guggenheim-bilbao.es/caste/información)

6.

## CONCLUSIONES

De lo descrito y estudiado anteriormente se pueden considerar dos incisos para los aspectos que más se marcan en el avance de la tecnología del metal en nuestro país.

### DE LA EFICIENCIA DEL METAL

- Por lo investigado se pudo deducir que los metales que más se usan en estructuras portantes en las construcciones, son el acero y el hierro y en la decoración el hierro forjado, usado también como protección.
- La construcción con estructuras metálicas son muy funcionales, por sus cualidades mecánicas y permiten diferentes diseños y mayor amplitud en los ambientes.
- Con esta investigación se pudo conocer las propiedades de cada uno de los metales y prever su funcionalidad en la construcción. Además ayuda a elegir el metal adecuado para realizar un diseño específico.
- En la actualidad se ha comprobado la eficiencia de los metales en la construcción por lo que cada día son mas utilizados por su funcionalidad y presentación.
- El Avance de nuevas técnicas en la utilización de los metales en el país es un poco lento, debido al tradicionalismo de sus diferentes culturas.

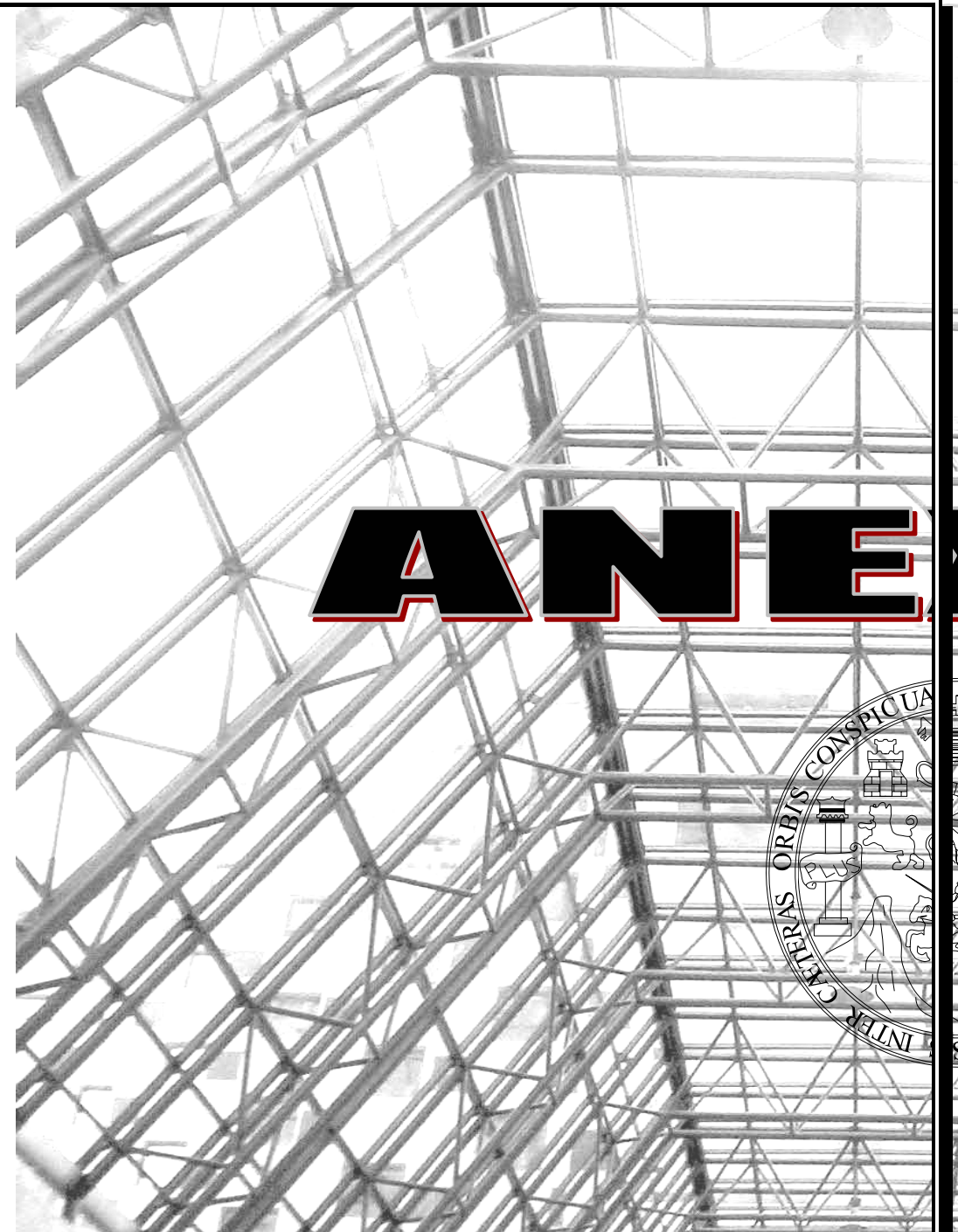
## RECOMENDACIONES

- Seguir innovando el uso de estos metales por medio de la utilización constante.
- Tomar en cuenta las cualidades mecánicas de los metales para dar la mejor funcionalidad, con un estudio profundo de las cualidades descritas y pruebas de laboratorio de las que se tenga dudas.
- Siempre debe existir una investigación, científica, análoga y de campo, antes de hacer cualquier construcción, para optar por la mejor tecnología constructiva y que nuestra obra tenga la mejor funcionalidad.
- Se debe tomar en cuenta las características naturales de los metales las que podrían brindar las diferentes aleaciones, elaboradas en laboratorios de ingeniería y experimentadas con anterioridad.
- La decoración de interiores con metales debe ser impulsada por medio de información y sugerencias directas del diseñador para innovar sistemas constructivos que se adapten a los tradicionales.

## DE LOS METALES USADOS EN CONSTRUCCIÓN,<sup>147</sup> DECORACIÓN Y ORNAMENTO

- El cobre puro es poco usado en decoraciones en el medio, a pesar, de que Guatemala tiene producción directa de este metal, sin embargo, sus aleaciones, bronce y latón, son muy usados para decorar interiores y ornamentación siendo el latón, es el de menor costo.
- De los metales nobles el oro y la plata son usados en decoraciones privilegiadas o de santidad, por su maleabilidad. La plata es la menos explotada en su totalidad, aunque es más accesible económicamente.
- Los metales como el Níquel, plomo, cinc, y estaño tiene poca participación directa en las construcciones, y son más usados como elemento de aleación para mejorar características específicas de los otros metales que si son más usados en la construcción, cabe aclarar que hay otros metales de aleación aparte de estos.
- El cobre, el aluminio y el acero se están tomando auge en el mundo moderno de la arquitectura y la tecnología de la construcción con metales y prometen ser los materiales del futuro en todo el mundo, por sus múltiples cualidades.
- El aluminio en la actualidad, en el país está predominando sobre todos los demás metales en la decoración, no solo por su aptitud para este trabajo si no por su bajo costo y mejor accesibilidad económica.

- Se deben aprovechar las aleaciones del cobre en la decoración y ornamentación, aplicándolas en paredes y techos, ya que representan belleza y bajo costo.
- Utilizar estos metales solo en detalles muy especiales.
- Estudiar a profundidad sus características, físicas, químicas y mecánicas en un laboratorio de ingeniería y experimentar con cargas, fuerzas mecánicas y ambientes físicos climáticos para poder darles el uso y funcionalidad adecuados.
- Analizar las características de estos metales tomando en cuenta el clima, los espacios diseñados, los vientos y la sismología del lugar a construir.
- Aprovechar este metal en diferentes diseños en la construcción, decoración y ornamento aplicándolo y experimentando nuevas formas de uso en la obra.



## 1. TERMINOS QUE DEFINEN ALGUNOS CONCEPTOS LIGADOS CON LOS METALES

**ESTRUCTURA:** Conjunto estable de elementos estructurales proyectados, calculados y construidos para funcionar unitariamente en el sostenimiento y la transmisión de las cargas al terreno, en condiciones de seguridad y sin sobrepasarlos esfuerzos admisibles en sus miembros.

**CABLE:** Elemento estructural flexible, como un alambre de acero o una cadena metálica que trabaja a tracción pura, es decir, que no presenta resistencia a compresión o flexión.

**FLECHA:** Distancia vertical desde los apoyos al punto más bajo de una estructura de cable. Al aumentar la flecha de un cable, disminuyen las fuerzas internas desarrolladas en el mismo.

**CURVA FUNICULAR:** Forma curva adoptada por un cable que se deforma libremente ante la acción directa de una carga distribuida uniformemente.

**ESTRUCTURA LENTICULAR:** Estructura en forma de lente en la que los empujes de un arco hacia el exterior se contrarrestan con las tensiones de un cable hacia el interior, dando resultantes horizontales nulas en los apoyos.

**ESTRUCTURA SUSPENDIDA:** Estructura de cables suspendida y pretensada entre miembros a compresión, para soportar directamente las cargas aplicadas.

**PUENTE COLGANTE:** Puente cuya plataforma está suspendida en el aire de dos grandes cables que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres y ancladas en sus extremos.



**CABLE FIADOR:** En una estructura suspendida o en una estructura atirantada de cables, cable cuya misión es absorber la componente horizontal del empuje y transmitir la fuerza al cimientó.

**ESTRUCTURA DE DOBLE CABLE:** Estructura suspendida dotada de dos juegos de cables, superior e inferior, de curvaturas diferentes, pretensados mediante tirantes o riostras a compresión, para mejorar la rigidez del sistema y la resistencia a las oscilaciones.

**ESTRUCTURA ATIRANTADA DE CABLES:** Estructura dotada de mástiles verticales o inclinados, de los que parten unos cables organizados paralela o radialmente para sostener los miembros horizontales.

**LINGOTE:** Masa de metal en bruto moldeada según una forma conveniente para el almacenamiento o el transporte, antes de ser sometida a posteriores procesos.

**DESBASTE:** Producto intermedio, o lingote bruto prelamado, obtenido durante el laminado del acero, su sección trasversal es cuadrada o casi y de área  $>230\text{cm}^2$ . (36 pulgadas<sup>2</sup>.)

**LAMINADOR DE DESBASTE:** Tren de laminado, convierte lingotes en tochos.

**TOCHO:** Producto intermedio o lingote bruto prelamado, obtenido durante el laminado del acero, se diferencia del desbaste en su menor sección trasversal.

**LAMINAR EN CALIENTE:** Laminar metal a una temperatura suficientemente alta (entre 950 y 1150 °C.) Como para permitir la recristalización.

**ACABADO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE:** Acabado oscuro, oxidado relativamente áspero, obtenido al laminar un metal en caliente.

**CASCARILLA:** Oxido en forma de escama que se produce en la superficie de las piezas metálicas cuando se tratan a temperatura elevada en contacto con el aire.

**COSTRA DE LAMINADO:** Capa suelta de oxido de hierro que se forma sobre el hierro o el acero durante el proceso de laminado en caliente. La costra de laminado aumenta la ligazón entre el hierro y el hormigón en el hormigón armado o el acero estructural embebido en hormigón para protegerlo del fuego.

**TRATAMIENTO TÉRMICO:** Proceso controlado de calentamiento y enfriamiento de un metal para conferirle ciertas propiedades, físicas o mecánicas interesantes.

**REVENIDO:** Acción de eliminar la tensión interna de un metal o vidrio, calentándolo primeramente a una temperatura inferior, a la de recristalización, y enfriándolo después gradualmente en un líquido o en el aire, especialmente para disminuir a fragilidad, y aumentar la ductibilidad del material.

**TEMPLAR EN AGUA:** enfriar rápidamente un metal caliente por inmersión en agua, especialmente para aumentar su dureza.

**TEMPLAR:** Dar a un metal, vidrio u otro material el punto de dureza y elasticidad que requieren, recalentándolos a una temperatura inferior y dejándolos enfriar lentamente después.

**CEMENTAR:** Endurecer la superficie exterior de una aleación de base ferrosa mediante un tratamiento de carburación y calentamiento, dejando el interior tenaz y dúctil. Sinónimo: Fundir en Coquilla.

**FUNDICIÓN A PRESIÓN:** Consiste en forzar el paso de metal fundido a un molde metálico, bajo presión hidráulica, para obtener una pieza de forma particular. Sinónimo: Troquelado.

**FORJAR:** Dar forma al metal calentado al rojo, mediante martillos o prensas.

**LAMINAR EN FRIO:** Laminar un metal a una temperatura inferior a la de recristalización para aumentar su resistencia a tracción o mejorar su acabado superficial.

**ACABADO DE LAMINACIÓN EN FRIO:** Acabado superficial estriado que resulta de la laminación en frío o de la extrusión.

**EXTRUSIÓN:** Proceso de prensado para dar al metal o plástico la forma deseada. Para ello, se fuerza el paso del metal o plástico a través de una matriz adecuada, mediante el empuje de un émbolo o estampa.

**ACABADO POR ESTIRADO:** Acabado suave y brillante producido por el estirado de un metal a través de una hilera.

**HILERA:** Bloque de acero que tiene unos agujeros cónicos a través de los cuales se estira el metal o plástico para darle forma.

**ACERO INTEMPERIZADO:** Acero hipoaleado de gran resistencia que, al ser expuesto a la lluvia o a la humedad, desarrolla una capa de óxido que se adhiere firmemente al elemento metálico principal, y lo protege de la corrosión posterior.

Las estructuras que usan acero intemperizado deberán ser estudiadas de tal manera que las pequeñas cantidades de óxido que pueda arrastrar el agua de lluvia no manchen a los materiales vecinos.

**COQUE:** Residuo sólido de carbón obtenido de la destilación de la Hulla. Se emplea como combustible.

**BENEFICIAR:** Fundir el mineral para separar sus componentes metálicos. Sinónimo: Fundir.

**METAL NOBLE:** Metal, como el oro, la plata o el mercurio, muy resistente a la oxidación atmosférica y a los ácidos.

**CHAPADO:** Proceso o producto de recubrir un metal con otro, generalmente para proteger al primero de alguna forma de corrosión, como por ejemplo, la oxidación.

**BAÑO DESOXIDANTE:** Solución ácida u otra solución química en la cual se sumerge un objeto metálico para quitarle la capa de óxido u otras sustancias que tenga adheridas.

**ANODIZAR:** Cubrir un metal, especialmente el aluminio o el magnesio, con una película dura, no corrosiva, mediante acción electrolítica o química.

**CROMAR:** cubrir o placar una superficie metálica con un compuesto del cromo.

**GALVANIZAR:** revestir un metal de cinc, especialmente el hierro o el acero, sumergiéndolo en un baño de cinc fundido. Para producir una película protectora de una aleación de hierro y cinc.

**GALVANIZAR POR INMERSION EN BAÑO CALIENTE:** Revestir un metal ferroso de una capa protectora, sumergiéndolo en un baño de cinc fundido.

**HIERRO GALVANIZADO:** Hierro revestido de cinc para evitar la herrumbre.

**HOJALATA:** Lamina de hierro o acero estañada por las dos caras para protegerla contra la oxidación.

**CORROSIÓN:** Fenómeno de deterioro gradual de un metal por la acción química, como al exponerlo a la intemperie, humedad u otros agentes corrosivos.

**CORROSIÓN GALVANICA:** Acción corrosiva acelerada que tiene lugar al poner en contacto dos metales diferentes en presencia de un electrodo.

**ELECTROCHAPEADO:** Proceso de chapeado por electrólisis con un revestimiento metálico adherente, generalmente para aumentar la dureza, incrementar la durabilidad o mejorar el aspecto del metal de base.

**TUBO ESTRUCTURAL:** Tubo hueco de acero estructural, de sección cuadrada rectangular o circular. Se suelen designar por las medidas de los lados según el espesor, todo ello en mm.

**CHAPA:** Hoja o pieza de metal delgada, plana en especial la de espesor uniforme. Si tiene perforaciones regularmente distribuidas, se llama Chapa Perforada o Chapa Foraminada; Aplicaciones similares a la Chapa de Metal Estirado.

**CHAPA REPUJADA:** Chapa de acero o fundición que tiene un dibujo en relieve en forma de cuadritos, rombos, puntas de diamante o similar.

**PALASTRO:** Lamina metálica delgada, utilizada en la fabricación de conductos, cubrejuntas o chapas de cubierta.

**CHAPA ONDULADA:** Chapa metálica estirada de espesor uniforme ondulada o nervada longitudinalmente por deformación en frío

**CHAPA DE METAL ESTIRADO:** Chapa de metal ranurada y estirada, que forma una rejilla o celosía rígida abierta, se usa para rejas, emparrillados, pasarelas, rejillas de sumideros, cerramientos, escaleras metálicas, filtros, etc.

**CHAPA NEGRA:** Chapa de acero laminada en frío, antes del decapaje o limpieza; Se emplea para revestir con cinc, estaño o una aleación de estaño y plomo.

**CABLE METÁLICO:** Cable grueso formado por varios alambres retorcidos en espiral, alrededor de un núcleo central.

**BARRA:** Pieza larga de metal macizo, especialmente aquella cuya sección transversal tiene forma cuadrada, rectangular, circular u otra forma simple.

**VIGA DE ACERO:** esta viga consiste en un perfil prefabricado de acero, o viga formada uniendo varias chapas y/o perfiles de acero.

**VIGA DE ACERO DE ALMA LLENA:** Viga de acero con el alma aligerada que se emplea para economizar acero cuando la flexión predomina sobre el esfuerzo cortante, es decir, cuando se trata de luces grandes y cargas moderadas. Existen varios tipos, entre ellos, la obtenida de un perfil normal cortado y vuelto a soldar (viga alveolada), formado por la unión de cuatro perfiles y un redondo o pletina dispuesto en zigzag que se suelda alternativamente a la superior e inferior. También: Viga de Celosía.

**VIGA DE ALMA LLENA:** Viga de acero compuesta de planchas o platabandas remachadas o soldadas entre si. También Llamada: Viga Compuesta.

**VIGA DE ALMA DOBLE:** Viga de chapas y perfiles de acero, que tiene una sección rectangular hueca. También: Viga de Caja o Viga Tubular.

**VIGA ALVEOLADA:** Viga de acero compuesta, de alma aligerada, obtenida cortando longitudinalmente en alma en zigzag, y soldando después las dos mitades por los “picos”, con lo que se incrementa el canto de la viga sin aumentar su peso.

**PLACA DE CABEZA:** Chapa de acero fijada sobre un pilar para proporcionar una superficie de apoyo a una viga o jácena transversal.

**CHAPA DE RELLENO:** Chapa o calzo de acero utilizado para empalmar dos pilares de acero de distinto grosor de ala.

**CHAPA DE UNIÓN:** En un empalme de dos soportes de acero, platabanda de acero que une las alas de los dos perfiles que lo constituyen. Las superficies horizontales de contacto deben haber sido fresadas para que el apoyo sea total. Para evitar interferencias con los nudos de vigas o jácenas los empalmes suelen hacerse a una altura de unos 0.60 a 0.90 m (de 2 a 3 pies) por encima del suelo.

**BASE DE PILAR:** Placa horizontal de acero que proporciona una superficie de apoyo a un soporte empalmado a otro inferior de mayor sección.

**PLACA DE ASIENTO:** Placa de acero destinada a transmitir y distribuir la carga de un soporte al material de cimentación. Sinónimo: Placa de Base.

**PROCESO BAYER:** Proceso que se empela generalmente para refinar la alúmina de la bauxita.

**PÁTINA:** Capa delgada de color verdoso que se forma por oxidación sobre la superficie de los metales, particularmente del bronce antiguo y el cobre, y a menudo apreciadas por su valor ornamental.

**ALÚMINA:** Oxido de aluminio, natural o sintético, empleado en la fabricación de aluminio, en la de piezas cerámicas y para aislamientos eléctricos.

**BRONCE DE SILICIO:** Aleación compuesta por el 97% de cobre y el 3% de silicio.

**BRONCE DE ORO:** Aleación compuesta por el 90% de cobre, el 5% de cinc, el 3% de plomo y el 2% de estaño.

**BRONCE FOSFOROSO:** Aleación dura, resistente ala corrosión, compuesta por un 80% de cobre, 10% de estaño, 9% de antimonio y 1% de fósforo.

**BRONCE DE ALUMINIO:** Cada una de las diversas aleaciones con un alto contenido de cobre, el 5-11% de aluminio y cantidades variables de hierro, níquel y manganeso.

**BRONCE COMERCIAL:** Aleación cuyo contenido aproximado es el 90% de cobre y el 10% de cinc.

**LATÓN ROJO:** Aleación de cobre y cinc que contiene el 77-86% de cobre.

**LATÓN DE ALUMINIO:** aleación con un contenido aproximado del 75% de cobre, 2% de aluminio, pequeñas cantidades de otros elementos y el resto de cinc.

**LATÓN ORDINARIO:** Latón con un contenido aproximado del 65% de cobre y el 35% de cinc.

**BRONCE ARQUITECTONICO:** Aleación de latón, impropriadamente llamada “Bronce” con un contenido aproximado del 57% de cobre, 40% de cinc, 2.75% de plomo y 0.25% de estaño.

**LATÓN DE FORJA:** aleación con un contenido aproximado del 55 al 61% de cobre y el 39 a 45% de cinc.

**ALEACIÓN TERMOTRATADA:** Aleación de aluminio tratada térmicamente para aumentar la resistencia.

**ALEACIÓN NO TERMOTRATADA:** Aleación de aluminio capaz de aumentar su resistencia trabajándola en frío.

**METAL EMPLOMADO:** Aleación que contiene aproximadamente el 80% de plomo y el 20% de estaño, utilizada en revestimiento de chapas.

**CHAPA EMPLOMADA:** Chapa de acero revestida con metal emplomado, utilizada como material de cubierta.

**CONECTOR CORRUGADO:** Conector consiste en una pieza de plancha corrugada de acero con un borde afilado ondulado, empleado para unir dos piezas.

**PLACA DENTADA:** Plancha metálica punzonada para crear una retícula espesa de dientes salientes, utilizada como chapa de unión en la fabricación de serchas ligeras de madera.

**CONECTADOR DE PUNTAS:** Retícula plana o curva de puntas para unir maderas pesadas, fijada mediante un perno, La unión resultante es resistente al aflojamiento por vibración, impacto y cargas reversibles.

## 2. GUIA DE ENTREVISTA USADA

### COMENTARIO DE ARQUITECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON METALES EN LA ACTUALIDAD EN GUATEMALA.

A CONTINUACIÓN SE LE PLANTEARAN UNA SERIE DE PREGUNTAS DIRECTAS Y QUE RESPONDERÁ DE ACUERDO A LA EXPERIENCIA LABORAL Y PROFESIONAL QUE HA OBTENIDO A LO LARGO DE SU VIDA COMO ARQUITECTO EN LA CONSTRUCCIÓN CON METALES.

**I: En esta primera parte responda si o no a las preguntas.**

1.- ¿Ha empleado de una u otra forma los metales en sus construcciones?:

2.- ¿Es difícil encontrar en Guatemala Diferentes tipos de metales en el mercado?:

3.- ¿Ha experimentado si la construcción con metales es más económica que el concreto reforzado?:

**II: Dé su comentario Profesional a las siguientes preguntas escriba su comentario en la hoja adjunta.**

1.- ¿Que opinión le merece la aplicación de los metales en la construcción actual en Guatemala?.

2.- ¿A su criterio que metales son los más comunes en la construcción en Guatemala?.

3.- ¿Cuales, a su criterio, son los metales con mayor belleza y versatilidad para decorar interiores?:

4.- ¿Qué metales considera usted con mayor demanda para ser utilizados como ornamento exterior en la construcción?

5.- ¿En que elementos constructivos a observado usted la aplicación de los metales en la construcción en Guatemala?.

6.- ¿Ha aplicado los metales como ornamento o decoración en sus construcciones?. Describa como.

7.- ¿Cual es la forma menos común que usted a observado la aplicación de un metal en la construcción en Guatemala?.

8.- ¿Qué características particulares podría mencionar sobre la construcción en Guatemala con Metales?.

### 3.



**Alabastro:** Nombre dado a dos minerales diferentes.

**Alcabala:** Tributo que pagaba el forastero por los géneros que vendía.

**Álcali:** Hidróxido metálico muy soluble en el agua, que se comporta como una base fuerte.

**Almádena:** Mazo de hierro con mango largo, para romper piedras.

**Amalgama:** aleación en la que uno de los componentes es el mercurio. La mayoría de los metales, excepto el hierro y el platino, forman amalgamas que pueden ser líquidas o sólidas.

**Argentífera:** Que contiene plata.

**Asa:** Parte que sobresale del cuerpo de una vasija, de una cesta, de una bandeja, etc., generalmente de forma curva o de anillo, y sirve para asir el objeto a que pertenece.

**Avatar:** Fase, Cambio, Vicisitud.

**Catalizador:** Sustancia que altera la velocidad de una reacción química sin sufrir en sí ningún cambio químico.

**Cáucaso:** Cordillera que se extiende por Georgia, Armenia, Azerbaiyán y suroeste de Rusia, considerada la frontera natural entre Europa y Asia.

**Cermets:** Los cermets son aleaciones de alta resistencia al calor que se obtienen mediante mezcla, prensado y cocción de óxidos y carburos con metales en polvo.

**Coloide:** Suspensión de partículas diminutas de una sustancia, llamada fase dispersada, en otra fase, llamada fase continua, o medio de dispersión.

**Corrosión:** Desgaste total o parcial que disuelve o ablanda cualquier sustancia por reacción química o electroquímica con el medio ambiente.

**Criba:** Cuero ordenadamente agujereado y fijo en un aro de madera, que sirve para cribar. También se fabrica de plancha metálica con agujeros, o con red de malla de alambre.

**Cribar:** Pasar una semilla, un mineral u otra materia por la criba para separar las partes menudas de las gruesas.

**Criogenia:** Estudio de los procesos que se producen a temperaturas extremadamente bajas.

**Cuenco:** Recipiente no muy grande de barro u otra materia, hondo y ancho, y sin borde o labio.

**Diseminar:** Esparcir

**Electrólito:** Sustancia que se somete a la electrolisis. Es un elemento relativamente estable, insoluble en agua y ácido clorhídrico, pero soluble en ácido nítrico y en agua regia.

**Haz:** Conjunto de partículas o rayos luminosos de un mismo origen, que se propagan sin dispersión.

**Insuflar:** Introducir en un órgano o en una cavidad un gas, un líquido o una sustancia pulverizada.

**Invar:** Aleación de hierro y níquel que, por su escaso coeficiente de dilatación, se emplea para instrumentos de medida y aparatos de precisión.

**Ion:** partícula que se forma cuando un átomo neutro o un grupo de átomos ganan o pierden uno o más electrones.

**Mena:** Mineral a partir del cual se extrae un metal, tal como se encuentra en el yacimiento.

**Monel:** aleación de metales menos preciosos.

**Obsidiana:** Roca volcánica vítrea formada a partir de lava enfriada y solidificada.

**Onza Troy:** Unidad para medir la masa del Oro.

**Raer:** Raspar una superficie quitando pelos, sustancias adheridas, pintura, etc., con un instrumento áspero o cortante.

**Sílex:** variedad granulada impura de cuarzo. La piedra es similar al pedernal pero más frágil. Normalmente es gris, blanco, amarillo o castaño.

**Suntuario:** Perteneiente o relativo al lujo.

**Teluro:** Teluro (del latín tellus, 'tierra'), de símbolo Te, es un elemento semimetálico, frágil, de color blanco plateado.

Utillaje: Conjunto de útiles necesarios para una industria.

## **UTILIZACIÓN DE LOS METALES EN LA CONSTRUCCIÓN EN GUATEMALA ENFOCADO EN LO ORNAMENTAL Y DECORATIVO CONSTRUCTIVO**

Este tema es importante, pues aporta conocimiento de los alumnos de la Facultad de arquitectura, docentes y toda persona dentro del campo de la construcción en el país, pues aunque, se tenga noción de que son los metales, no se conocen particularidades para usarlos en obras arquitectónicas. Existe muy poco material de apoyo en la biblioteca, que despeje dudas e inquietudes sobre este tema. Por eso que se tomó la decisión de investigar y reunir toda la información posible sobre los metales, usos más frecuentes, forma de obtenerlos, aleaciones que pueden brindar mejores características para la construcción, nuevas formas de usos en el mundo, etc.

Se plantean dos objetivos principales:

- ❖ Brindar información y conocimiento acerca de los metales más utilizados en la construcción decoración-ornamento, para tenerlos presente al momento de diseñar. Es un apoyo didáctico e informativo para la Facultad de Arquitectura.
- ❖ Despertar el interés hacia la investigación profunda, para la innovación de técnicas de utilización de los diferentes metales en nuestro medio actual.



Objetivos específicos

❖ **Conocer la historia de los metales desde la época paleolítica hasta nuestros días**

Este objetivo se pudo cumplir en el capítulo número I, el cual trata de la época del **Paleolítico** hace 30,000 años a.c., ya que fue en este tiempo que, por existir mucho espacios de ocio, los habitantes se dieron cuenta de que sobre la superficie terrestre existían los minerales de los metales. Pero fue en la **Edad de Bronce** en el año 4,500 a.c. Cuando fue utilizado para objetos decorativos luego los utilizaron para hacer sus armas y herramientas pues se dieron cuenta de que eran materiales duros y fáciles de trabajar. Fueron sustituidos en la **Edad de Hierro** por sus cualidades de mayor dureza y más durabilidad. Además tenía una ventaja sobre el bronce, que los minerales para extraer el hierro eran más abundantes y por lo tanto más económicos, además no necesitaba aleación alguna.

Más adelante se utilizó en otras aplicaciones, como por ejemplo en el año 1325 a.c. en la máscara funeraria encontrada en la tumba del faraón Tut Anj Amón hecha de oro puro, o en Las Puertas del Paraíso del Baptisterio de Florencia en el año de 1424 que son de Bronce Dorado y escultura en altorrelieve de escenas bíblicas. El cobre puro se añadía en pequeñas proporciones al Oro y a la Plata como elemento endurecedor.

Para completar este primer objetivo en este capítulo también se tiene una pequeña reseña histórica acerca de los metales en Guatemala la forma en que se extraía el metal de los minerales, en que lugares existían afloramientos de metal en nuestro país, y en que lugares existen aun minas de metales en Guatemala, esto desde la minería prehispánica asta la época actual.

❖ **Conocer el procedimiento de cómo obtener los metales puros y aleados**

Contenido en la parte final del capítulo número I, se encuentra la forma de extraer algunos metales en el país. Se explica con palabras, graficas y fotografías, por ejemplo la forma de obtenerlo por medio de la chatarra, investigado en siderurgica de Guatemala y Aceros de Guatemala, y la extracción del oro y plata en San Marcos. Para complementar este objetivo también en el capítulo III, se explican algunas formas de obtener los metales puros en otros países del mundo, y que son similares a las formas de obtención del metal en Guatemala. Además, en el capítulo número II, se tiene referencia de algunas aleaciones de metales, y se mencionan sus cualidades modificadas, para que nosotros podamos aplicarlas a nuestra obra.

❖ **Fortalecer el conocimiento de los diferentes comportamientos de los metales para el uso constructivo, decorativo y ornamental**

En el capítulo II, se describen todas cualidades y propiedades de los metales en general. Por ejemplo se aporta un concepto de metales, son cualquier cuerpo simple sólido a temperaturas ordinaria, a excepción del mercurio que es líquido, y suelen ser buenos conductores de la electricidad, además de tener, elevada resistencia metálica, brillo denominado metálico, elevada conductibilidad eléctrica y calorífica, opacidad, ductibilidad y maleabilidad, el color es en su mayoría grisáceo, aunque otros presentan otro color como el oro que es amarillo, el cobre es rojizo, o el bismuto que es rosáceo. Existen también no metales, se explica la diferencia entre ellos. También se describen sus propiedades químicas, mecánicas, etc. Se conocen las aplicaciones y forma de trabajar el metal más común antiguamente y actualmente, en el aspecto general y decorativo-constructivo.

❖ **Ampliar los conocimientos acerca de los metales con respecto a propiedades, aplicaciones, funcionalidad y nuevas técnicas de uso**

Este objetivo se ve cumplido en el capítulo III, pues en éste se describe uno a uno los metales más usados en la construcción, directa o indirectamente. Por ejemplos los metales de aleación, se tienen ejemplos de la forma que se han venido usando desde hace tiempo en otros países y en Guatemala, como en el Palacio de Cristal que es de 1851, es una estructura ligera de Hierro Colado y cerramiento de cristal. El Templo Dorado de 1604, en la india, que era un lugar de cultos y esta hecho principalmente en mármol, cobre y una capa de oro. También en el almacén Carson, Priere & Scout, de Chicago, EE.UU. de 1889, creado por Luis Sullivan con una decoración Art-Nouveau hecho en hierro colado. El Centro de Información Pompidou de 1971-1977, creado en acero y vidrio principalmente es una de las primeras obras del High-tech, con circulación vertical en voladizo también hecha con acero y vidrio, y muchos otros ejemplos del uso de los diferentes metales en la construcción. Para complementar este objetivo se tomaron ejemplos de otras formas nuevas de usar el metal en las construcciones como por ejemplo en el Banco Nación de Argentina, cuya fachada tiene un recubrimiento de cobre, o las nuevas planchas de aluminio, Alucobond (marca registrada), que son dos planchas planas de aluminio con un centro de polietileno, lo cual las hace frescas, además se pueden adaptar a superficies curvas.

❖ **Demostrar las cualidades de los metales, para que con esta información, se puedan despertar inquietudes y nuevos diseños del uso del Metal**

Cuando se dice demostrar es porque en el capítulo IV se encuentra una entrevista a arquitectos profesionales. Se pudo constatar algunas particularidades de la construcción en Guatemala como que el trabajar con metales reduce costos en tiempo y mano de obra, o que los metales más usados en la

construcción con fines decorativos es el acero inoxidable, el hierro forjado y el aluminio. Otras conclusiones son presentadas en este capítulo, además, en este mismo capítulo se tienen ejemplos, por medio de fotografías, del uso actual del metal en la construcción en la Capital de Guatemala y en el departamento de Quetzaltenango. Se escogieron estos dos lugares pues es donde más se aplica el metal a las construcciones y por lo tanto donde se van ideando nuevas formas de usarlos.

❖ **Investigar las nuevas tendencias de aplicaciones de los metales ya no solo en armaduras y refuerzos sino que también en la decoración de fachadas e interiores de ambientes**

En la parte final del capítulo IV, se recopilaron algunos ejemplos más importantes de las nuevas formas en que los metales están siendo usados en las construcciones en otros países. Por ejemplo, planchas forros, muros, revestimientos interiores, etc. Por ejemplo, el auditorium de concierto de Walt Disney, en Los Angeles California, que es una obra del arquitecto Frank Ghery iniciada en 1999, son superficies curvas revestidas de paneles de acero. También hay una fotografía del interior de Restaurante Cipres club de San Francisco, EE.UU. cuyo comedor tiene figuras geométricas revestidas con una capa de cobre, dando al lugar un ambiente elegante y muy bello.

❖ **Recopilar e ilustrar la información por medio de visitas de campo en la Ciudad Capital y Quetzaltenango**

Se acudió a los diferentes lugares para tomar fotografías de los detalles decorativos-constructivos más relevantes de la construcción, plasmándolos en el capítulo número IV de esta tesis, y poder apreciar lo que se ha construido en el país. Se puede verificar que ya se empezaron a hacer estructuras diferentes y que cumplen la función de muros y techos, como lo es el Edificio

Atlantis de la zona 10 capitalina, con la ayuda de otros materiales de construcción, como el vidrio.

Además al final, entre los anexos, se adjunta una guía de lo que existe en la Tecnología Guatemalteca y con lo que se cuenta para realizar construcciones con elementos nacionales, sin dejar cerrada la posibilidad de traer de otro país con otras tecnologías lo que se necesite para una construcción especial.

ELEMENTOS METALICOS DECORATIVOS-ORNAMENTALES

METAL	ACERO	ALUMINIO	HIERRO FORJADO	LATON
<b>ELEMENTO</b>				
<b>MURO CORTINA</b>		SE USA COMO LIMITANTE DE AMBIENTES INTERIORES, O DETALLES ESPECIALES.	SE USA COMO LIMITANTE DE AMBIENTES INTERIORES, SEGURIDAD, DECORACION SUTIL	
<b>VIGA TIPO ESTEREOESTRUCTURA</b>	PARA CUBRIR ESPACIOS DE LUCES GRANDES, VIGAS Y COLUMNAS NORMALES			
<b>PUERTAS</b>	PARA CERRAMIENTOS ESPECIALES DE MUCHA SEGURIDAD, POCO DECORATIVAS	EN AREAS DONDE SE NECESITA LIMPIEZA EN AMBIENTES DE ELEGANCIA, SON DECORATIVAS Y ECONOMICAS.	EN CUALQUIER CONSTRUCCION, SIMPLE Y DECORADAS, SE USA COMO SEGURIDAD	
<b>BALCONES</b>			EN CUALQUIER CONSTRUCCION, DECORATIVOS SE USA COMO SEGURIDAD O LIMITANTE DE AREAS	
<b>VERJAS/CERRAMIENTOS</b>			EN CUALQUIER CONSTRUCCION, TAMAÑOS VARIOS Y MUCHOS DISEÑOS, SEGURIDAD.	
<b>COLUMNAS/MARCOS</b>	EN TODO TIPO DE CONSTRUCCIONES, AMBIENTES GRANDES, FORMAS DIVERSAS.			
<b>ESTRUCTURA TRIANGULAR SIMPLE</b>	PARA CONSTRUCCIONES MAS SENCILLAS LUCES DE PROPORCION MODERADA	EN AMBIENTES PEQUEROS, SIN CARGAS DECORACIONES ESPECIALES.	PARA SOSTENER VIDRIOS, EN FORMA RETICULAR SIMPLE O DECORADA.	
<b>VENTANALES</b>		EN EDIFICIOS PUBLICOS, COMERCIOS, PUEDE SER LISO O ESTRIADO.	EN EDIFICIOS PUBLICOS, COMERCIOS, ESCUELAS HOSPITALES, ETC. VIDRIO FIJO O MOVIBLE.	EDIFICIOS MUY GRANDES Y DECORATIVOS
<b>PASAMANOS/ESCALERAS</b>	EN ACERO INOXIDABLE, EN COMERCIOS EDIFICIOS PUBLICOS, CONSTRUCCIONES SIMPLES Y COMUNES, ACERO COMUN	PARA COMPLEMENTAR EL ACABADO EN DRILLAS, ASEGURAR ALFOMBRAS.	TIPO BARANDILLAS DE SEGURIDAD, ARMAZON DE ESCALERAS, HUELLAS.	ACEROS, APLICACIONES ESPECIALES.
<b>VOLADIZOS</b>	EN ACCESOS PRINCIPALES CON CABLES O ANCLADOS A MURDOS O ESTRUCTURA.	EDIFICIOS PUBLICOS, CON CABLES DE FORMAS SENCILLAS, FUNCIONALES Y NO DECORATIVAS.	SIMPLES, TIPO PERGOLAS PARA CUBRIR ACCESOS O AREAS PEQUEÑAS.	
<b>RECUBRIMIENTO DE MUROS</b>		PARA DECORAR UN ESPACIO MUY ESPECIAL.		EN AMBIENTES PEQUEÑOS Y MEDIDAS
<b>LAMPARAS DE TECHO</b>		FORMAS ESTANDADES, CONSTRUCCIONES SIMPLES, EDIFICIOS PUBLICOS.	EDIFICIOS TIPO COLONIAL, AREAS DE SANTIDAD TIPO COLGANTES, TIPO CANDELEROS.	EN AMBIENTES ESPECIALES, FORMAS DIVERSAS
<b>LOGOTIPOS/APLICACIONES VARIAS</b>		LETRAS EN MURDOS ESTERIORES, LOGOTIPOS DE EDIFICIOS PRIVADOS Y PUBLICOS	LETRAS EN MURDOS, NOMENCLATURAS DECORATIVAS.	LETRAS EN MURDOS ESPECIALES
<b>FAROLES/EXTERIOR</b>	EN EDIFICIOS PUBLICOS DE FORMAS SIMPLES.		EN CUALQUIER CONSTRUCCION, FORMAS DIVERSAS SIRVE DE COMPLEMENTO ORNAMENTAL, EXTERIOR.	DE AMBIENTES ESPECIALES
<b>MOLDURAS LISAS/DECORADAS</b>				
<b>LAMINILLAS CON REPUJADO/LISAS</b>		PARA RECUBRIR ALTARES EN IGLESIAS O DETALLES INTERIORES ESPECIALES.		APLICACIONES EN AMBIENTES ESPECIALES
<b>ESCULTURAS/INTERIOR-EXTERIOR</b>	MONUMENTOS ABSTRACTOS EN AREAS LIBRES PUBLICAS.		MONUMENTOS ABSTRACTOS EN AREAS LIBRES PUBLICAS.	
<b>CIELO FALSO/RETICULA ESPACIAL</b>		SIMPLE EN CUALQUIER CONSTRUCCION RETICULADO DE AREAS ESPECIALES.	RETICULADO DE AREAS ESPECIALES EN EDIFICIOS PUBLICOS.	DE AMBIENTES ESPECIALES
<b>FAROLES PARED/INTERIOR</b>		SIMPLES, PARA AMBIENTES PEQUEROS DECORATIVOS Y DURABEROS.	DE DIFERENTES FORMAS, EN LUGARES PUBLICOS O PRIVADOS, AREAS PEQUEÑAS O GRANDES.	SIMPLES EN AMBIENTES ESPECIALES
<b>VITRALES</b>		SIMPLES DE FORMAS CUADRADA EN CUALQUIER CONSTRUCCION.	FORMANDO FIGURAS, EN IGLESIAS, EDIFICIOS CON DECORACION ESPECIAL.	
<b>CENEFAS</b>		AREAS PEQUEÑAS Y SIMPLES LISO O ESTRIADO.	EN COMERCIOS, FACHADAS, INTERIOR O EXTERIOR.	

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros Consultados:**

- Frederick S. Merrit.  
Enciclopedia de la Construcción Vol. I y III  
Barcelona, Océano 1990
- Jorge Sittenfeld  
Materiales de Construcción Vol.1  
Guatemala, Centro Universitario Ciudad Vieja  
1978
- Enciclopedia Atrium de la Construcción Vol. I  
Editorial Océano 2002.
- Fernández M. José Antonio  
La Producción de Hierro en el Reino de Guatemala  
Guatemala, IIHAA, 1989
- Rapp, William G.  
Montaje de Estructuras de Acero  
Versión en Español de José Luís Flores  
Feregrino, México, Limusa, 1978
- Londres, Williams Ltda.  
Ventanas y Puertas de Metal Confiables  
Londres
- Hart, Franz  
El Atlas de la Construcción Metálica  
Barcelona, Gustavo Pili, 1976
- Joseph E. Bowles  
Diseño de Acero Estructural  
Limusa

- Enciclopedia Encarta 2003  
Microsoft Corporation.
- Diccionario Visual de Arquitectura
- Parker, Harry  
Ingeniería Simplificada para Arquitectos y Constructores. 4 ta Edición en Español por José Flores Feregrino, México, Limusa 1981
- Historia Universal Océano  
Barcelona, Océano 1995

#### **Tesis Consultadas:**

- Lira Prera, Miguel Ángel  
La Utilización del Acero en la Arquitectura de Guatemala  
Universidad Rafael Landivar.
- Rodríguez Lobos, Publio Alcides  
Estudio Sobre los Sistemas Estructurales de las Edificaciones en Guatemala.  
USAC. Guatemala 1988

#### **Paginas de Internet:**

- [www.prensalibre@com.gt](http://www.prensalibre@com.gt)
- [www.infoacero.com](http://www.infoacero.com)
- [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)
- [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com)
- [www.MEM@gob.gt](http://www.MEM@gob.gt)

- [www.reddeeducador.com](http://www.reddeeducador.com)
- [www.arqa.com](http://www.arqa.com)
- [www.el-nacional.com](http://www.el-nacional.com)
- [www.centros.edu.xunta.es](http://www.centros.edu.xunta.es)
- [www.cobreinfo.com](http://www.cobreinfo.com)
- [www.cnac.gr.fr](http://www.cnac.gr.fr)
- [www.guggenheim-bilbao.es](http://www.guggenheim-bilbao.es)
- [www.galasdeguatemala.com.gt](http://www.galasdeguatemala.com.gt)
- [www.arqchile.cl/gerhy.htm](http://www.arqchile.cl/gerhy.htm)
- [www.miliarium.com](http://www.miliarium.com)

#### **Fuentes de Información:**

- Aceros de Guatemala
- Siderúrgica de Guatemala
- Parque Central de Quetzaltenango.  
Archivo de Centro Histórico.

#### **Visitas de Campo:**

- Edificio de Finanzas Públicas. Centro Cívico. Ciudad Capital.
- Centro Comercial Tikal Futura. Zona 11. Ciudad Capital.
- Centro Comercial Miraflores. Zona 11. Ciudad Capital.

- Edificio Atlantis. Zona 10. Ciudad Capital
- Centro Comercial Santa Clara. Villa Nueva
- Centro Comercial Galerías del Sur. Zona 12. Ciudad Capital.
- Catedral Metropolitana. Plaza de la Constitución. Ciudad Capital.
- Iglesia de San José. Zona 1. Ciudad Capital.
- Iglesia de la Merced. Zona 1. Ciudad Capital.
- Iglesia del Santuario de Guadalupe. Zona 1. Ciudad Capital.
- Registro de la Propiedad de Inmueble. Zona 1. Ciudad Capital.
- Teatro Nacional Miguel Ángel Asturias. Zona 4. Ciudad Capital.
- Parque Central de Quetzaltenango. Zona 1
- Calvario de Quetzaltenango.
- Parque Benito Juárez. Zona 3. Quetzaltenango
- Plaza Sian, Zona 3. Quetzaltenango
- Centro Comercial Mont Blanc, Quetzaltenango.
- Centro Comercial Condado Santa Maria, Zona 3. Quetzaltenango.
- Parroquia de San pedro, San Marcos