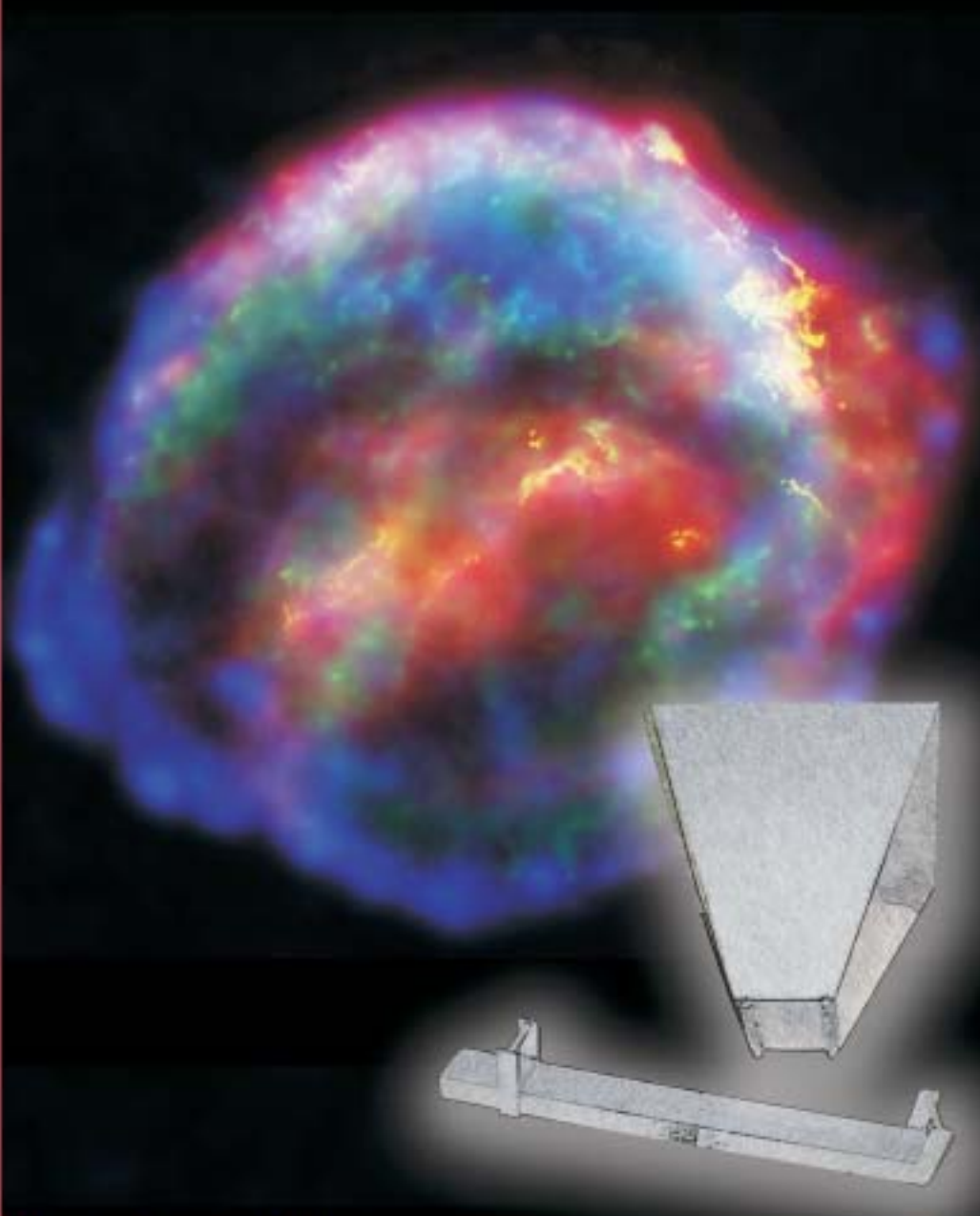




# Equipamiento EMA

-Características físicas de los materiales de construcción-



# Serie: Recursos didácticos

Tapa:  
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada  
por el telescopio Hubble - NASA.

## a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

SECRETARIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Prof. Alberto E. Sileoni**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**

# Equipamiento EMA

-Características físicas de los materiales de construcción-

María Gabriela Durán

Aquiles Gay

Colección Serie "Recursos didácticos".  
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0504-2

Durán, María Gabriela

Equipamiento EMA: características físicas de los materiales de construcción /  
María Gabriela Durán; coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.

- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la  
Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.

104 p.; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 9)

ISBN 950-00-0504-2

1. Construcción-Materiales. I. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. II. Título

CDD 691

Fecha de catalogación: 12/05/2005

Instituto Nacional de Educación Tecnológica  
Centro Nacional de Educación Tecnológica  
CeNET-Materiales

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibre óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción-
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

---

# LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
- Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T- y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
- Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
- Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación téc-

nico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.

- Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
- Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317-.
- Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.

Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el período 2003-2007:

**Programa 1.** Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

**Programa 2.** Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

**Programa 3.** Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

**Programa 4.** Educación para el trabajo y la integración social.

**Programa 5.** Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

**Programa 6.** Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

**Programa 7.** Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

**Programa 8.** Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

***María Rosa Almandoz***

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología



# LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativos ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica –CeRET– y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearon la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

**Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

# LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

**1 Problemas tecnológicos en el aula.** En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.

**2 Encuadre teórico para los problemas.** En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

tecnológicos y conceptos científicos asociados.

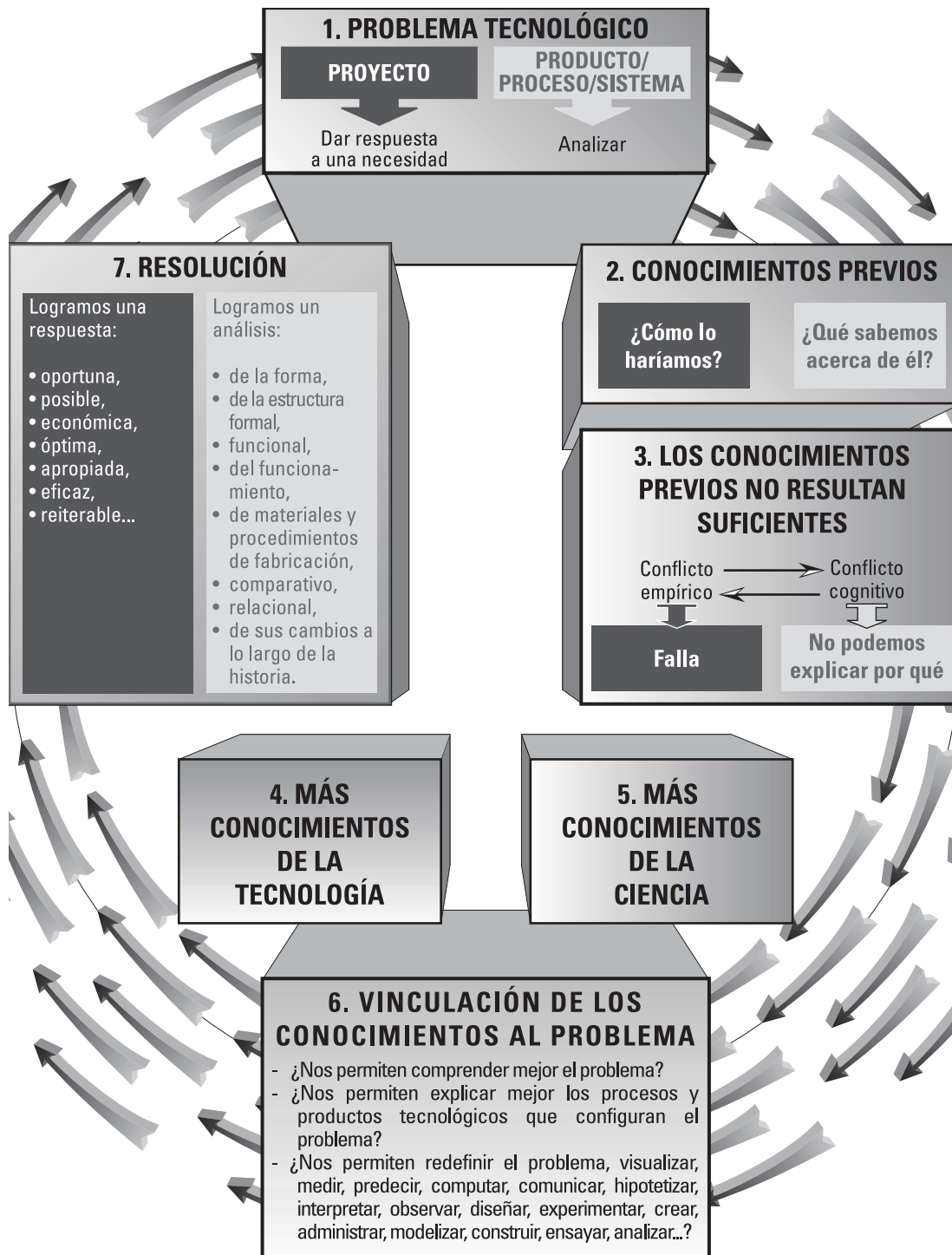
**3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.**

Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.

**4 El equipo en el aula.** En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.

**5 La puesta en práctica.** Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

nentes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

**Haydeé Noceti**

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".  
Centro Nacional de Educación Tecnológica



# 9. Equipamiento EMA

-Características físicas  
de los materiales de  
construcción-

**Este material de capacitación fue desarrollado por:**

**María Gabriela Durán.**

Ingeniera civil (Universidad Nacional de Córdoba), especialista en Tecnología Avanzada del Hormigón (Universidad Nacional de La Plata), con Estudios Mayores de la Construcción (Instituto E. Torrojas. España.). Es profesora en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la (UNC), subdirectora del Centro de Investigaciones Avanzadas en Tecnología del Hormigón (UNC) y subdirectora del Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (UNC). Se ha desempeñado por más de diez años como docente en escuelas técnicas y como asesora en el área de la tecnología del hormigón.

**Aquiles Gay.**

Ingeniero mecánico electricista (Universidad Nacional de Córdoba). Diplomado en Ciencias de la Educación (Universidad de Ginebra). Autor de diversos libros, entre otros: *La educación tecnológica. Aportes para su implementación* (CONICET 1997. Buenos Aires), *Temas para educación tecnológica* (La Obra. 2000. Buenos Aires), *La lectura de objeto* (TEC. 2003. Córdoba). Ex profesor titular de la Universidad Nacional de Córdoba, de la Universidad Tecnológica Nacional y de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica de la Fuerza Aérea Argentina. Ex funcionario de la UNESCO en la Oficina Internacional de Educación en Ginebra, Suiza. Ex decano de la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional. Ex ingeniero de la Compañía Telefónica Ericsson en Estocolmo, Suecia.

**Coordinación general:**

Haydeé Noceti

**Diseño didáctico:**

Ana Rúa

**Administración:**

Adriana Perrone

**Monitoreo y evaluación:**

Laura Irurzun

**Diseño gráfico:**

Tomás Ahumada

Karina Lacava

Alejandro Carlos Mertel

**Diseño de tapa:**

Laura Lopresti

Juan Manuel Kirschenbaum

Con la colaboración  
del equipo de profesionales  
del Centro Nacional  
de Educación Tecnológica





# Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	X
La serie "Recursos didácticos".....	XII

## **1 Problemas tecnológicos en el aula..... 4**

- El recurso didáctico que proponemos

## **2 Encuadre teórico para los problemas..... 12**

- Fundamentos de las propiedades de los materiales
- Clasificación de materiales
- Propiedades estándar de los materiales para la construcción
- El futuro de los materiales

## **3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo..... 43**

- El producto
- Los componentes
- Los materiales, herramientas e instrumentos
- La construcción
- El armado
- El ensayo y el control

## **4 El equipo en el aula..... 58**

## **5 La puesta en práctica ..... 64**

# 1. UN PROBLEMA TECNOLÓGICO EN EL AULA

***Lo invitamos a analizar estos testimonios. En ellos, profesores y alumnos desarrollan tareas que involucran EMA***

Los profesores de *Dibujo técnico*, y de *Estructuras y materiales* del último año del Trayecto Técnico-Profesional "Construcciones", presentan a sus alumnos la siguiente situación:

## VILLA CREAR

El pueblo Villa Crear, ubicado en el centro de la Argentina, se encuentra rodeado de hermosos bosques de pinos y enmarcado con montañas. En los últimos años, al igual que los pueblos vecinos, ha experimentado un fuerte crecimiento habitacional: Muchos habitantes han ido construyendo sus viviendas en torno a la plaza, donde ya se encuentran la iglesia, la escuela, el dispensario, el almacén y una sucursal del Banco Provincial, recientemente establecida en el lugar donde antes existía la mercería de esta comunidad.

Durante los meses de primavera y verano se realizan las fiestas patronales de los pueblos cercanos y, como consecuencia, se genera mucho tráfico en la calle Mariano Moreno, una de las vías que confluye a la plaza y la única de acceso vehicular al pueblo. Cuando esta calle se encuentra congestionada, parte de los vehículos se desvía por una calle paralela a Mariano Moreno y la otra continúa por la calle principal; esta solución genera otros inconvenientes. Ya hay que lamentar dos accidentes fatales.

En esta época, el pueblo queda "dividido en dos"; y, en un sector, el dispensario, la escuela, el banco y el almacén.

Frente a esta situación, al asumir su cargo, el nuevo intendente plantea la prioridad de dar una respuesta a la situación de la calle Mariano Moreno en época de primavera y verano. Para abordar la problemática, conforma una comisión integrada por cinco vecinos elegidos por los habitantes de Villa Crear, personal del dispensario y de la escuela, el dueño del almacén, un contador y el juez de paz.

En un acto público, un representante de esta comisión y el intendente presentan un informe a la comunidad. Son sus puntos principales:

- Para realizar una obra vial alternativa a la calle Mariano Moreno, que no atravesase el pueblo y que evite la congestión que se produce durante las fiestas patronales, se necesita una inversión equivalente a sesenta veces el presupuesto anual de la Municipalidad.

- La Municipalidad no cuenta con esos recursos; la posibilidad de pedir crédito es escasa.
- Los accesos peatonales al dispensario, a la escuela y al almacén en esta época, resultan difíciles.

Se propone formar grupos de alumnos para:

- Definir en términos generales el problema -sin preocuparse por detalles-.
- Determinar los aspectos controlables del problema; es decir, identificar las variables sobre las que se pueden tomar medidas o manejar.
- Proponer una situación deseada o meta.
- Establecer los límites de la amplitud de la formulación del problema, vinculándolos con sus aspectos controlables.

Las formulaciones se realizan a partir de diálogos y de trabajos en grupos. Así, van surgiendo:

1. ¿Cómo conseguir dinero para la construcción de una nueva vía?
2. ¿Cómo llegar sin dificultad al dispensario, a la escuela y al almacén, en épocas de primavera y de verano?
3. ¿Cómo cruzar fácilmente la calle Mariano Moreno, en épocas de primavera y de verano?

La primera formulación analizada concluye en que son escasas las posibilidades de conseguir dinero.

Los alumnos se concentran en la segunda y en la tercera formulación del problema. La tercera formulación, resulta más general que la segunda. De tal forma, el problema queda planteado:

- ¿Cómo cruzar fácilmente la calle Mariano Moreno, en épocas de primavera y de verano?

Esta situación problemática es encuadrada por los alumnos como un problema de di-

seño; porque una posible solución es la construcción de un puente peatonal para cruzar la calle Mariano Moreno.

Para concretarla, se proponen definir un modelo de resolución de problemas y construir modelos de puentes peatonales a una escala adecuada. Como momento previo a su construcción, es necesario elaborar modelos de puentes peatonales que reflejen una "solución elegante".

Los estudios realizados indican que las dimensiones óptimas para el puente peatonal son: luz libre de 10 metros y una altura mínima de 3,5 metros.

Para determinar el nivel de eficiencia técnica de los modelos, los alumnos se concentran en las vigas, utilizando la siguiente expresión matemática para evaluar su nivel de eficiencia:

$$NE = [K(1/N)(P/G)]$$

Donde:

- NE = Nivel de eficiencia.
- K = Factor por utilización de elementos reciclados, que toma los siguientes valores:

$K = 0,5$ . Si menos del 50 % de los materiales utilizados son reciclados.

$K = 1$ . Si el 50 % de los materiales utilizados son reciclados.

$K = 2$ . Si más del 50 % de los materiales utilizados son reciclados.

- $N$  = Número de elementos o piezas.

- $P$  = Carga de colapso del modelo.

- $G$  = Peso del modelo.

Antes de comenzar la tarea, surge un interrogante:

- ¿Cómo determinar los valores de  $P$  y  $G$ , necesarios para establecer el nivel de eficiencia de las vigas?

Los alumnos de *Tecnología* están dando respuesta a este problema:

### ¡CUIDEMOS MONTE VERDE!

En la localidad de Monte Verde se prevé la construcción de un puente y de obras civiles complementarias que demandarán 1500 metros cúbicos de hormigón. La dosificación del hormigón por metro cúbico es:

Agua	Cemento	Arena fina	Arena gruesa	Piedra 6-19	Aditivo super-fluidificante
L	kg	kg	kg	kg	kg
191	343	277	628	941	2,793

Para iniciar la construcción de la obra y mantener una producción continua de hormigón, será necesario acopiar áridos -agregado fino (arena) y agregado grueso (piedra)- para producir 200 metros cúbicos de hormigón por día.

El acopio de los áridos se realizará a cielo abierto, en un terreno cercano al del emplazamiento de la obra que, además, debe posibilitar el ingreso de camiones con los materiales y el de una pala escavadora. El acopio del cemento será en un silo de diámetro de 2 metros; el aditivo se almacenará en recipientes estancos metálicos, de 1,5 metros de diámetro.

Con el objetivo de acopiar los materiales y de no contaminar los áridos, será necesario realizar un desmonte de la zona para crear una superficie limpia de apoyo y de circulación.

Si bien la construcción del puente mejorará el acceso a las zonas preferidas por los turistas, es de interés para la comuna causar el menor impacto ambiental posible.

La tarea es determinar la superficie mínima del terreno a desmontar para producir el acopio de los materiales.

Cada grupo de alumnos, se propone:

- Buscar la información necesaria (dimensión de los camiones, radio de giro, etc.).
- Determinar los datos necesarios para analizar el problema.
- Identificar y documentar los pasos para arribar a la solución.

- Dibujar o realizar una diagrama de las soluciones propuestas.
- Evaluar las posibles soluciones.

Esta situación problemática es encuadrada por los alumnos como un problema que involucra aspectos de diseño y de evaluación de impacto.

### EL LIBRO QUE YO LEÍ, ¿LO QUERÉS LEER VOS?

Los alumnos del Centro de Formación Profesional "Doctor Massa", de la localidad de Bella Vista, cooperan en la campaña "El libro que yo leí, ¿lo querés leer vos?". La idea consiste en promocionar la lectura y, para ello, realizan trueques de libros, reciben donaciones y recolectan dinero para conseguir nuevos ejemplares.

Este emprendimiento se difunde con gran éxito en toda la zona y, al cabo de tres meses, se agota la capacidad de almacenar y ordenar los libros en los muebles y estantes disponibles.

La tarea de los alumnos e instructores del Centro es, entonces, reparar siete muebles con estantes de madera, cuyas máximas dimensiones internas de marcos son: 1,80 m de alto por 1,20 m de ancho. Muchos soportes y estantes están rotos, y otros se encuentran en muy mal estado.

Abocándose a la búsqueda de materiales, encuentran algunos disponibles en la Asociación Vecinal:

- Aglomerado de madera; espesor 18 mm.
- Aglomerado de madera; espesor 15 mm.
- Aglomerado melamínico; espesor 15 mm.
- Chapas onduladas.
- Listones de madera; espesor 2,54 cm.
- Listones de madera; espesor 4,08 cm.

- Listones de madera; espesor 6,62 cm.
- Placas de yeso; espesor 12,5 mm.
- Poliestireno expandido (telgopor), placas de 5 m<sup>2</sup> y 20 mm de espesor.
- Vidrios; espesor 2,3 mm.
- Vidrios; espesor 4 mm.
- Vidrios; espesor 6 mm.
- Otros

El problema a encarar queda formulado en estos términos:

- ¿Cómo rehabilitar los muebles para la biblioteca y crear un plan de mantenimiento para ellos?

Para analizar el problema, se establece un dialogo organizado por un procedimiento-eje: Modelar esta situación utilizando el lenguaje de sistemas.

Considerando el sistema "biblioteca con libros":

- ¿Cuál es el propósito del sistema?
- ¿Cuales son los subsistemas involucrados (estantes, soportes, elementos de fijación o unión, libros, etc.)?
- ¿Cuáles son las funciones de cada subsistema?

En la etapa de búsqueda de solución del problema, resulta necesario seleccionar alguno de los materiales para rehabilitar los muebles de la biblioteca. Esta selección se basa en las solicitudes o esfuerzos a los que estará sometido, y a algunas de las propiedades de los materiales -densidad, comportamiento frente a esfuerzos de flexión y compresión, durabilidad-.

Una vez realizada una preselección de los materiales, los alumnos consideran el factor económico para proponer la solución y elaboran un manual de mantenimiento.

Esta situación problemática es encuadrada por los alumnos como un **problema de mantenimiento**.

En el aula-taller de *Tecnología* de primer año de Educación Polimodal, seis grupos de

alumnos están trabajando para desarrollar respuestas a:

### **BOSQUE DE ÁRBOLES EXÓTICOS**

Un grupo de adolescentes que recibe asistencia médica en un hospital quiere expresar su agradecimiento al personal de esa institución por los cuidados recibidos.

Y desean hacerlo mediante una idea que tiene como fin alegrar tanto la estadía de los niños que se encuentran internados, como la de aquellos que reciben asistencia médica en forma esporádica.

El hospital fue construido en la década del '50. Tiene un patio interno rectangular con una vereda periférica de 3 m de ancho. Las dimensiones de este patio son: 50 m de largo por 35 m de ancho. Por las condiciones climáticas del lugar y la poca luz natural, es muy difícil que las plantas crezcan. Estas circunstancias hacen que el patio tenga una apariencia desagradable, y genere sentimientos de tristeza y soledad.

Este grupo de adolescentes está decidido a cambiar el aspecto del patio y, para lograrlo, en ese espacio físico realizará una exposición de esculturas, denominada "Equilibrio de árboles exóticos", con el objetivo de conformar un alegre y colorido bosque artificial.

Han formado grupos de 5 a 6 miembros para proponer un esquema de distribución de los árboles en el patio y diseñar por lo menos un árbol exótico por grupo.

Con el objeto de agudizar el ingenio y de economizar recursos, se han planteado algunas restricciones para la elaboración de los árboles exóticos.

- Emplear más del 90 % de materiales de desecho (cajas, escombros, etc.) o materiales naturales (piedras, troncos, etc.).
- Los materiales pueden ser previamente tratados (pintura, tallado, etc.), para lograr determinados efectos estéticos.
- Deben tener un solo apoyo, simulando el tronco de un árbol.
- Los brazos que modelan las ramas deben ser desiguales y de una sola pieza.

- Los brazos del árbol pueden tener elementos que aparenten flores, hojas, nidos, etc. en sus extremos o en cualquier posición.
- No deben utilizarse elementos de fijación.

Además, se han establecido pautas de presentación de las propuestas:

- Cada árbol exótico debe estar acompañado de un modelo gráfico (dibujo o croquis) y de un informe técnico en el que se muestren los cálculos realizados sobre equilibrio de fuerzas, momentos de fuerzas, etc.
- Es necesario, además, un plano del patio en escala adecuada, que permita ilustrar la ubicación de los árboles exóticos.

Esta situación problemática es encuadrada por los alumnos como un **problema de diseño**

## El recurso didáctico que proponemos

Para analizar e intervenir con propuestas en los cuatro testimonios de realidad que le hemos presentado, resulta útil contar con un recurso didáctico que permita la determinación de las principales características físicas de los materiales de construcción a integrar en el proyecto tecnológico:

- En el diseño del puente peatonal, este equipo permite establecer los valores de P -carga de colapso y del peso G- requeridos para precisar el nivel de eficiencia del modelo.
- En el segundo caso, determinar la densidad a granel de los áridos, dato necesario para establecer el volumen que ocupan y analizar el problema de la superficie mínima a desmontar.
- Para la rehabilitación de los muebles de la biblioteca, un equipamiento adecuado resulta imprescindible para seleccionar materiales que soporten los esfuerzos requeridos.
- En el desarrollo del informe técnico y en la exploración de posibilidades para el

diseño de los árboles exóticos, se hace necesario establecer el peso de los materiales con los cuales se construirán, así como el volumen, para calcular los centros de gravedad.

Nuestra propuesta es desarrollar un **Equipamiento EMA**.

A partir de la premisa de trabajar con problemas simples para desarrollar capacidades complejas, este recurso didáctico incluye:

Una balanza con un complemento para determinar el volumen de materiales regulares e irregulares, lo que permite el cálculo de las densidades relativas, peso y masa, entre otras propiedades.

Un artefacto para comparar valores de resistencia mecánica de materiales tales como maderas, ladrillos, cementos, barro, suelo, etc.



Las situaciones de enseñanza y aprendizaje en las cuales es posible utilizar el **Equipamiento EMA** se basan en la resolución de problemas tecnológicos.

En este modelo de enseñanza mediante la resolución de problemas tecnológicos se asume que, para lograr cambios profundos en la estructura cognitiva de los alumnos -no sólo conceptuales sino también actitudinales y procedimentales-, es preciso situarlos en contextos similares al de un tecnólogo, un seleccionador o un usuario inteligente de tecnología.

En estos contextos en los que "se hace tecnología", el docente dialoga, motiva, orienta, ayuda a integrar, cuestiona y aporta conocimientos -en la oportunidad en que éstos sean requeridos-, estableciendo un tipo de relación social que compromete a los que participan. En este enfoque, se concibe la actividad tecnológica como un proceso de construcción social, en un lugar y tiempo determinados, y a la tecnología como una respuesta o una forma de intervención en problemas técnicos sociales que se plantean en una deter-

minada sociedad.

La enseñanza se organiza, así, en torno a la resolución de problemas.

Una definición simple y significativa de "problema" es: Necesidad que debe enfrentarse para ser satisfecha.

El desarrollo de habilidades para resolver problemas tecnológicos permite ejercitar la creatividad y afianza un aprendizaje autónomo. Los conocimientos disciplinares necesarios se articulan en torno a la resolución de problemas tecnológicos.

Es posible dividir el campo de la resolución de problemas tecnológicos en tres categorías<sup>1</sup>:

- **Problemas de diseño:** Involucran investigación, experimentación y desarrollo, para elaborar productos o procesos.
- **Problemas de mantenimiento:** Consisten en encontrar y corregir dificultades durante la producción o la utilización de soluciones.
- **Problemas de evaluación de impacto:** Permiten predecir el efecto, y analizar con espíritu crítico el impacto de soluciones tecnológicas existentes o futuras.

En muchas situaciones conflictivas se pueden determinar una, varias o combinaciones de estas categorías de problemas.

El **Equipamiento EMA** puede servir como una posible respuesta a un problema tec-

<sup>1</sup> Mc Cade, J. (1990) "Problem solving: much more than design". Journal of Technology Education. Vol 2. <http://www.scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE>



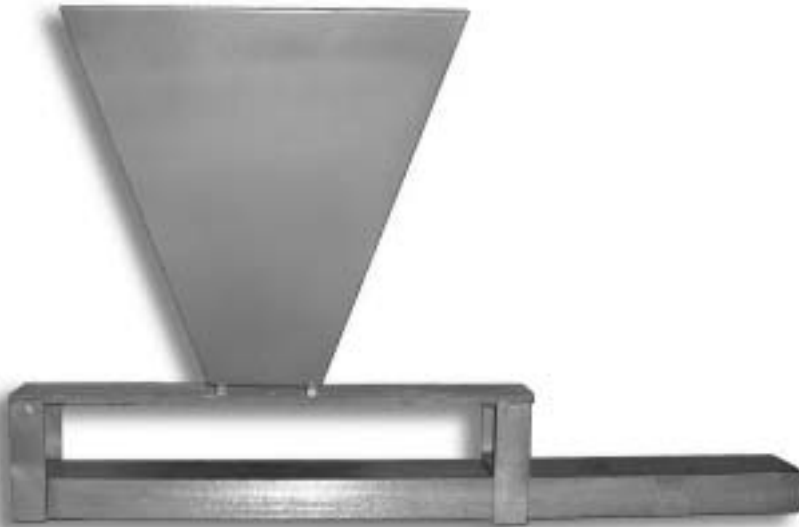
nológico -aún cuando sabemos que para cada problema tecnológico, existen varias soluciones posibles- o como herramienta para resolver problemas tecnológicos de diseño, mantenimiento o de evaluación de impacto. A título de ejemplo podemos citar:

- **Problemas de diseño:** Nuestro recurso didáctico resulta útil en el momento de resolver situaciones que implican "Diseñar una estructura que pueda soportar x carga con un peso que no supere x valor". También, en proble-

Entendemos por solución elegante, a aquella en la cual los costos están controlados, los plazos de tiempo se respetan, los criterios se satisfacen y la solución se logra con precisión y simplicidad.

mas más complejos que introducen condicionantes tales como utilizar materiales de desecho, limitar el número de piezas o encontrar una solución elegante.

- **Problemas de mantenimiento:** El equipo resulta útil cuando la tarea consiste en elaborar un manual de mantenimiento, tarea que se puede tornar compleja, cuando se trata de ajustar criterios o normativas nacionales o internacionales de calidad, tales como ISO, IRAM, normas MERCOSUR, etc.
- **Problemas de evaluación de impacto:** EMA constituye un buen recurso didáctico cuando los alumnos seleccionan un material que cumple con determinadas características físicas y analizan su impacto a fin de predecir su efecto futuro. Este tipo de problema se puede tornar más complejo en función de las categorías de impactos a analizar, tales como: impacto técnico, social, económico, político, etc.



## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

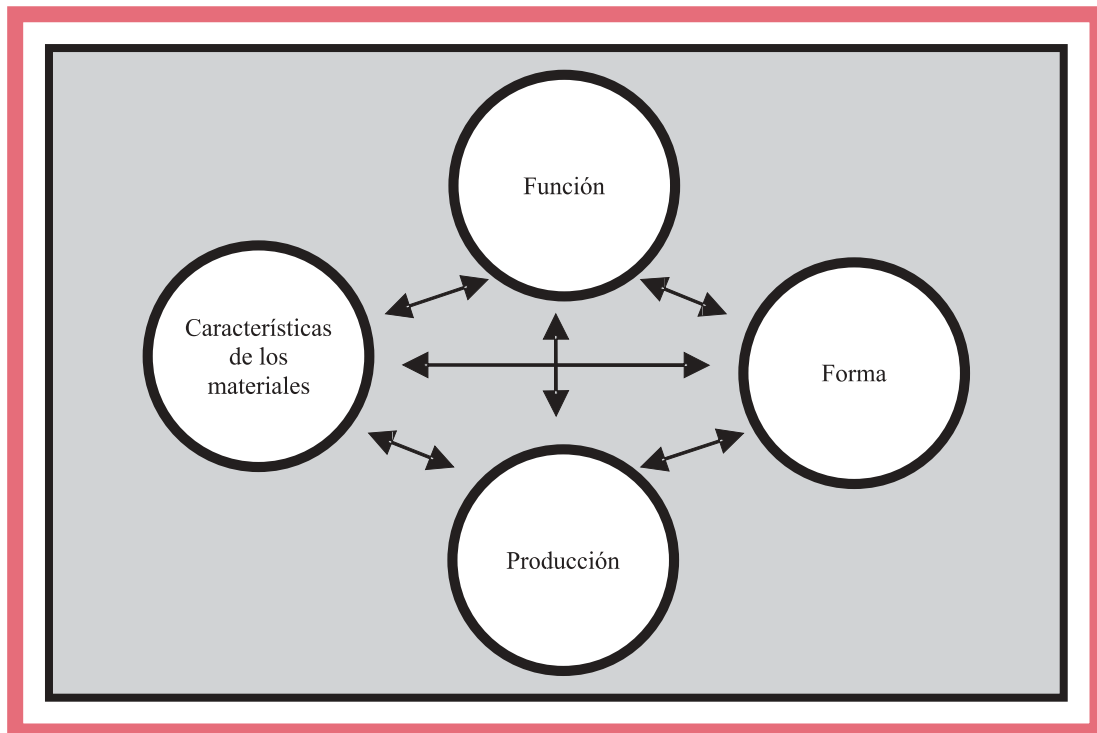
### Fundamentos de las propiedades de los materiales

Cuando se desea transformar una idea o una necesidad en un conjunto de informaciones detalladas para posibilitar un producto, en cada una de las etapas se requieren decisiones acerca de los materiales con los que el producto será hecho.

Frecuentemente, el material está establecido o condicionado por razones de diseño o economía; pero, en ocasiones el nuevo pro-

ducto o los cambios en uno existente demandan un nuevo material; y, si bien, en una primera etapa, todos los materiales se consideran, en las etapas finales se necesitan datos muchos más precisos para realizar los cálculos.

La elección del material no se efectúa en forma independiente del proceso mediante el cual el producto será formado, ensamblado,



terminado o tratado y transportado. Los costos de dichos procesos influyen y debe reconocerse que no sólo el funcionamiento, sino, la forma, la textura, la percepción y el color son importantes. Un buen producto funciona; un excelente producto, además, otorga placer.

Las posibilidades de utilización de un material están en función de sus características y éstas son el resultado directo de mecanismos que suceden a escala atómica o microscópica. Por tal razón, para comprender las propiedades es necesario analizar su estructura atómica y/o microscópica.

En términos generales, se denomina **materia** a todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. La masa es la medida de la cantidad de materia contenida en una muestra de cualquier **material**. Mientras más masa tenga un objeto, más fuerza se requerirá para ponerlo en movimiento. Suelen ser los sentidos de la vista y el tacto los que permiten reconocer que un objeto ocupa un lugar en el espacio, aún cuando, en el caso de los gases (algunos incoloros, inodoros e insípidos) tales como el aire, los sentidos pueden fallar.

La **energía** se define como la capacidad de realizar trabajo. Se conocen diversas formas de energía, que incluyen energía mecánica, energía potencial, energía calorífica, eléctrica y luminosa

En la física clásica, la materia y la energía se consideraban dos conceptos diferentes; pero, con el advenimiento de la era nuclear

en la década de los '40, los científicos, comprendieron que la materia se puede convertir en energía. En las reacciones nucleares, la materia se transforma en energía. La relación entre materia y energía fue establecida por Albert Einstein mediante la ecuación:

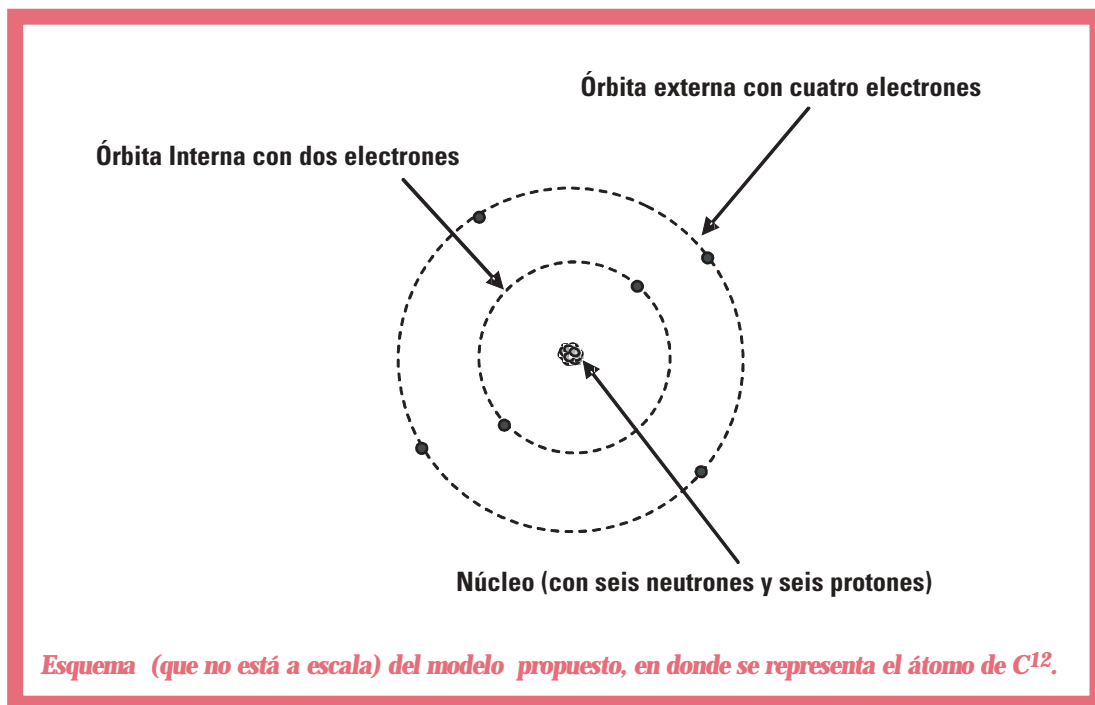
$$E = mc^2$$

Esta ecuación establece la cantidad de energía (E) que se libera cuando la materia se transforma en energía. La expresión muestra el producto de la masa (m) que se transforma por el cuadrado de la velocidad de la luz ( $c^2$ ). En determinadas circunstancias, resulta más sencillo y práctico seguir considerando la materia y la energía como entes distintos.

Hasta donde hoy sabemos, la materia ordinaria está constituida por partículas elementales que se combinan para formar átomos que, a su vez, se combinan para formar moléculas.

Una aproximación a la estructura interna del **átomo** puede realizarse a través de un modelo relativamente sencillo, en donde se representa a los electrones en órbita alrededor de un núcleo.

Para identificar químicamente un átomo en particular, se considera el número de protones y neutrones en el núcleo. Para nuestro propósito no es necesario llegar a la estructura detallada del núcleo, en la que los científicos de las últimas décadas han catalogado un gran número de partículas elementales.



En realidad, el núcleo es mucho menor que lo representado en la figura, aún cuando contiene casi toda la masa del átomo. Cada protón o neutrón tiene una masa aproximada de  $1.66 \times 10^{-24}$  g. Este valor es la unidad de **masa atómica (uma)**.

**Masa atómica (uma)** es la doceava parte de la masa de un átomo de carbono 12, que es prácticamente igual; esta ligera diferencia tiene implicaciones en física atómica y nuclear, no en ciencia de materiales.

Conviene hacer notar que hay  $0,6023 \times 10^{24}$  uma por gramo. Este valor tan alto se conoce como número de Avogrado, que representa el número de protones o neutrones que se necesitan para producir una masa de un gramo. En general, el número de protones en

el núcleo constituye el **número atómico** del elemento. Para un elemento dado, los distintos números de neutrones determinan distintos isótopos.

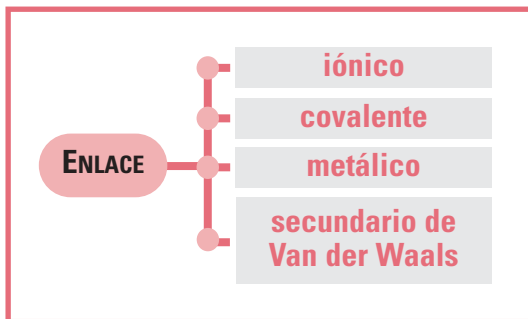
La periodicidad de los elementos químicos se basa en este sistema de números atómicos y masas atómicas elementales, ordenadas en grupos químicamente semejantes (columnas verticales de la tabla periódica de Mendeleev).

Si bien la identidad química es determinada por el núcleo, en el enlazamiento atómico intervienen los orbitales electrónicos. El electrón cuya masa es  $0.911 \times 10^{-27}$  g contribuye muy poco a la masa atómica de un elemento. Sin embargo, esta partícula tiene una carga negativa,  $0.16 \times 10^{-18}$  Coulomb, que es de igual magnitud que la carga positiva del pro-

tón y, en cambio, el neutrón es eléctricamente neutro.

El enlazamiento de átomos adyacentes es, en esencia, un proceso electrónico. Se forman enlaces fuertes (primarios) cuando en los orbitales externos se transfieren o comparten electrones entre átomos. Los enlaces secundarios, más débiles, son el resultado de una atracción menos intensa entre las cargas positivas y negativas, sin transferencia o distribución compartida de electrones.

Describamos, de modo sistemático y sintético, las diversas posibilidades de enlazamiento.

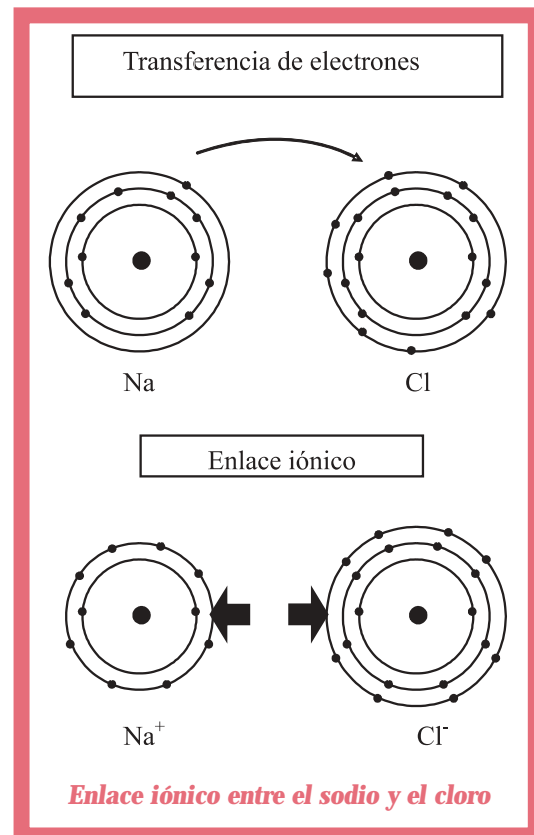


## Enlace iónico

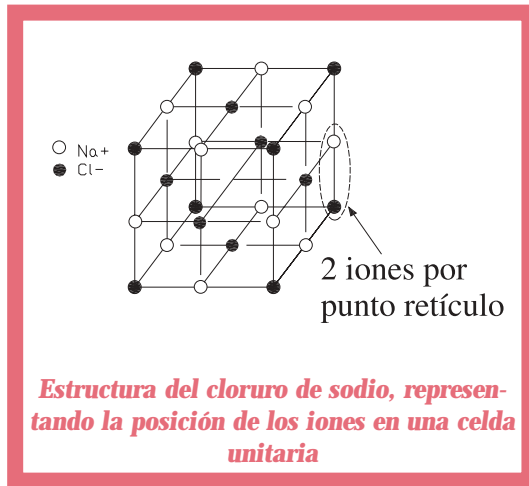
El **enlace iónico o electrovalente** es el resultado de la transferencia de uno o más electrones de un átomo a otro. Este tipo de enlace se produce con mayor facilidad cuando los elementos con energía de ionización baja (metales) reaccionan con elementos que tienen alta electronegatividad y mucha afinidad electrónica (no metales). Muchos metales pierden electrones con facilidad, mientras que los no metales tienden a ganar electrones.

La figura muestra el enlace entre el sodio y el cloro. La transferencia de un electrón del sodio se favorece, porque con ello se produce una configuración electrónica más estable. La especie que resulta,  $\text{Na}^+$  (ion sodio) tiene una capa orbital externa llena y el Cl acepta con facilidad al electrón, produciendo una especie estable,  $\text{Cl}^-$  (ion cloro).

Las especies con cargas, en este caso  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , se llaman iones, lo que origina el nombre de enlace iónico; el ion positivo  $\text{Na}^+$ , se llama catión y el ion negativo,  $\text{Cl}^-$ , anión. El enlace es el resultado de atracción electrostática, coulombiana -o de Coulomb- entre las especies con cargas opuestas.

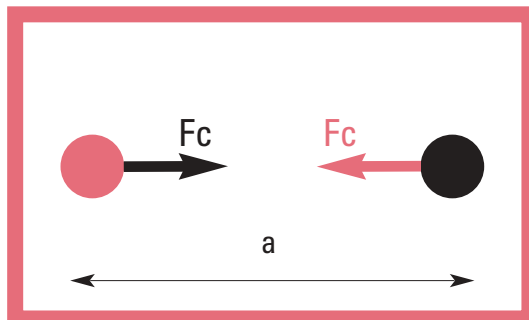


El enlace iónico es *no direccional*. Un  $\text{Na}^+$  con carga positiva atrae  $\text{Cl}^-$  adyacentes, por igual en todas las direcciones. Los iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  están apilados entre sí, en forma sistemática, para maximizar el número de iones de carga opuesta adyacente a cualquier ion dado; seis  $\text{Na}^+$  rodean a cada  $\text{Cl}^-$  y seis  $\text{Cl}^-$  rodean a cada  $\text{Na}^+$ .



La fuerza electrostática de atracción entre los iones de los compuestos iónicos explica sus puntos de fusión relativamente altos. Según la ley de Coulomb:

$$F_c = \frac{-K}{a^2} \quad (1)$$



Donde:

- $F_c$  es la fuerza de atracción electrostática entre dos iones de cargas opuestas (si las cargas no fueran opuestas,  $F_c$  sería una fuerza de repulsión)
- $a$  es la distancia entre los centros de los iones.
- $K$  está expresada por:

$$K = K_0 (Z_1 q) (Z_2 q) \quad (2)$$

Donde:

- $Z_i$  es la valencia del ion cargado (+1 para el  $\text{Na}^+$  y -1 para el  $\text{Cl}^-$ ),
- $q$  es la carga de un electrón ( $0,16 \times 10^{-18} \text{ C}$ ).
- $K_0$  es una constante de proporcionalidad ( $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ ) que depende del medio.

La figura muestra la fuerza electrostática de atracción en función de " $a$ ". La fuerza de atracción aumenta a medida que la separación entre los centros iónicos ( $a$ ) disminuye, hasta un valor que, al tratar de acercar más y más dos iones de cargas opuestas, o para aumentar la atracción de Coulomb, se opone una fuerza de repulsión ( $F_r$ ). Esto se debe a que se están tratando de acercar entre sí los dos núcleos atómicos. La fuerza neta de enlazamiento, es:

$$F = F_c + F_r \quad (3)$$

La longitud de equilibrio del enlace,  $a_0$ , se encuentra en el punto en el cual se equilibran las fuerzas de atracción y de repulsión:

$$F = 0 = F_c + F_r$$

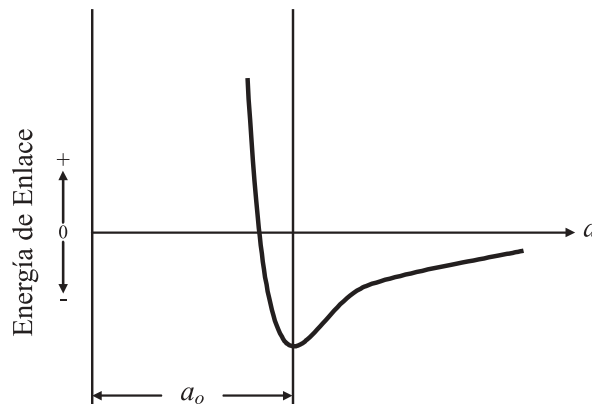
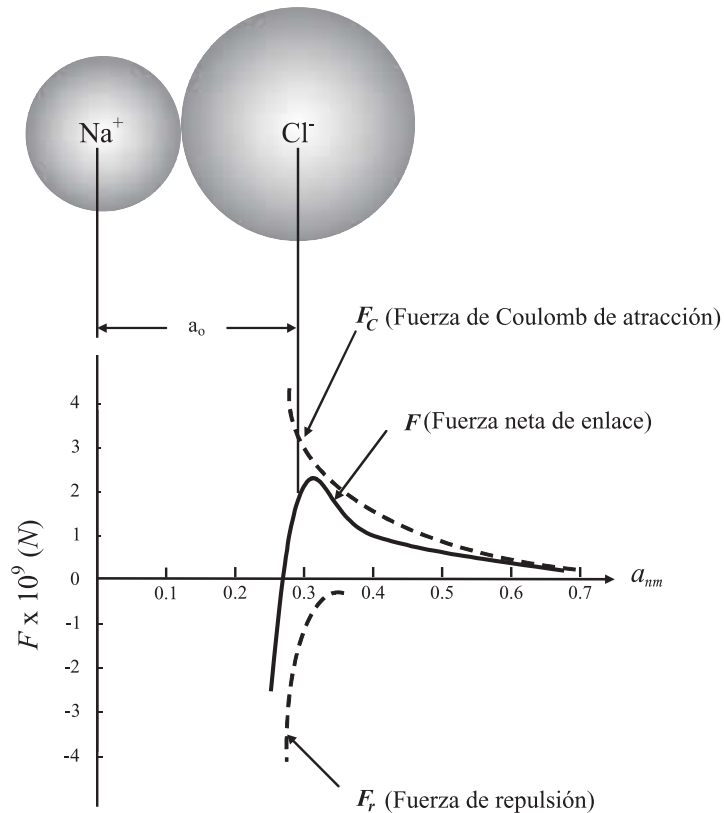
La fuerza electroestática  $F_c$  predomina cuando los valores de  $a$  son grandes, mientras que las fuerzas de repulsión  $F_r$  predominan para valores pequeños de  $a$ .

Para acercar más los iones entre sí -es decir, a menor distancia que  $a_0$ - se necesita una fuerza de compresión aplicada externamente. Igualmente, se necesita una fuerza de tracción aplicada externamente para retirar los iones. Esto explica el comportamiento mecánico de los sólidos.

La energía de enlace,  $E$ , se relaciona con la fuerza de enlazamiento mediante la ecuación diferencial:

$$F = \frac{dE}{da} \quad (4)$$

Así, la fuerza neta de enlace, es la derivada de la energía de enlace con respecto a la separación entre los centros iónicos, tal como se observa en la figura. Esta relación demuestra que la longitud de equilibrio de enlace  $a_0$ , corresponde a un mínimo en la curva de energía.

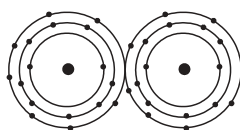


**Fuerza requerida para aumentar la distancia  $a$**

Los diagramas fuerza-distancia y energía-distancia proporcionan valiosa información teórica. La máxima estabilidad del enlace se produce cuando la energía es mínima. El valor de  $a_0$  es la distancia de equilibrio entre los iones que corresponde al valor de energía mínima representada. **La tensión de rotura** es la máxima fuerza por unidad de área necesaria para continuar el incremento de  $a$ , hasta que se produzca la rotura, sin aplicación adicional de tensiones.

## Enlace covalente

El enlace iónico no puede producirse entre dos no metales, porque su diferencia de electronegatividad no es suficientemente grande para que se efectúe transferencia de electrones. Las reacciones entre dos no metales producen enlaces covalentes que se forman cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones. Un caso simple de enlace covalente es la reacción de dos átomos de Cl para formar la molécula de gas cloro,  $\text{Cl}_2$ .



(a)



(b)



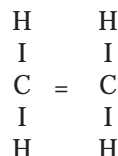
(c)



(d)

**Enlace covalente para el caso de una molécula de cloro gaseoso,  $\text{Cl}_2$ , en cuatro modelos distintos. a) Modelo planetario. b) Ilustra la densidad. c) y d) Muestran notaciones taquigráficas comunes -el primer modelo, la de "electrones" (punto-electrón); el segundo modelo, la línea de enlazamiento, en donde una raya representa un par de electrones compartidos-.**

Analicemos otra molécula covalente, la de etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ). La doble raya entre los dos átomos de carbono, significa un doble enlace, de dos pares de electrones por valencia. Al convertir el doble enlace a dos enlaces sencillos, pueden enlazarse moléculas de etileno entre sí, produciendo una molécula de cadena larga, de polietileno. Estas moléculas poliméricas -en las que cada unidad de  $\text{C}_2\text{H}_4$  es un monómero- son las bases estructurales de los polímeros.

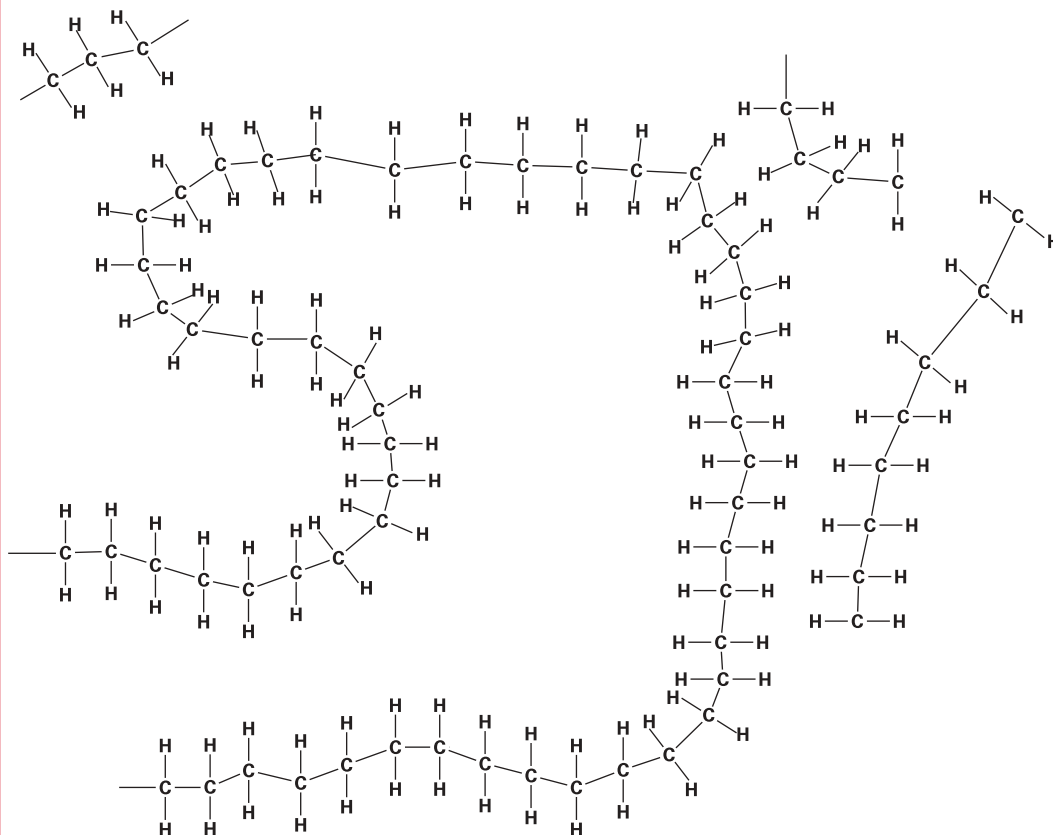


**Molécula de etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )**



**Molécula de polietileno que resulta de la conversión del doble enlace  $\text{C}=\text{C}$  en dos enlaces sencillos  $\text{C}-\text{C}$**





***Representación esquemática de una estructura del polietileno sólido***

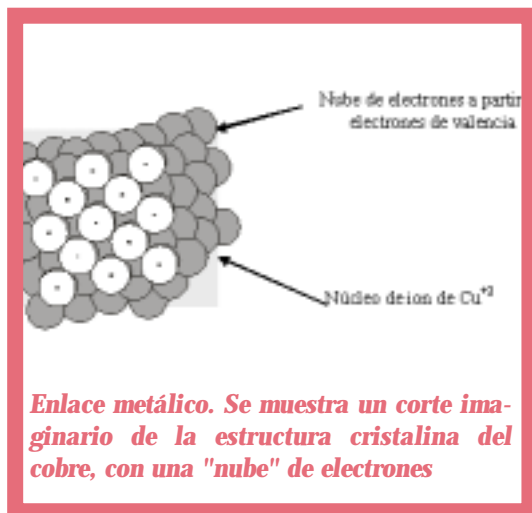
Es importante notar que los enlaces fuertes, covalentes se representan mediante rayas entre C y C y entre C y H. Entre las secciones adyacentes de las largas cadenas moleculares sólo se presentan enlazamientos débiles o secundarios. Son estos enlaces secundarios los que funcionan como

"eslabones débiles" que causan las bajas resistencias y los bajos puntos de fusión de los polímeros normales. En contraste, el diamante, que tiene una dureza muy alta y un punto de fusión mayor a 3500 °C, que tiene enlazamientos covalentes entre cada par adyacente de átomo.

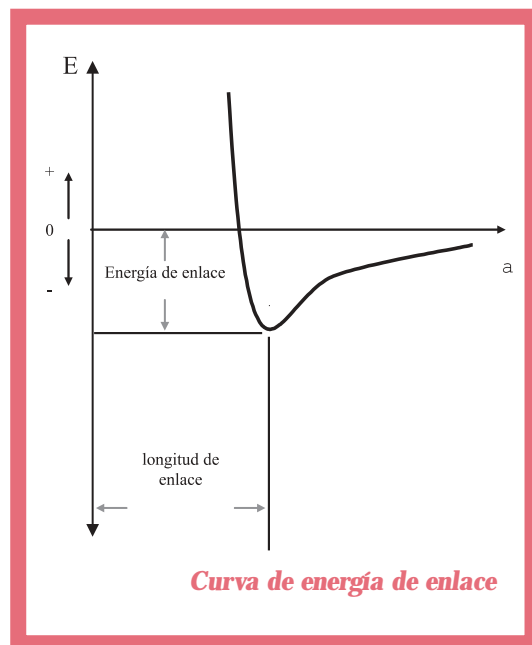
## Enlace metálico

Es el tercer tipo de enlace primario. En el enlace metálico, interviene una distribución compartida de electrones que es adireccional. En este caso, los electrones de valencia están deslocalizados; o sea que es igualmente probable que estén asociados con cualquiera de un gran número de átomos adyacentes.

En los metales característicos, esa deslocalización se relaciona con todo el material, lo que ocasiona una nube de electrones o un "gas" de electrones. El gas móvil es la base de la alta conductividad eléctrica de los metales.



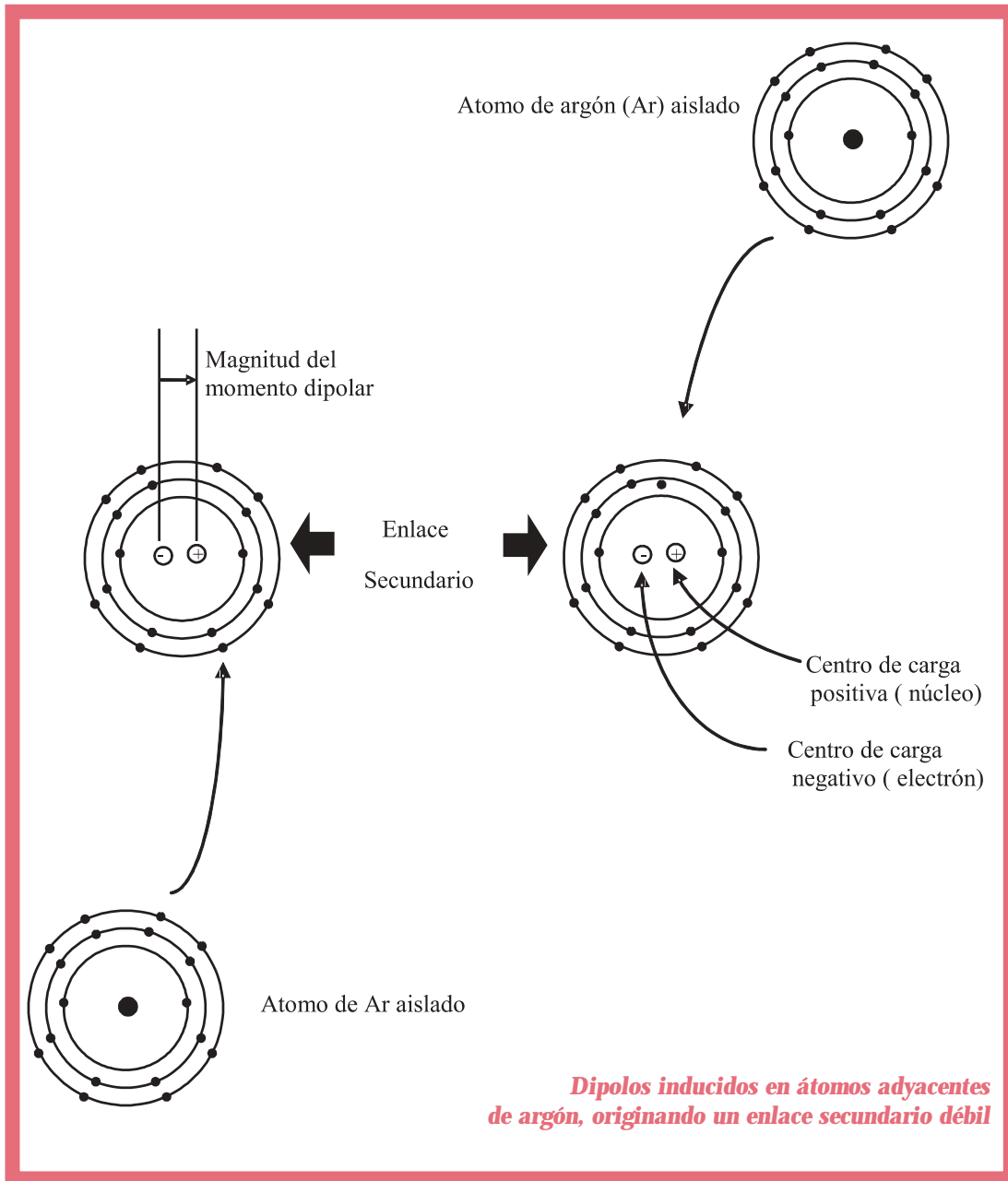
La forma general de la curva de energía de enlace y la terminología asociada, se aplican tanto al enlace covalente como iónico, y son válidas para los enlaces metálicos y secundarios.



## Enlace secundario de Van der Waals

Es posible obtener cierto enlazamiento con energías bastantes menores a las anteriormente señaladas, sin transferencia o distribución compartida de electrones: A éste se lo llama enlazamiento secundario o de Van der Waals.

El mecanismo de enlazamiento secundario es análogo al iónico; difiere sólo en que se basa en la atracción de cargas opuestas. La diferencia clave es que no se transfieren electrones; la atracción depende de distribuciones asimétricas de carga positiva y negativa dentro de cada unidad atómica o molecular que se enlaza. Esa asimetría de carga se llama **dipolo**.



El punto de fusión de un sólido es la temperatura a la que se lo debe someter, para que la energía térmica agregada pueda romper los

enlaces; es una representación de las energías relativas de los enlaces.

Punto de fusión para algunos materiales representativos <sup>1</sup>		
Material	Enlace tipo	Punto de fusión (°C)
NaCl	Iónico	801
C (diamante)	Covalente	≈ 3550
(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>	Covalente y secundario	≈ 120
Cu	Metálico	1083.4
Ar	Secundario (Dipolo inducido)	-189

## Clasificación de materiales

En ingeniería, la clasificación de los materiales se basa en determinados tipos o combinación de tipos de enlazamiento.

Así, las diferentes categorías son:

- **Metales.** Implican enlazamientos metálicos.
- **Cerámicos y vidrios.** Implican enlazamientos iónicos; por lo general, en conjunto con un fuerte carácter covalente.
- **Polímeros.** Implican fuertes enlaces covalentes a lo largo de las cadenas; pero, tienen enlazamientos secundarios más débiles entre cadenas adyacentes. El enlazamiento secundario funciona como eslabón débil en la estructura, produciendo resistencias y puntos de fusión característicamente bajos.
- **Semiconductores.** Tienen naturaleza predominantemente covalente.

Estas cuatro categorías de materiales de uso en ingeniería son los tipos fundamentales.

Existen también los denominados **materiales compuestos**, realizados con una mezcla he-

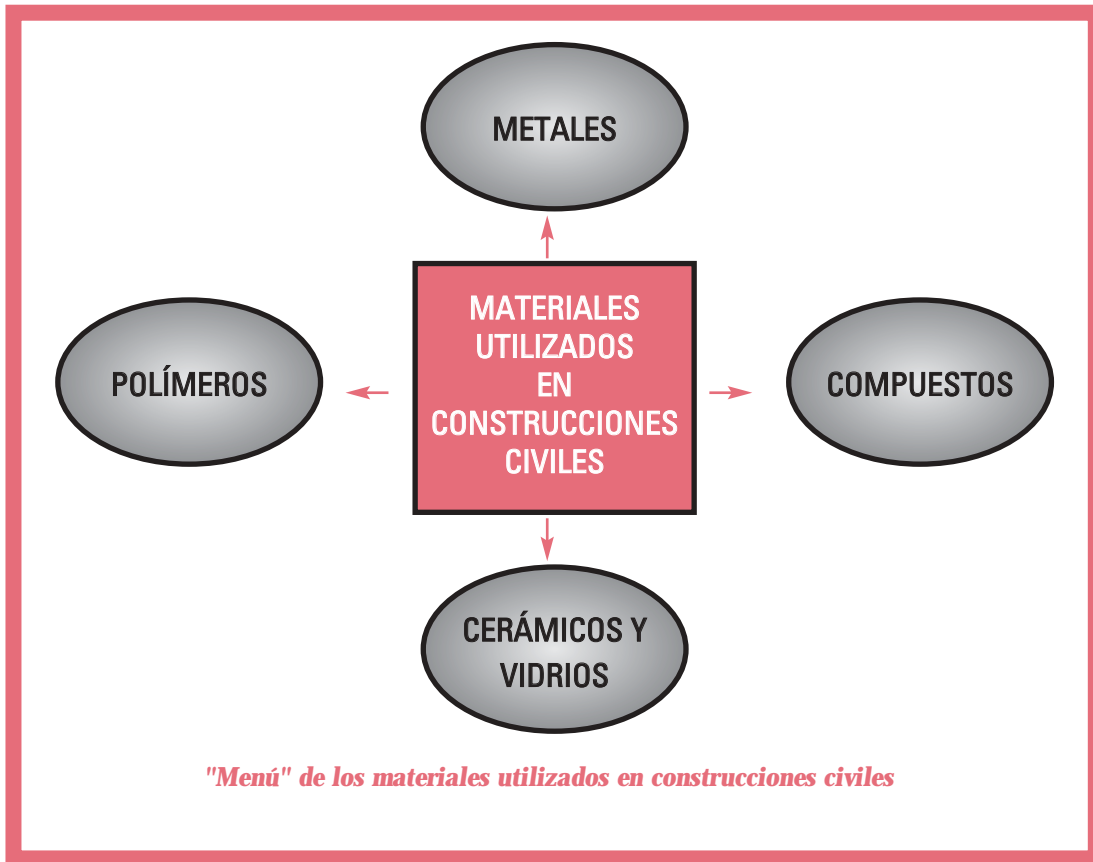
terogénea de uno o más fases homogéneas.

En forma generalizada, no es aceptada la clasificación de los materiales compuestos en función de su estructura. Los materiales compuestos utilizados en construcción pueden describirse en términos de una matriz -que es la fase continua- y de inclusiones que se encuentran embebidas en la matriz. Como ejemplo, podemos mencionar el hormigón, constituido por dos fases: pasta de cemento hidratada (matriz frágil) y agregados (inclusión de partículas duras); en consecuencia, las propiedades del hormigón están definidas por las propiedades de las dos fases y por la presencia de la interfase entre ellos.

Los materiales compuestos pueden ser artificiales -como los polímeros reforzados con fibras de vidrio- o compuestos naturales -como la madera-. Algunos autores<sup>2</sup>, limitan el ámbito de los materiales compuestos a aquellos realizados por el hombre; esta definición, más estricta excluye, entonces, a materiales como la madera.

<sup>1</sup> Shackelford, J. (1992) *Ciencia de materiales para ingenieros*. Prentice Hall Hispanoamérica. Madrid.

<sup>2</sup> Young, E.; Mindess, S.; Gray, R.; Bentur, A. (1998) *The Science and Technology of Civil Engineering Materials*. Prentice-Hall. New Jersey.



## Estructura a escala atómica

Gran número de materiales utilizados en el campo de la construcción es de naturaleza cristalina; esto es, los átomos del material están dispuestos de una forma regular y repetitiva. Esta regularidad permite definir su estructura en términos de una unidad estructural fundamental, la **celda unitaria**.

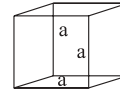
Hay siete sistemas de cristales, los que corresponden a las posibles formas de celdas unitarias. Solamente hay siete formas de celdas unitarias únicas que pueden agruparse para llenar el espacio tridimensional; debe-

mos considerar cómo los átomos pueden agruparse dentro de una celda unitaria dada.

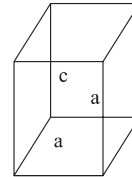
Para hacer esto de una manera general, empecemos considerando el arreglo tridimensional de puntos de retículas en lugar de átomos reales.

Existe un número limitado de posibilidades, conocidas como los 14 retículos de Bravais. El agrupamiento periódico de celdas unitarias genera una red espacial de puntos, que son arreglos de puntos con idénticos entornos en el espacio tridimensional.

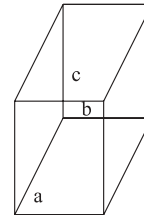
Cúbico  $a = b = c$  ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Tetragonal  $a = b \neq c$  ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



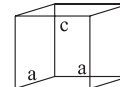
Ortorrómbico  $a \neq b \neq c$  ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



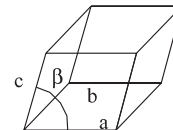
Romboédrico  $a = b = c$  ,  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



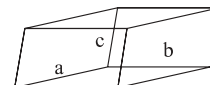
Hexagonal  $a = b \neq c$  ,  $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$



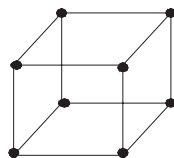
Monoclínico  $a \neq b \neq c$  ,  $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$



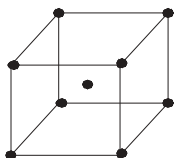
Triclínico  $a \neq b \neq c$  ,  $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



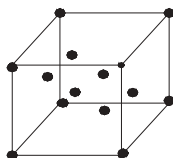
***Los siete sistemas de cristales***



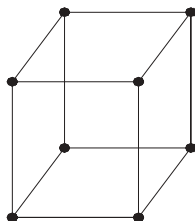
Cúbico simple



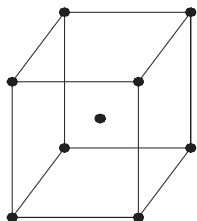
Cúbico centrado en el cuerpo



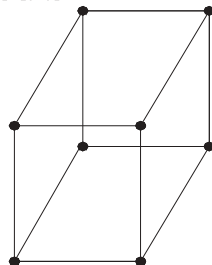
Cúbico centrado en las caras



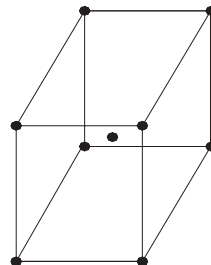
Tetragonal simple



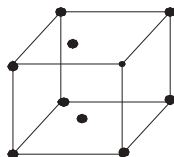
Tetragonal centrada en el cuerpo



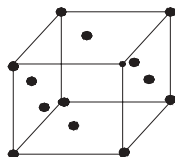
ortorrómbico simple



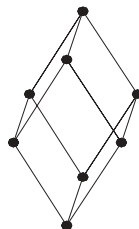
ortorrómbico centrado en el cuerpo



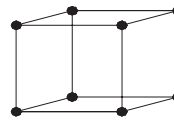
ortorrómbico centrado en la base



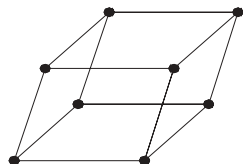
ortorrómbico centrado en la cara



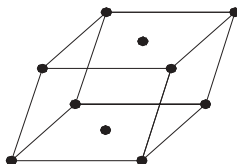
Romboédrico



Hexagonal



Monoclínico simple



Monoclínico centrado en la base



Triclinico

## Los catorce retículos de cristales

Ningún material real usado en ingeniería es tan perfecto como podría suponerse a partir de las descripciones estructurales; siempre existe alguna contaminación.

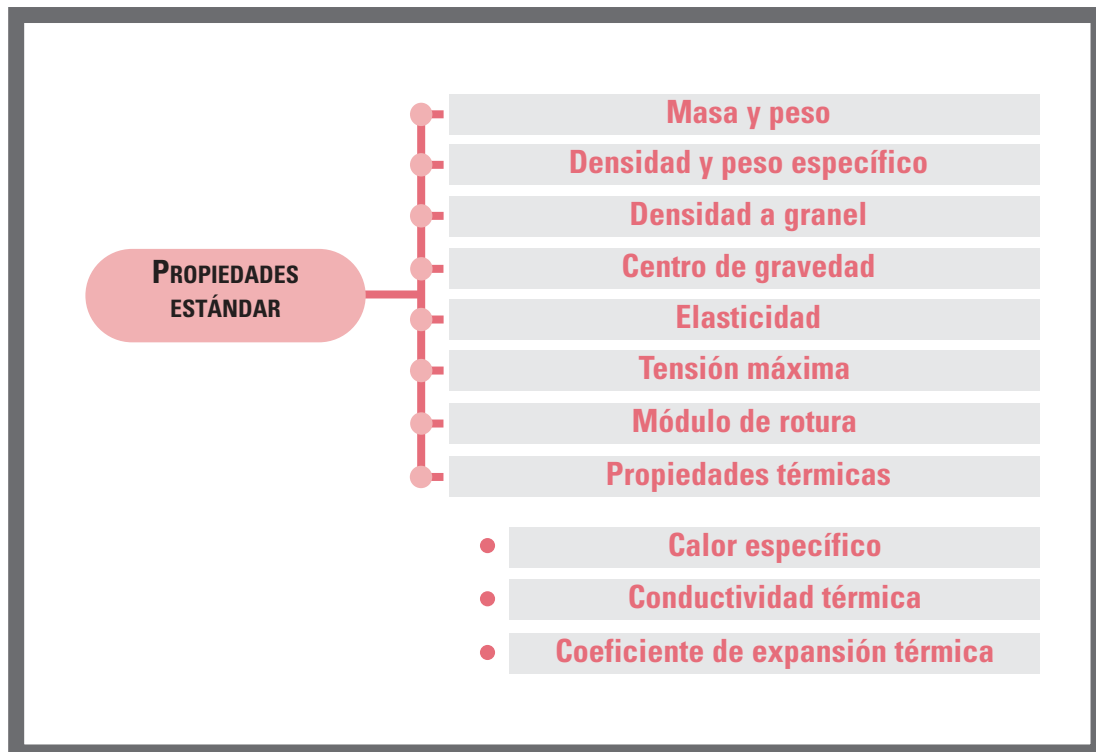
Hay tres estructuras de cristales principales, las que se observan en los metales comunes: cúbica centrada en el cuerpo, cúbica centrada en las caras y hexagonal de empaquetado compacto. Los compuestos cerámicos presentan una amplia variedad de estructuras cristalinas. Los polímeros se caracterizan por largas cadenas de estructuras poliméricas: las estructuras de cristal resultantes son relativa-

mente complejas: en la mayoría de los polímeros comerciales es cristalina parcialmente.

Cuando los materiales carecen de una estructura regular cristalina, se denominan **sólidos amorfos o no cristalinos**. Los más comunes son los vidrios de óxidos.

La difracción en rayos X es la herramienta estándar experimental para analizar las estructuras de cristales. La microscopía electrónica es una poderosa herramienta para observar el orden y el desorden estructural.

## Propiedades estándar de los materiales de la construcción





## Masa y peso

La masa mide la cantidad de materia que un cuerpo contiene; la masa no varía si el cuerpo cambia de posición.

En cambio, el peso de un cuerpo es la medida de la atracción gravitacional de la Tierra sobre él, la cual varía según la distancia al centro de la Tierra: Un objeto pesa ligeramente menos en la cima de una montaña que al nivel del mar.

Por lo tanto, la masa es una propiedad más fundamental que el peso; sin embargo, se acostumbra usar el término "peso" cuando se requiere decir masa, porque el peso es una forma de medir la masa.

En el sistema internacional de unidades -SI-, la unidad fundamental de la masa es el kilogramo.

Si un cuerpo de masa  $m$  se deja caer desde cierta altura sobre la superficie de la Tierra, se moverá debido a la acción de su peso  $P$ , siendo  $P$  la única fuerza que actúa en él. El cuerpo adquiere la aceleración de la gravedad. El peso de un cuerpo, entonces, es una fuerza y, en el SI, su unidad fundamental es el Newton.

## Densidad y peso específico

La densidad de un cuerpo se representa, generalmente, por la letra griega  $\rho$  (ro) y se

define como la relación entre la masa y el volumen del cuerpo:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

En el sistema internacional de unidades, la unidad de la densidad es el  $\text{kg/m}^3$ .

### Algunos valores característicos de materiales utilizados en la construcción

Material	Densidad $\text{kg/m}^3$
Quebracho colorado	1200 a 1300
Hormigón de masa normal	2000 a 2800
Agregados granitos	2600 a 2700
Agregados basaltitos	2700 a 3000
Agregados calcáreos	2600 a 2700
Hierro	7600

Para resolver muchos problemas tecnológicos se necesita conocer el peso por unidad de volumen. En tal caso, la masa del cuerpo se debe multiplicar por la aceleración de la gravedad:


$$Pe = \frac{m \cdot g}{v} \quad (6)$$

Para determinar el volumen de cuerpos irregulares -arena, piedra, etc.-, se aplica el principio de Arquímedes: Si el cuerpo se encuentra total-


El principio de Arquímedes plantea que "Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo."

mente sumergido, el volumen del líquido desplazado es igual al volumen del propio cuerpo.

Para determinar el peso específico de materiales de construcción tales como áridos finos o gruesos, se deben indicar las condiciones de humedad en las que se encuentra.




Para la determinación experimental se requiere un recipiente con una capacidad tal que permita sumergir el material en un cesto de alambre -que debe retener el material- y de una balanza. Estos dos componentes están incluidos en el recurso didáctico EMA que le hemos presentado y que, en unas páginas más, detallaremos.

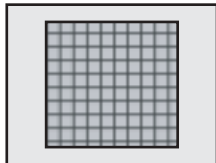


Entonces, se determinan los valores:

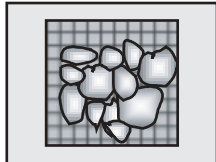
$D$  = Masa del material seca o a otra humedad especificada



$C$  = Masa del recipiente lleno de agua con el cesto



$B$  = Masa del recipiente con la muestra en agua



$$m_L = \text{Masa del líquido desalojado} = D + C - B \quad (7)$$

Conociendo la densidad  $\rho_L$  del líquido, se puede determinar el volumen del cuerpo, ya que éste es igual al del líquido desalojado:

$$V = m_L / \rho_L \quad (8)$$


En el sistema internacional de unidades, la unidad del peso específico es  $N/m^3$ .

## Densidad a granel


En determinadas situaciones como la comercialización o para determinar el volumen que ocuparán al ser almacenados, resulta necesario conocer la densidad a granel de algunos materiales tales como arena (árido fino), áridos gruesos, cemento, etc. ya que éstos se adquieren por unidad de peso a granel.

La densidad a granel también se denomina densidad aparente y se define como la masa de la unidad de volumen del material a granel, en las condiciones de humedad y compactación en que se efectúa el ensayo.

Con este valor se pueden determinar, además, los espacios entre partículas en una masa de agregado no ocupados por materia mineral sólida, por unidad de volumen del agregado.



Para el caso de los áridos, la determinación de la densidad a granel se puede realizar con el equipo EMA, aplicando los lineamientos establecidos en la Norma IRAM 1548<sup>3</sup>.



<sup>3</sup> Norma IRAM 1548 (1992) "Determinación de la densidad a granel (comúnmente denominada "peso unitario" o "densidad aparente") y de los espacios vacíos". Buenos Aires.

El primer paso consiste en seleccionar un recipiente resistente de forma cilíndrica de:

- 3 litros, como mínimo, para agregados de tamaño máximo no mayor de 13 mm.
- 15 litros, para agregados de tamaño máximo de hasta 40 mm.
- 30 litros, para agregados de tamaño máximo de hasta 100 mm.

Luego, se pesa el recipiente vacío ( $M_{rv}$ ). Para calibrar el recipiente, se lo llena con agua a temperatura comprendida entre 15 °C y 20 °C hasta rebosar; entonces, se enrasa con una placa plana y se determina el peso ( $M_{rw}$ ).

Conociendo la densidad del agua  $\rho$ , se calcula el volumen del recipiente ( $V_r$ ), según la ecuación 9:

$$V_r = (M_{rw} - M_{rv}) / \rho \quad (9)$$

a. Densidad aparente del agregado compactado, para agregados cuyo tamaño máximo es menor o igual que 37,5 mm:

- Se llena 1/3 del volumen del recipiente con el agregado y se alisa la superficie con los dedos.
- Se compacta la capa con 25 golpes de una varilla cuyas dimensiones son de 16 mm de diámetro y 600 mm de largo, con punta roma.
- Se repite esta operación para los 2/3 del volumen del recipiente y para el tercio restante.
- Se determina la masa del recipiente más su contenido, redondeando a los 50 g, obteniendo el valor de  $M_{r+m}$ .

b. Densidad aparente del agregado compactado, para agregados cuyo tamaño máximo sea mayor que 37,5 mm y no mayor que 75 mm:

- Se llena el recipiente en tres capas iguales, compactando cada capa con 25 caídas de cada lado del recipiente (por capa), desde una altura de, aproximadamente, 50 mm.
- Se enrasa a mano.
- Se pesa el recipiente y su contenido, obteniendo el valor de  $M_{r+m}$ .

Las operaciones y cálculos requeridos:

- Masa del recipiente vacío,  $M_{rv}$  (kg).
- Masa del recipiente enrasado con agua,  $M_{rw}$  (kg).
- Volumen del recipiente,  
 $V_r = (M_{rw} - M_{rv}) / \rho$  ( $m^3$ ).
- Masa del recipiente más la del material,  $M_{r+m}$  (kg).
- La densidad a granel o aparente en  $kg/m^3$ , se determina aplicando la ecuación 10:

$$\text{Densidad a granel} = (M_{r+m} - M_{rv}) / V_r \quad (10)$$

## Centro de gravedad

Decíamos que el peso de un cuerpo representa la atracción de la Tierra sobre cada una de las partículas que lo forman,

La acción de la Tierra sobre un sólido debe

representarse, por tanto, mediante un gran número de fuerzas pequeñas distribuidas sobre el sólido. Además, podemos interpretar el peso mediante una fuerza única  $\mathbf{W}$ . El punto de aplicación de esta fuerza se llama **centro de gravedad**.

Consideremos una placa plana horizontal. Si se divide la placa en  $n$  pequeños elementos, llamaremos  $x_1$  e  $y_1$  a las coordenadas del primer elemento  $x_2$  e  $y_2$  a las segundas, etc. Y designaremos  $\Delta W_1, \Delta W_2 \dots \Delta W_n$ , respectivamente, a las fuerzas ejercidas por la Tierra sobre cada uno de los elementos de la placa.

Estas fuerzas -o pesos- están orientadas hacia el centro de la Tierra; sin embargo, en la práctica, pueden suponerse paralelas. La resultante es, por consiguiente, una fuerza única con la misma orientación.

El módulo  $W$  de la fuerza se obtiene sumando los módulos de los pesos elementales:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta W_i = W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_n \quad (11)$$

Para obtener las coordenadas  $x$  e  $y$  del centro de gravedad, punto "G" donde se encuentra la resultante  $W$ , se igualan los momentos de  $W$  respecto a los ejes, con los momentos de cada uno de los elementos, planteando las ecuaciones 12 y 13, cuyas únicas incógnitas son  $x$  e  $y$ , respectivamente:

$$\Sigma M_y = xW = \sum_{i=1}^n x_i \Delta W_i = x_1 \Delta W_1 + x_2 \Delta W_2 + \dots + x_n \Delta W_n \quad (12)$$

$$\Sigma M_x = yW = \sum_{i=1}^n y_i \Delta W_i = y_1 \Delta W_1 + y_2 \Delta W_2 + \dots + y_n \Delta W_n \quad (13)$$

Si aumentamos el número de elementos en que se divide la placa  $y$ , simultáneamente, disminuimos, el tamaño de cada uno de ellos, en el límite obtendremos la siguiente expresión:

$$W = \int dW \quad xW = \int x dW \quad yW = \int y dW \quad (14)$$

En el caso de una placa homogénea de espesor uniforme, el módulo  $\Delta W$  del peso de un elemento de placa puede expresarse como:

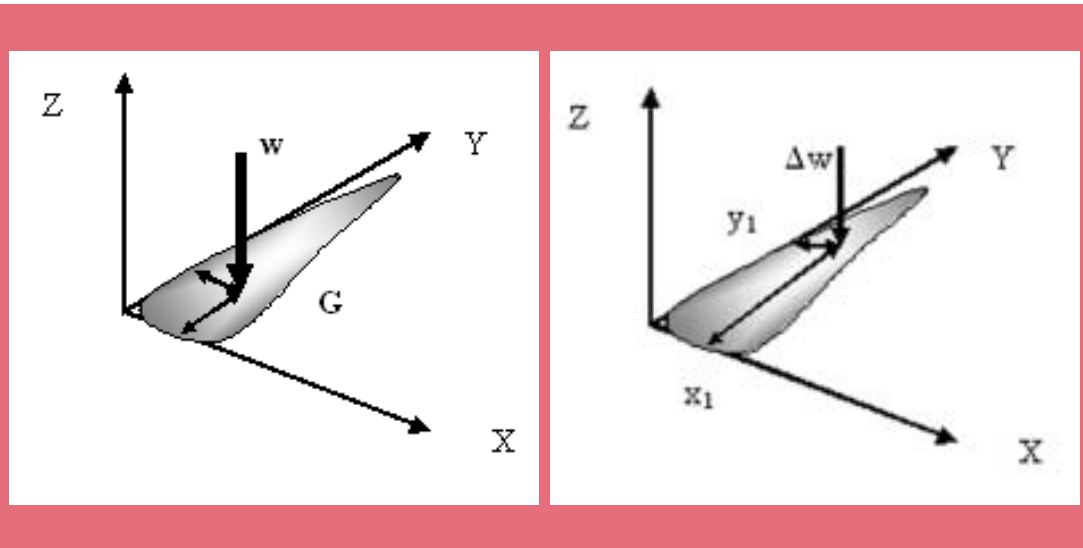
$$\Delta W = \rho_e T \Delta A \quad (15)$$

Donde:

- $\rho_e$  es el peso específico.
- $T$  es el espesor.
- $\Delta A$  es el área del elemento.

Para un cuerpo tridimensional se aplican las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} W &= \int dW & xW &= \int x dW \\ yW &= \int y dW & zW &= \int z dW \end{aligned} \quad (16)$$



## Elasticidad

Al someter un espécimen o probeta a cargas crecientes, se puede determinar el alargamiento longitudinal para cada carga.

Si el alargamiento versus la carga aplicada se grafican en ejes ortogonales, se obtiene la curva carga-alargamiento.

Para obtener un planteamiento más general sobre el material, se normalizan estos valores por geometría. Así, se divide la carga por el área (ecuación 17), obteniendo la tensión.

$$\sigma = P/A_0 \quad (17)$$

Donde:

- $\sigma$  es la tensión.
- $P$  es la carga sobre la muestra.
- $A_0$  es la sección transversal original de la muestra.

El alargamiento específico o deformación específica se define como la relación entre la diferencia de la longitud de la probeta bajo la acción de una carga determinada y la longitud inicial de aquella. El alargamiento específico es:

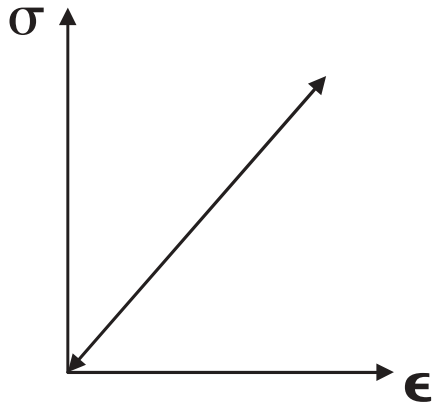
$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (18)$$

Donde:

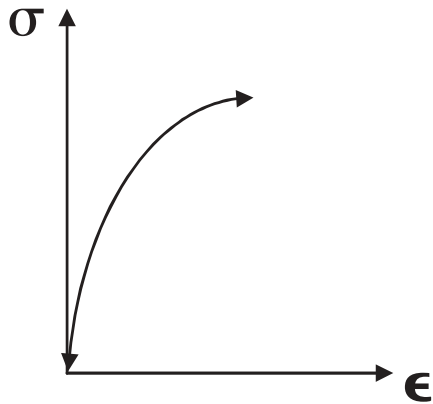
- $\epsilon$  es el alargamiento específico.
- $l$  es la longitud de la muestra a una determinada carga.
- $l_0$  es la longitud original.

Al plantear la tensión en relación con la deformación específica en un gráfico con ejes ortogonales, se obtiene el gráfico tensión-deformación, que varía de acuerdo con el tipo del material, con importantes particularidades.

La **elasticidad pura** se produce cuando la deformación aparece y desaparece inmediatamente, al aplicarse y retirarse la carga.

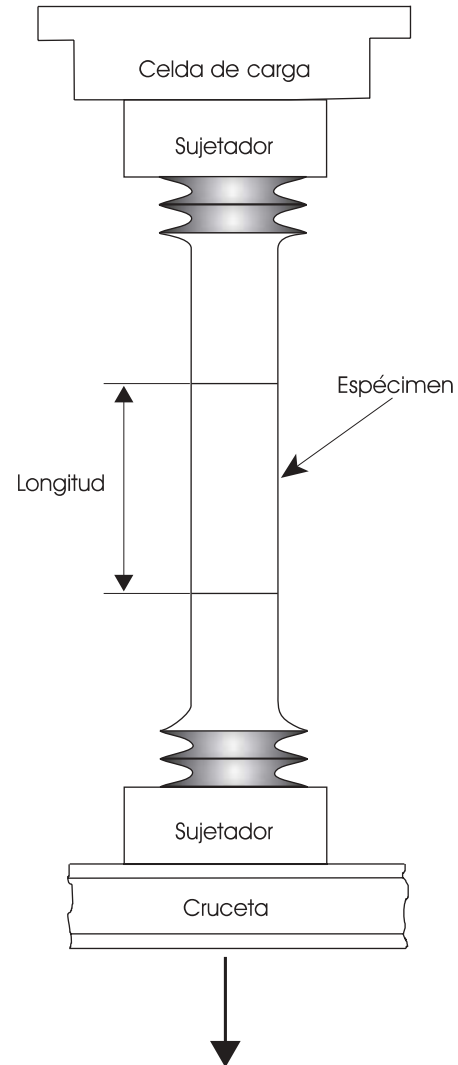


**a) Lineal y elástica**



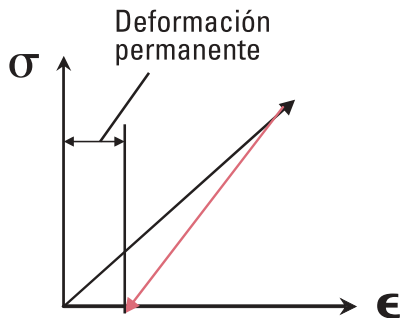
**b) No lineal y elástica**

*Dos clases de elasticidad pura; el acero se comporta, aproximadamente, como el caso a; la madera y algunos polímeros, como el caso b*

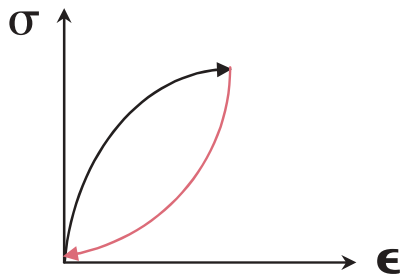


Los materiales como el vidrio y la mayoría de las rocas se describen como lineales y no elásticos, ya que en el gráfico tensión-deformación se observa una curva lineal para la carga, separada de otra curva lineal para la descarga, y una deformación permanente después de retirar completamente la carga.

La cuarta categoría corresponde a un comportamiento no lineal y no elástico, donde existe deformación permanente después de retirada la carga; el área encerrada por las curvas de carga y descarga representa la histéresis. Este comportamiento es típico del hormigón en compresión o tracción.



c) Lineal y no elástica



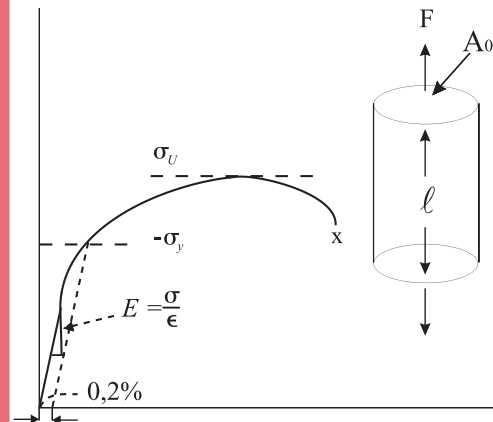
d) No lineal y no elástica

La imagen c describe el comportamiento del vidrio y de la mayoría de las rocas; el hormigón, en compresión o tracción, está ilustrado en la d.

En un ensayo de tracción para un acero, la deformación plástica es la deformación permanente que no se recupera cuando se elimina la carga, aunque se recupere una pequeña componente elástica.

Con frecuencia, es difícil especificar con precisión el punto en el cual la curva de tensión-deformación se desvía de su linealidad y entra en la región plástica. En los aceros, la convención define como límite de fluencia a la intersección de la curva tensión-deformación con una línea recta paralela a la porción elástica desplazada del origen 0,2% sobre el eje de deformación.

El límite de fluencia es la tensión para la cual comienza la deformación plástica  $\sigma_f$ .



Resultado de un ensayo de tracción para un acero; la región elástica de la curva tensión-deformación es la porción lineal inicial.

Un mecanismo fundamental de la deformación elástica consiste en el **estiramiento de los enlaces atómicos**. La deformación del material en la región elástica inicial es pequeña; de manera que, en la escala atómica, se trata sólo de la porción de la curva de fuerza-distancia entre átomos en la vecindad inmediata de la distancia de separación de los átomos en equilibrio, correspondiente a  $a_0$  y  $F=0$ .

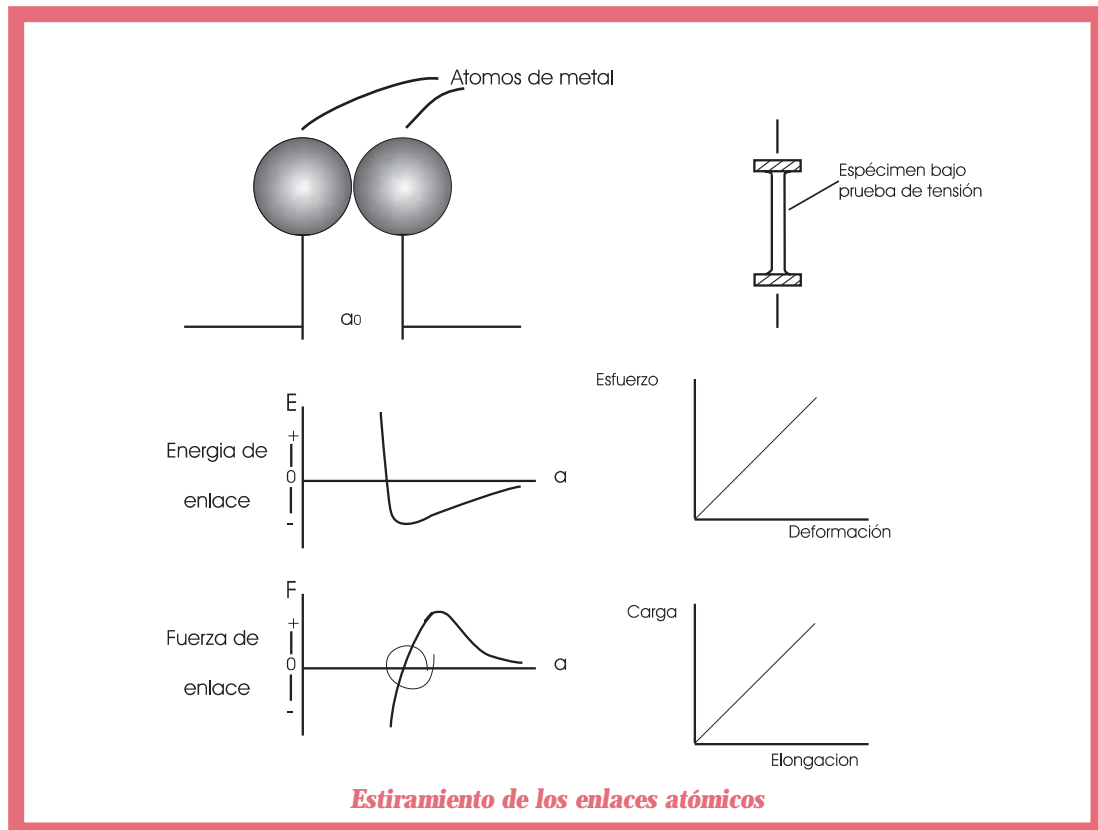
Por otro lado, el mecanismo fundamental de la deformación plástica es la distorsión y la reformación de los enlaces atómicos

El **módulo de elasticidad** es una constante elástica propia de cada material que relaciona la parte lineal de la curva tensión-deformación.

Expresado en otros términos, es la pendiente de la curva tensión-deformación en la región elástica. Esta linealidad, es una representación gráfica de la ley de Hooke:

$$\sigma = E \times \epsilon \quad (19)$$

En el caso de materiales como el hormigón, con fines prácticos, el módulo de elasticidad se determina con tensiones que van del 15 al 50 % de la resistencia.





Módulos de elasticidad -valores característicos-	
Material	E (GPa)
Acero al carbono 1040	200
Hormigón	34 -69
Ladrillo de arcilla	97
Madera	13,4
Policarbonato	2 400 000
Polietileno de alta densidad	830 000
Vidrio de sílice	72,4

## Tensión máxima ( $\sigma_u$ )

Es la tensión correspondiente a la carga máxima alcanzada durante el ensayo de tracción.

Para metales, polímeros dúctiles y la mayoría de los materiales compuestos, esta tensión es de una a tres veces mayor que la tensión de fluencia.

En los materiales cerámicos sometidos a esfuerzos de compresión, la tensión máxima a compresión ( $\sigma_u^c$ ) es 10 a 15 veces mayor que la tensión máxima a tracción.

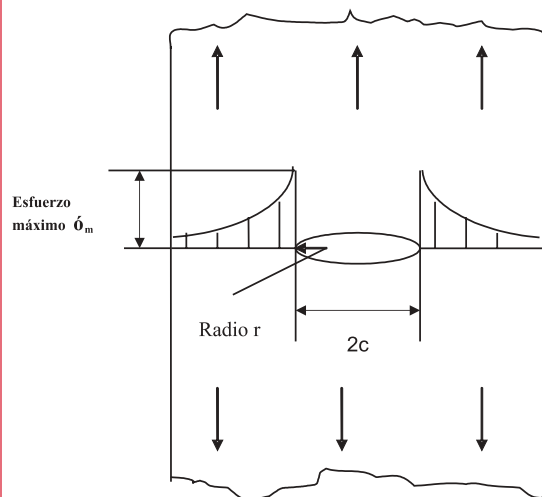
Cuando se trata de cumplir una finalidad estructural, la tensión máxima o resistencia es considerada como la característica más valiosa de un material.

Se puede comprobar experimentalmente que la resistencia máxima teórica es mayor que la resistencia real medida. En

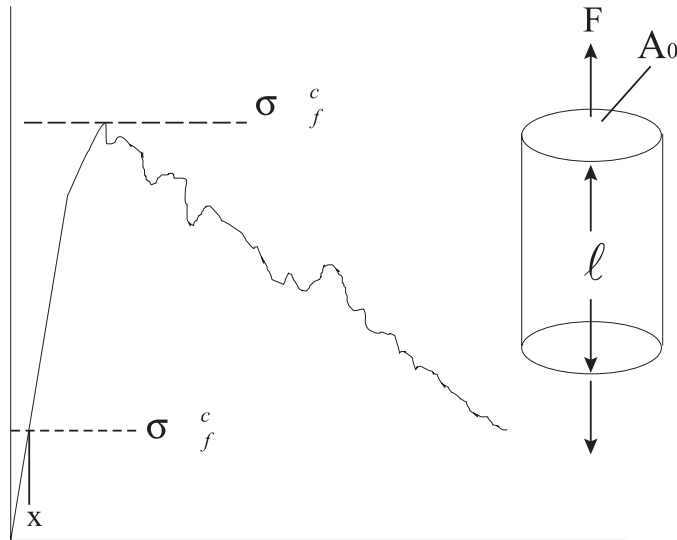
el caso del hormigón, esta resistencia máxima teórica se estima 1000 veces mayor que la resistencia real.

La **tensión o resistencia máxima teórica** se estima sobre la base de la cohesión molecular de la estructura atómica y se calcula a partir de la energía requerida para crear nuevas superficies, por fractura de un material perfectamente homogéneo y sin grietas.

Estas discrepancias entre resistencias teóricas y reales, se explican por la presencia de grietas o fisuras que conducen a concentraciones muy altas de tensiones, en los extremos de las imperfecciones, bajo carga. En general, pueden existir fisuras microscópicas localizadas, cuando la tensión promedio en todo el material es relativamente baja o cuando el material no ha sido sometido a ningún tipo de carga (por ejemplo, el hormigón).



**Concentración de tensiones en el extremo de una fisura, en un material frágil**



**Tensión máxima en materiales cerámicos**

La concentración de tensiones en el extremo de la fisura es un fenómeno tridimensional. La debilidad mayor se da cuando la orientación de una fractura es normal con respecto a la dirección de la carga aplicada.

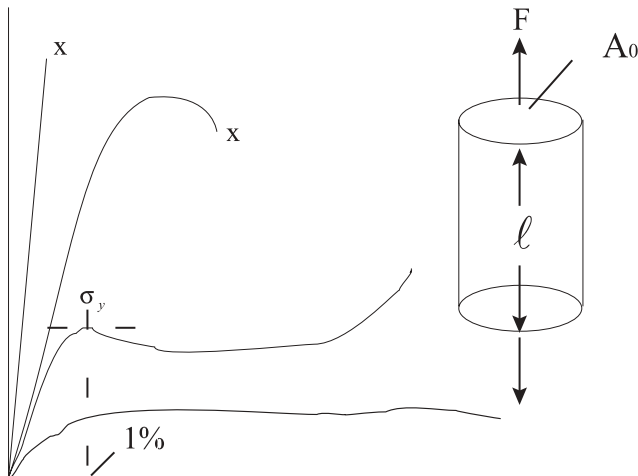
De igual forma, el esfuerzo máximo será mayor mientras mayor es el valor de  $c$  (mitad del largo de la fisura) y menor el valor de  $r$  (radio de curvatura).

Cuando se incrementa la carga externa, el esfuerzo máximo  $\sigma_m$  aumenta hasta llegar a la tensión de falla del material, conocida como **resistencia de fractura del material**  $\sigma_{ft}$ :

$$\sigma_{ft} = (T.E / \pi.C)^{1/2} \quad (20)$$

Donde:

- $T$  es el trabajo requerido para ocasionar una fractura.
- $E$  es el módulo de elasticidad.



**Curvas de tensión-deformación de polimeros dúctiles y frágiles**

En esta etapa se forman nuevas superficies, se extiende la fractura y hay liberación de la energía elástica almacenada en el material.

- Si esta energía es suficiente para continuar la propagación de la fractura, existirán las condiciones para una falla inminente de todo el material.
- Por otra parte, si la energía liberada es demasiado baja, la fractura se detendrá hasta que la carga externa se incremente.

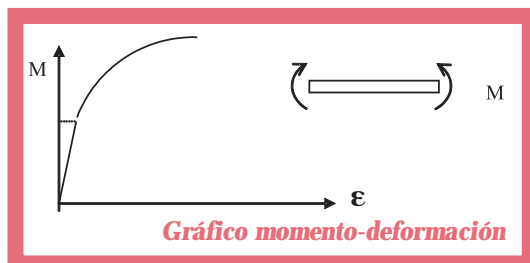
De acuerdo con la teoría de la fractura, la falla se iniciará en la fractura mayor, que está orientada en la dirección normal a la dirección de la carga aplicada.

## Módulo de rotura

El módulo de rotura se define como la máxima tensión superficial de una viga, sometida a esfuerzo de flexión en el momento de la rotura.

El gráfico momento (M) versus deformación (deformación en la fibra externa  $\epsilon$ ) es similar al de tensión-deformación para tracción.

En los materiales cerámicos, el módulo de rotura es un 30 % mayor que la resistencia a tracción. Este valor se determina en materiales en los cuales resulta difícil ensayar la tracción porque es problemática la fijación de la probeta en la prensa, tal es el caso del hormigón. La unidad en el sistema internacional de medidas es Mpa.



## Valores de módulos de rotura tipo

Material	Módulo de rotura (Mpa)
Ladrillo de arcilla	5,2
Ladrillo de magnesio	28
Hormigón	4

## Propiedades térmicas

### a. Calor específico

Si un cuerpo recibe una cantidad de calor ( $\Delta Q$ ) y su temperatura varía ( $\Delta T$ ), la capacidad térmica (C) de este cuerpo está dada por la expresión:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (21)$$

Si un cuerpo de masa m tiene una capacidad térmica C, el calor específico c del material que constituye el cuerpo está dado por:

$$c = \frac{C}{m} \quad (22)$$

Esta ecuación se puede interpretar como la cantidad de calor necesaria para que la unidad de masa eleve la temperatura en 1 °C.

La unidad de medida utilizada es cal/ g °C

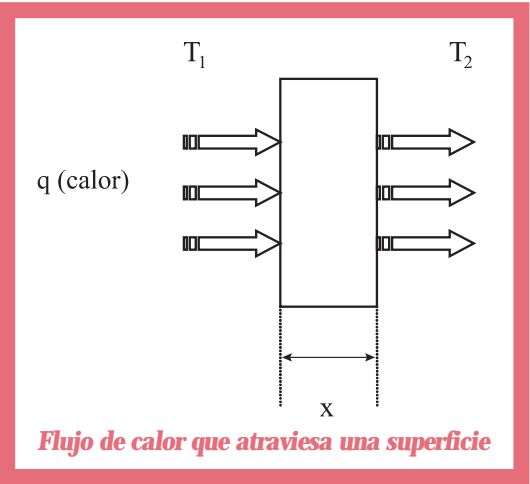
## Valores característicos de calor específico

Material	Calor específico cal/g °C
Aluminio	0,22
Vidrio	0,20
Hierro	0,11

**b. Conductividad térmica ( $\lambda$ )**

Es una característica propia de cada material que indica la velocidad a la cual se transmite el calor, en régimen estable, a través de un sólido.

La conductividad térmica es la cantidad de calor que atraviesa un cuerpo por unidad de espesor, por unidad de superficie y por unidad de tiempo, cuando hay una diferencia de un °C entre sus caras. La unidad usual es (cal/ m .°C . s).



La conductividad se calcula por la ley de Fourier, según la ecuación:

$$q = \frac{\lambda T_1 - T_2}{x} \quad (23)$$

Donde:

- $q$  es el calor.
- $T_1$  y  $T_2$  son las temperaturas en las caras.
- $x$  es el espesor del material.

El coeficiente de conductividad térmica varía en función de la temperatura y de la humedad del material.

Valores de conductividad para materiales de la construcción	
Material	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) (cal/m .°C.s).
Acero	40
Hierro	58
Ladrillo	0,75
Pino	0,13
Hormigón	0,70

**c. Coeficiente de expansión térmica**

Un incremento de temperatura conduce a una vibración térmica mayor de los átomos de un material y al incremento en la distancia promedio de separación de los átomos adyacentes, generando un cambio de volumen.

Generalmente, para fines prácticos, los cambios de volumen se evalúan por la variación longitudinal  $dL$ , en una dirección  $L$ , que se incrementa conforme aumenta la temperatura,  $T$ .

Esto se refleja en el coeficiente lineal de expansión térmica a dado por la expresión:

$$\alpha = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dT} \quad (24)$$

Donde:

- $\alpha$  tiene unidades de mm/(mm.°C).

Expansión térmica -valores medios-	
Material	Coefficiente lineal de expansión térmica, 0 - 1000 °C (mm/mm.°C)
Ladrillo refractario	5.5
Vidrio de sílice	0.5
Hormigón	$6 - 14 \times 10^{-6}$

## El futuro de los materiales

Los materiales cambian rápidamente; numerosas fuerzas producen estos cambios: las fuerzas del mercado, los desarrollos científicos y los megaproyectos.

### La fuerza del mercado: economía versus *performance*

Los usuarios últimos de los materiales son las industrias que generan los productos; éstas son las que deciden qué y cómo comprar para adaptar el diseño de sus productos al material.

Los materiales para grandes obras civiles (peso mayor a 10.000 t) deben cumplir, como requisito fundamental, el ser económicos -es decir, poseer un valor monetario bajo, por peso del material-, que constituye el factor más importante a considerar en este tipo de obras. No sucede lo mismo, por ejemplo, con los materiales que se aplican en biomedicina, en los que el requisito más relevante es la *performance* del material y no su bajo precio.

El valor de mercado de un producto está for-

mado por distintos factores, que es posible agrupar en:

- Costo del material del cual está hecho.
- Costo de investigación y de desarrollo.
- Costo de ejecución.
- Costo de distribución.
- Costo de comercialización.
- Costo asociado al status.

Cuando el costo del material tiene una gran incidencia en el costo del producto (aproximadamente, el 50 %), el valor agregado al material -o sea, la *performance*- es pequeño; el mercado tiende, entonces, a economizar en el material para incrementar las ganancias. Éste es el caso del hormigón elaborado: El costo de los materiales constituyentes (agregados, cemento, aditivos y agua) conforman el 50 % del valor de mercado.

El hormigón elaborado es un hormigón tipo, de resistencia característica a la compresión de 21 Mpa, con un asentamiento de 7,5 cm.

La mayoría de los materiales de la construcción tiene un valor agregado relativamente bajo y un mercado de gran volumen, por lo que la tendencia es la de mejorar el proceso de producción -o la de crear nuevos procesos-, incrementar la *performance* y aumentar la confiabilidad. En este tipo de materiales, incrementar las mejoras es más importante que encarar investigaciones revolucionarias.

Cuando el costo del material es un 1 % del

costo del producto (por ejemplo, en los lentes de contacto o en los productos de electrónica), el valor agregado es grande; las fuerzas del mercado tienden, entonces, a mejorar la *performance* para incrementar las ganancias. Para este tipo de materiales sí son importantes las investigaciones revolucionarias.

## El empuje de la ciencia: La curiosidad, guía de la investigación

Numerosas investigaciones se llevan a cabo con el objeto de crear nuevos materiales, optimizar procesos y mejorar propiedades. Éstas se desarrollan en universidades, laboratorios del gobierno o de distintas empresas; pero, hasta la actualidad, las fuerzas del mercado han sido las más relevantes en los cambios en estas áreas.

Se tarda, aproximadamente, quince años desde la investigación de un nuevo material hasta su comercialización.

## Energía y medio ambiente

El desarrollo tecnológico y la atención al medio ambiente no son incompatibles. Es creciente el interés por reducir y revertir los daños causados al medio ambiente, lo que requiere procesos poco tóxicos y productos fáciles de reciclar, livianos y de menor demanda de energía; es decir, compromiso con la calidad.

Las nuevas tecnologías deben desarrollarse de tal forma que la producción no represente daños al medio ambiente. La preocupación

por el medio ambiente debe incorporarse en los procesos de diseño, producción y mantenimiento, pensando en el ciclo vital del producto, que incluye fabricación, distribución, uso y disposición final.

Todos los materiales involucran energía; se utiliza energía para la extracción, la refinación, la modelación de metales, la cocción de cerámicos y la producción de cementos, y se encuentra en forma intrínseca en los polímeros y elastómeros.

El contenido de energía es una de las formas más sencillas de evaluar y cuantificar la contaminación de la producción, y permite obtener un parámetro más, a la hora de seleccionar materiales.

Consideremos un ejemplo.

Para realizar una viga que debe alcanzar una condición de rigidez especificada, con un mínimo contenido de energía, se podría aplicar la siguiente fórmula para cuantificar la energía, frente a la selección del material:

$$Q = A.L.\rho.q \quad (25)$$

Donde:

- $Q$  es la energía contenida en la viga.
- $q$  es la energía contenida en un material por unidad de masa (MJ/kg).
- $A$  es la sección de la viga (cuadrada) ( $m^2$ ).
- $L$  es la longitud de la viga (m).
- $\rho$  es la densidad ( $kg/m^3$ ).

Considerando la rigidez  $S$  como:

$$S = \frac{C.E.I}{L^3} \quad (26)$$

Donde:

- C es una constante que depende de la forma de aplicar las cargas.
- E es el módulo de elasticidad del material.
- I es el momento de inercia.

Remplazando la ecuación 25 en función de la 26 y considerando la viga de sección cuadrada, se obtiene la siguiente expresión:

$$Q = \left| \frac{12.S.L^5}{C} \right|^{1/2} \frac{\rho.q}{E^{1/2}} \quad (27)$$

En ella se observa que la energía contenida es mínima, cuando es máxima la relación:

$$\frac{E^{1/2}}{\rho.q}$$

Lo que sugiere que los valores de mínima energía se producen cuando se minimiza el peso.

Valores de energía contenida en algunos materiales		
Tipo	Material	Energía q ( MJ/ kg)
Metales	Aluminio y aleaciones	290 - 305
	Cobre y aleaciones	95 -115
	Acero	50 - 60
Polímeros	Nylon 66	170 - 180
	Polipropileno	108 - 113
	PVC	67 - 92
	Vidrios	13 - 23
Cerámicos y vidrios	Ladrillo	3.4 - 6
	Cemento	4.5 - 8
	Hormigón	3 - 6
	Piedra	1.8 - 4
Otros	Madera	1.8 - 4
	Hormigón armado	8 - 20

El contenido de energía es sólo una forma de evaluar el impacto ambiental del material; en muchas circunstancias, no suele ser lo más relevante. También se deben considerar las emisiones de gases tóxicos en la producción, las dificultades que los materiales presentan para ser reciclados, la resistencia a la

biodegradación y la energía involucrada en el traslado del material desde su lugar de producción hasta su emplazamiento final.

Las legislaciones y los nuevos diseños deben fomentar su **reciclado**<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> La bibliografía sugerida para esta segunda parte de **Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción** es:

- Ashby, M. F. (1992) *Materials Selection in Mechanical Design*. Pergamon Press. New York.
- Ferrero, M. T.; Durán, M. G. y otros (2003) *Los procesos de pensamiento en la lectura comprensiva y en la resolución de problemas*. Comunicarte, Córdoba.
- Godoy, Flores y Durán "Sobre el concepto de estabilidad en estructuras"  
[http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/estruct/gmnme/Cursos/PresentacionACC\\_archivos/frame.htm](http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/estruct/gmnme/Cursos/PresentacionACC_archivos/frame.htm)
- Máximo, A.; Alvarenga, B. (1998) *Física general*. Oxford University Press. México.
- Nevillas, A.; Brooks, J. (1998) *Tecnología del concreto*. Trillas. México.
- Norma IRAM 1548 (1992) "Determinación de la densidad a granel (comúnmente denominada "peso unitario" o "densidad aparente") y de los espacios vacíos". Buenos Aires.
- Norma IRAM 9542 "Método de ensayo de flexión estática de maderas con peso específico aparente mayor de 0,5 g/cm<sup>3</sup>". Buenos Aires.
- Prociencia-CONICET (1996) *Materiales, Introducción a su estudio desde un punto de vista funcional*. Ministerio de Cultura y Educación. Buenos Aires.
- Schegg, A. (2000) *Puentes, Diseño técnico-estético*. Asociación Cooperadora de Estructuras. Buenos Aires.
- Shackelford, J. (1992) *Ciencia de materiales para ingenieros*. Prentice Hall Hispanoamérica. Madrid.
- Tresdell, C. (1975) *Ensayos de historia de la mecánica*. Tecnos. Madrid.
- Whitten, F. K.; Gailey, K.; Davis, R. (1996) *Química general*. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Young, E.; Mindess, S.; Gray, R.; Bentur, A. (1998) *The Science and Technology of Civil Engineering Materials*. Prentice-Hall. New Jersey.



### 3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

#### Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

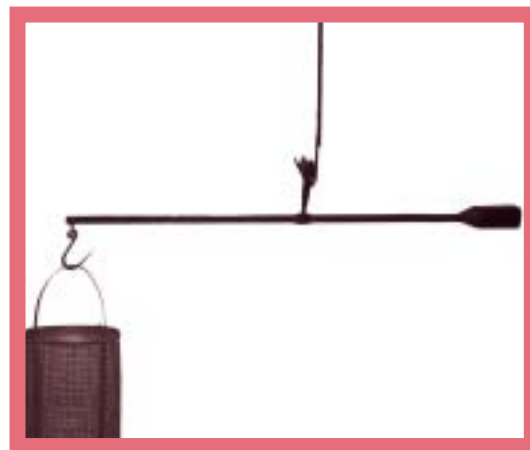
#### El producto

El recurso didáctico EMA está compuesto por dos instrumentos -una balanza y un dispositivo para realizar ensayos a la flexión- que permiten determinar masa, densidad y módulo de rotura de materiales, y por una base de apoyo.

Permite, además, incorporar otros elementos tales como: flexímetros para determinar la deformación, dispositivos para ensayar la compresión, etc.

#### Los componentes

La balanza es un instrumento destinado a medir masa. Consiste, esencialmente, en una barra que puede girar en torno a un eje horizontal móvil materializado por los pernos, en donde se sujeta una agarradera. En un extremo de la barra se encuentra un contrapeso y, en el otro extremo, un gancho que permite sujetar el material cuya masa ha de determinarse. Para facilitar el uso es conveniente suspender la balanza de un gancho o de una ménsula a la pared o el techo, y prever un elemento de apoyo del brazo en el extremo en donde se encuentra el gancho.



Los criterios utilizados para la selección del material para construir la balanza son técnicos, económicos, de durabilidad y seguridad: Se necesita un material pesado para aumentar la capacidad de la balanza y para facilitar la construcción -aún cuando este rasgo genere conflicto con el criterio de manejabilidad-.

La base de apoyo y la tolva de carga forman el **dispositivo para realizar ensayos de flexión**:

- La **base de apoyo** está constituida por una planchuela en donde se encuentran dos apoyos móviles con libre movimiento, según dos de sus ejes; uno de los

apoyos se puede desplazar, permitiendo ensayar materiales de distintas luces.

- La **tolva de carga** está formada por un recipiente de chapa que, en el extremo inferior, tiene dos apoyos cilíndricos que materializan dos cargas concentradas sobre el elemento a ensayar.



Para realizar el ensayo, se carga la tolva con un material -arena, esferas de rulemanes, agua, etc.- de densidad a granel conocida. La selección del material se realiza en función de la carga máxima que se desea lograr. Al multiplicar la densidad a granel por el valor de la gravedad del lugar, se obtiene el peso por unidad de volumen a granel. Conociendo el volumen de material con el que se cargó la tolva, se determina la carga máxima aplicada.

Durante el proceso de carga de la tolva se requiere nivelar el material dentro de ésta, para evitar esfuerzos de torsión y otros.

Además, es necesario sujetar la tolva para que no vuelque en el momento de rotura de la viga, lo que se puede materializar con cables de acero o con un contenedor.

## Los materiales, herramientas e instrumentos

En la tabla se detallan los materiales utilizados; las dimensiones se indican en los planos.

Como algunos elementos son pequeños en función de la unidad de comercialización (tales como las barras de hierro), se pueden utilizar sobrantes, lo que permitiría disminuir el costo del equipo.

Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción-		
Material	Plano	Pieza
Barra de hierro cuadrada de 15 x 15 mm	3	B - 1
Barra de hierro de 35 x 35 mm	4	B - 2
Hierro redondo de 6 mm de diámetro	5	B - 3
Hierro redondo de 4 mm de diámetro	5	B - 5
Perno de 4 mm de diámetro	5	B - 4
Tubo de hierro de 20 mm de diámetro	6	B - 6
Chapas de hierro de 4 mm de espesor	6	B - 7
Tubo de sección cuadrada de hierro de 16 mm de luz libre interna	6	B - 8
2 pernos de 6 mm de diámetro	6	B - 9
Planchuela de hierro de 10 mm	7	A-1
Planchuela de hierro de 5 x 40 x 900 mm	7	A - 2, A - 3
2 pernos de 12 mm de diámetro y 110 mm de largo	7	A - 4
Chapa de hierro doble de capada de 1,2 mm de espesor, 8500 cm <sup>2</sup>	8	T - 1
2 hierros de 12 mm de diámetro y 120 mm de longitud cada uno	8	T - 2
Pintura para hierro		
Cables de acero		

Como todo diseño es perfectible, sus alumnos y usted pueden introducir modificaciones en el producto final o en el proceso de producción, para mejorarlo o adaptarlo a las necesidades y disponibilidades locales.

Herramientas:

- Amoladora
- Lija
- Limas
- Martillo
- Mechas (medidas varias)
- Perforadora de banco
- Perforadora manual
- Pincel
- Pinza
- Remachadora
- Sierra
- Soldadora eléctrica
- Fragua (opcional)
- Yunque (opcional)

Instrumentos:

- Regla metálica
- Cinta métrica
- Calibre
- Pesas patrones

## La construcción

El proceso de construcción del *kit* EMA se puede dividir en tres etapas -aún cuando el orden entre éstas puede ser distinto del que le planteamos aquí-.

Etapas 1. Construcción de la balanza.

Etapas 2. Construcción de la base de apoyo.

Etapas 3. Construcción de la tolva de carga.

## Etapas 1. Construcción de la balanza

Para la construcción de la balanza, se marcan las piezas y se cortan según las dimensiones en mm y las formas especificadas en el plano.

Balanza		
Pieza	Denominación	Cantidad
B - 1	Barra principal	1
B - 2	Contrapeso	1
B - 3	Gancho	1
B - 4	Soporte del gancho	1
B - 5	Perno del soporte del gancho	1
B - 6	Agarradera	1
B - 7	Brazos de la agarradera	2
B - 8	Soporte móvil de la agarradera	1
B - 9	Perno	2

### Preparación de las piezas:

- Se realiza una perforación en el extremo de la barra principal.
- Con la amoladora, se eliminan las aristas vivas del contrapeso y se realiza el rebaje (opcional).
- Se dobla la barra de 6 mm de diámetro para formar el gancho.
- Se dobla la barra de hierro de 4 mm de diámetro para formar el soporte del gancho.
- Se moldean las planchuelas de 4 mm de espesor para realizar los brazos de la agarradera.
- Se sueldan los brazos de la agarradera a ésta.
- Con la amoladora, se moldean los pernos del soporte del gancho y del soporte

móvil de la agarradera.

- Se sueldan los pernos al soporte móvil de la agarradera.

## Etapas 2. Construcción de la base de apoyo

Base de apoyo		
Pieza	Denominación	Cantidad
A - 1	Base	1
A - 2	Soporte de apoyo móvil	1
A - 3	Soporte de apoyo móvil desplazable	1
A - 4	Perno remachado	2

### Preparación de las piezas:

- Se corta la planchuela.
- Se perfora la planchuela por donde pasarán los pernos de los apoyos.
- Se sueldan las partes que forman los apoyos.

## Etapas 3. Construcción de la tolva de carga

Tolva de carga		
Pieza	Denominación	Cantidad
T - 1	Tolva	1
T - 2	barras	2

### Preparación de las piezas:

- Se corta la chapa de hierro; se doblan y sueldan las partes formando la tolva.
- Se cortan los hierros de 12 mm de diámetro.

# El armado

Hemos organizado el proceso en tres etapas:

Etapas 1. Armado de la balanza.

Etapas 2. Armado de la base de apoyo.

Etapas 3. Armado de la tolva.

## Etapas 1. Armado de la balanza

### Operaciones:

- Soldar la barra principal al contrapeso.
- Colocar el gancho en su soporte.
- Soldar los pernos en el soporte móvil de la agarradera.
- Colocar el soporte móvil de la agarradera, en la barra principal.
- Colocar los brazos de la agarradera en los pernos del soporte móvil de la agarradera.
- Remachar los pernos del soporte móvil de la agarradera.
- Colocar el perno del soporte del gancho en la barra principal.
- Colocar el soporte del gancho en el perno.
- Remachar el perno del soporte del gancho.
- Pintar la balanza con pintura para hierro (la pintura protege al hierro de la oxidación y otorga un aspecto más agradable).

## Etapas 2. Armado de la base de apoyo

### Operaciones:

- Soldar a la planchuela el apoyo móvil no desplazable.

- Colocar el perno en el apoyo móvil no desplazable.
- Remachar el perno del apoyo móvil no desplazable.
- Colocar el perno del apoyo móvil.
- Remachar el perno del apoyo móvil.
- Pintar la planchuela con el apoyo móvil no desplazable y el apoyo móvil desplazable por separado; esperar a que se seque la pintura.
- Colocar el apoyo móvil en la planchuela.

### Etapas 3. Armado de la tolva

Operaciones:

- Soldar las barras en la parte inferior de la tolva.
- Pintar el conjunto.

## El ensayo y el control

El kit EMA permite medir -comparar la cantidad de magnitud con la unidad de esa magnitud; el resultado se expresa mediante un número seguido de la unidad que hemos utilizado-, por lo que es necesario considerar que todas las medidas están condicionadas por posibles errores experimentales.

El error en las medidas tiene un significado distinto a "equivocación"; el error es inherente a todo proceso de medida.

resultado en un sólo sentido (aumentando o disminuyendo la medida). Pueden deberse a un mal calibrado del instrumento, a la utilización de fórmulas (teoría) incorrectas, al manejo de los instrumentos de forma no recomendada, etc. Estos errores sólo se eliminan mediante un análisis del problema.

- **Errores accidentales o aleatorios.** No es posible determinar su causa. Afectan al resultado en ambos sentidos y se pueden disminuir por tratamiento estadístico -realizando varias medidas para que las desviaciones, por encima y por debajo del valor que se supone debe ser el verdadero, se compensen-.

En el ensayo experimental a la flexión con el equipo EMA se deben considerar numerosas posibles causas de error, tales como el hecho de que la carga está aplicada a través de cilindros de pequeños diámetros que generan tensiones localizadas en los puntos de apoyo, lo que puede causar fallas localizadas.

Del mismo modo, al cargar la tolva del kit se deben de tomar precauciones. Es importante lograr una distribución homogénea del material para evitar esfuerzos de torsión. Además, se requiere tomar con precisión la distancia entre los apoyos y la distancia entre los puntos de aplicación de la carga.

Los factores que influyen en el proceso de medición son:

Los errores pueden ser sistemáticos o accidentales:

- **Errores sistemáticos.** Son los que se repiten constantemente y afectan al

- **Factor humano.** El "medidor" (observador) puede originar errores sistemáticos por una forma inadecuada de medir; así, introduce un error que siempre se registra en el mismo sentido. Como la

persona no suele ser consciente de cómo introduce su error, éste sólo se elimina cambiando de observador. También puede introducir errores accidentales por una imperfección de sus sentidos; estos errores van unas veces en un sentido y otras en otro, y se pueden compensar realizando un tratamiento estadístico.

- **Factores ambientales.** La temperatura, las vibraciones en el lugar, la presión, la humedad, etc. pueden alterar el proceso de medida, por lo que es necesario fijar las condiciones externas e indicar, en medidas precisas, cuáles fueron éstas.
- **Factores instrumentales.** Los instrumentos de medida también pueden introducir errores sistemáticos en el proceso de medida, por un defecto de construcción o de calibración; estos errores sólo se eliminan cambiando de aparato o calibrándolo bien.

Todo instrumento de medición -entre ellos, los que conforman el recurso didáctico EMA- tiene como características:

- **Rango de medida.** Especificación de entre qué valores -máximo y mínimo- puede medir; uno es la cota máxima y otro es la cota mínima.
- **Sensibilidad.** El umbral de sensibilidad es la menor división de la escala del aparato de medida; es tanto más sensible cuanto más pequeña sea la cantidad que puede medir (una balanza que aprecia mg es más sensible que otra que aprecia gramos).
- **Fidelidad.** Un instrumento es fiel si reproduce siempre el mismo valor, o valores muy próximos, cuando medimos la

misma cantidad de una magnitud en las mismas condiciones.

- **Precisión.** Un aparato es preciso si los errores absolutos (desviación entre lo que mide y el "valor verdadero") que se producen al usarlo son mínimos. El valor que da en cada medida se desvía poco del "valor verdadero".

Para realizar una medición es necesario:

- Comprobar la calibración del aparato.
- Cumplir las normas de conservación y condiciones de uso.
- Conocer y valorar la sensibilidad del aparato para dar los resultados con la correspondiente precisión.
- Anotar cuidadosamente los valores obtenidos.

Para la **determinación de la escala de magnitudes** en la balanza EMA, se requiere disponer de pesas patrón; es decir, pesas individuales de valores conocidos, que pueden ser utilizadas en forma individual o combinadas.

El proceso consta de los siguientes pasos:

1. Verificar que la balanza se encuentre limpia y ubicada en un sitio libre de vibraciones y fuentes de calor. La temperatura ideal para realizar el proceso es de 20 °C.
2. Realizar entre 5 a 10 puntos distribuidos de tal forma que el campo de medida quede dividido en intervalos aproximadamente iguales, dentro de la escala de la balanza (que va desde 0 hasta 50 kg, aproximadamente), y efectuar entre 6 y 10 medidas por cada punto.

- Determinar el 0 de la escala; es decir, el punto en el cual se coloca la agarradera y la barra principal queda totalmente horizontal. Para marcar el punto en la barra principal, se determina la distancia entre el extremo del contrapeso y el punto de apoyo de la agarradera en donde se produce la horizontalidad de la barra. Esta operación se repite entre 6 y 10 veces. Luego, se obtiene la longitud promedio y se marca el 0 en la barra principal.

- Colocar la pesa patrón en el gancho de la balanza (si se incluye un plato suspendido del gancho, es necesario considerar la masa de aquel) y se repite la operación descrita en el paso 3; es decir, mover la agarradera hasta encontrar que la barra principal está horizontal. Repetir la operación, sacar promedio y marcar.

- Para indicar en la barra principal las magnitudes que se encuentran entre las magnitudes obtenidas con la pesa patrón, analicemos este esquema:

Estableciendo la ecuación de equilibrio de momento = 0

Se obtiene:

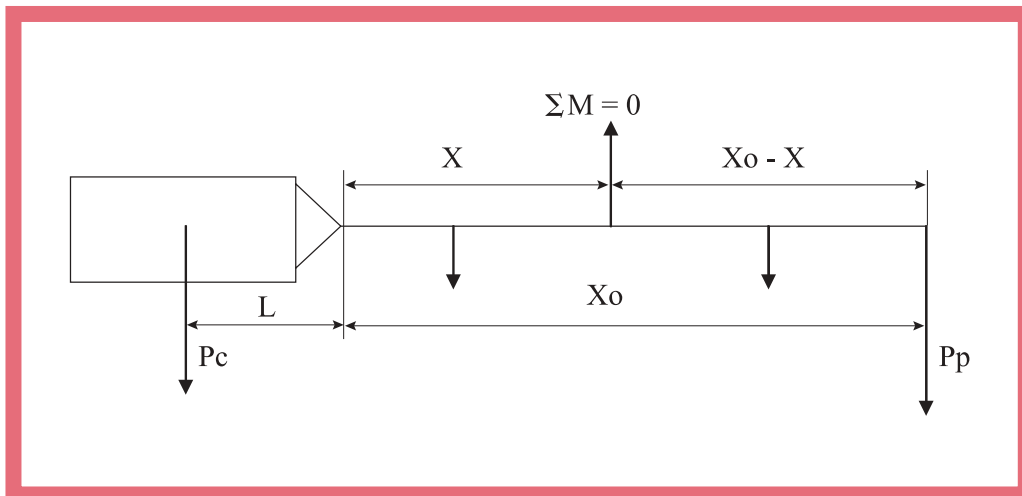
$$P_c(l+X) + P_e \cdot A \cdot X^2/2 = P_p(X_o - X) + P_e \cdot A \cdot (X_o - X)^2/2 \quad (28)$$

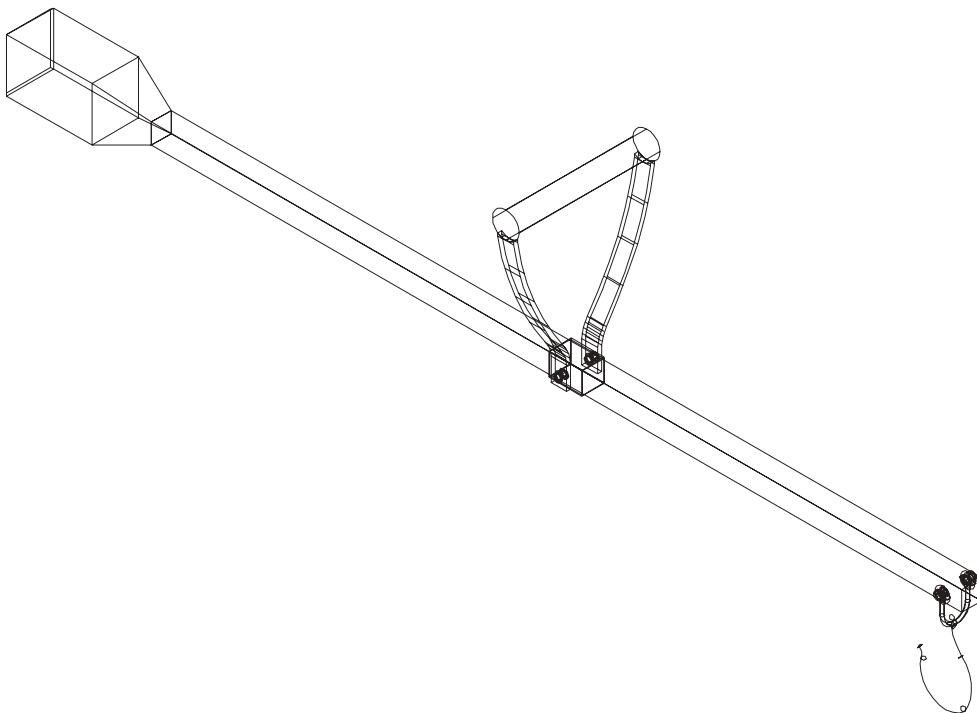
$$P_p(X_o - X) = x(P_c + P_e \cdot A \cdot X_o) + (P_c l - P_e A \cdot X_o^2/2) \quad (29)$$

Remplazando los valores de  $P_p$  en la ecuación 29, se obtiene la distancia  $X$  de la barra principal.

Donde:

- $P_c$  es la masa del contrapeso.
- $L$  es la distancia desde el centro de gravedad del contrapeso a la barra principal.
- $X_o$  es la longitud de la barra principal.
- $P_p$  es la masa patrón.
- $A$  es el área de la barra principal.
- $P_e$  es el peso específico de la barra principal.

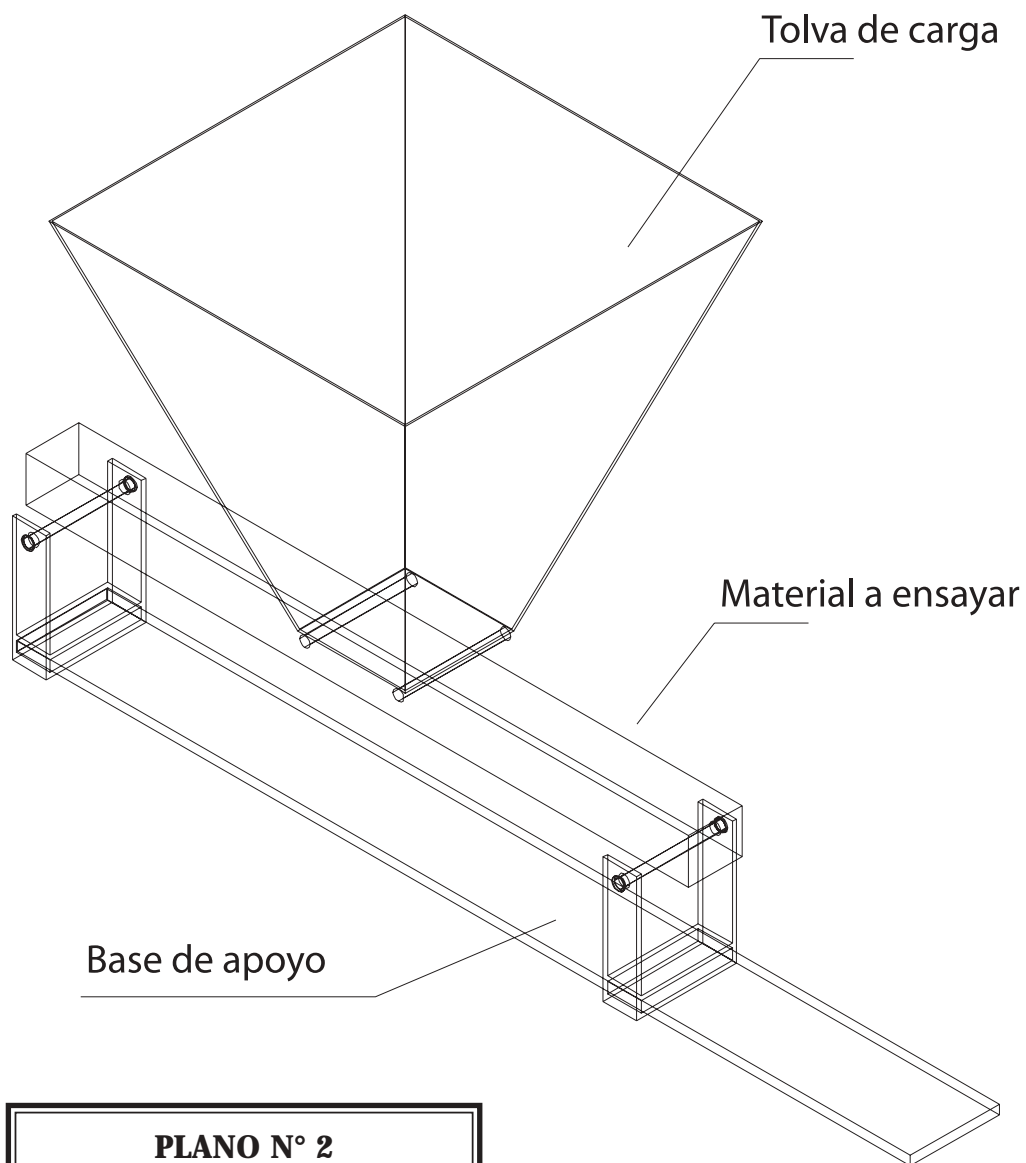




**PLANO N° 1**

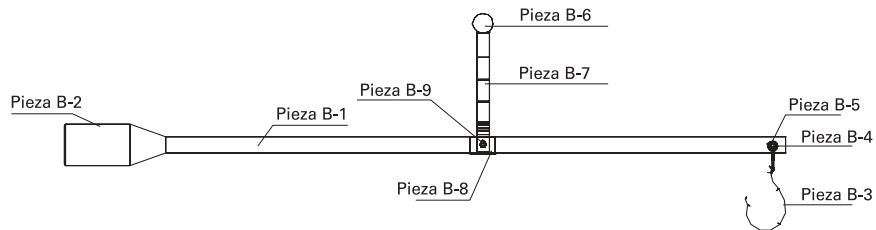
**Balanza**



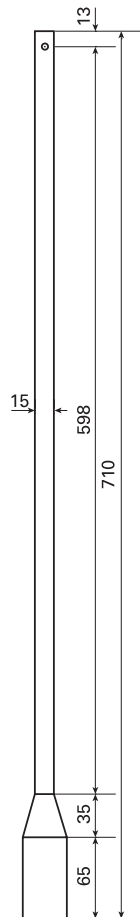


**PLANO N° 2**

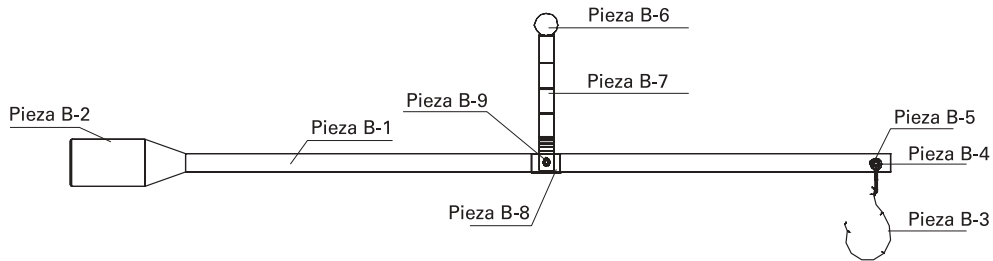
**Dispositivo de flexión, compuesto por una barra de apoyo y una bolsa de carga**



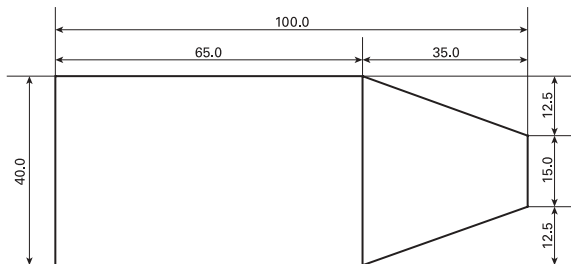
Pieza B-1 B-2



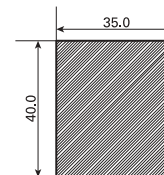
**PLANO N° 3**



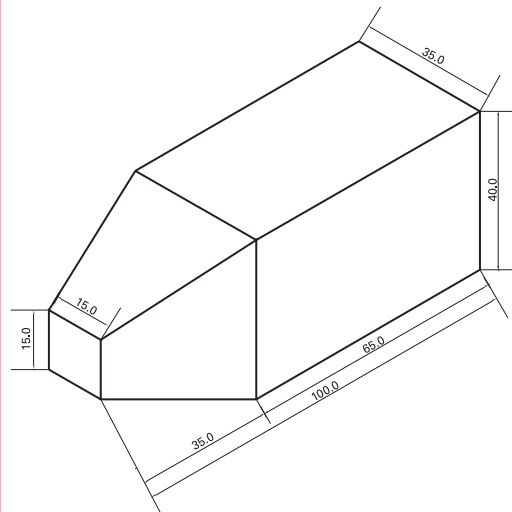
**Pieza B-2**

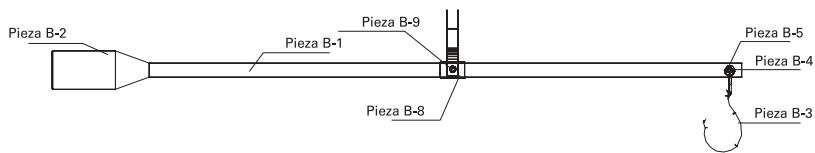


**Sección de pieza B-2**

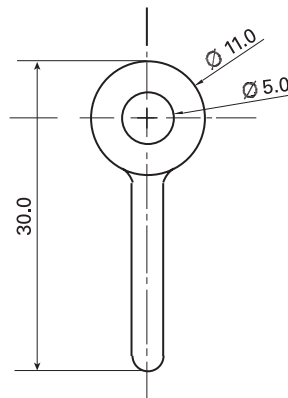
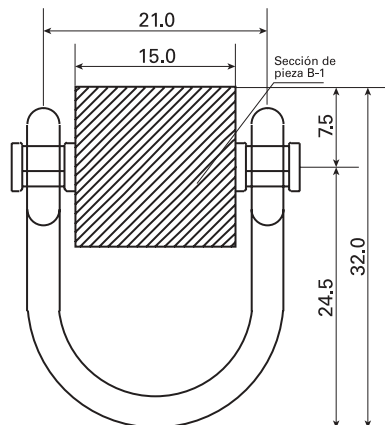


**PLANO N° 4**

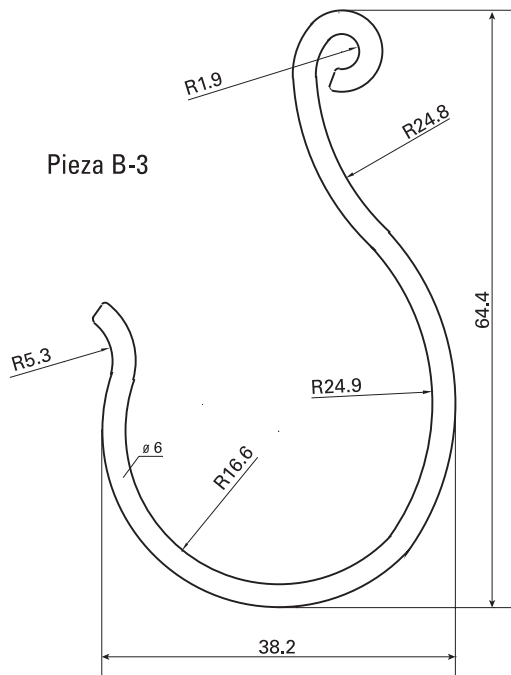




**Pieza B-5**

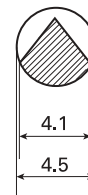


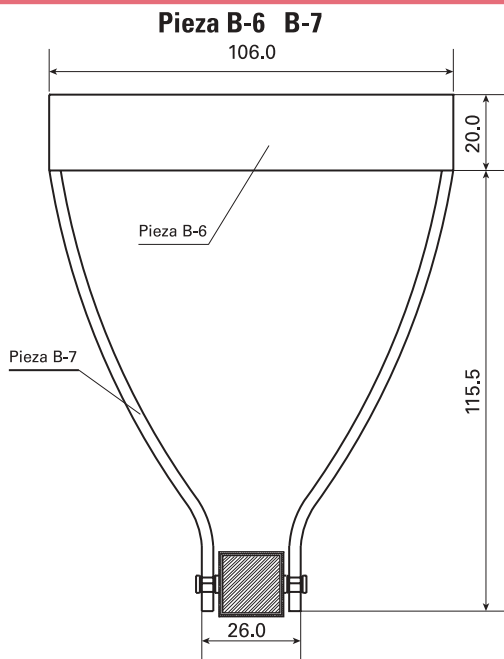
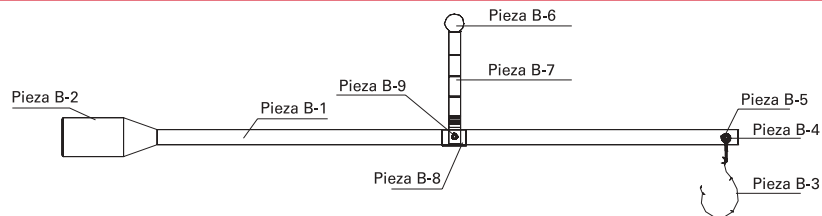
**Pieza B-3**



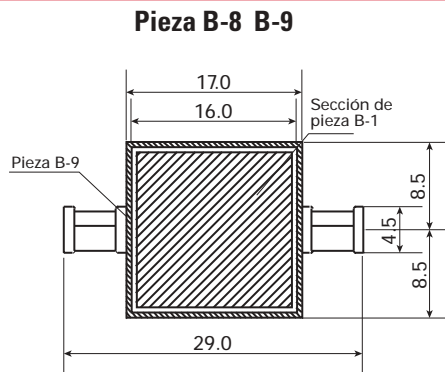
**PLANO N° 5**

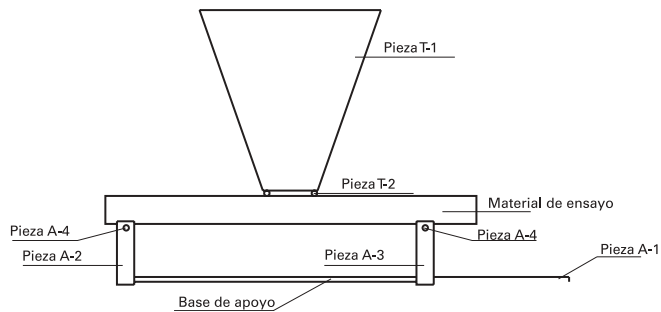
**Sección  
pieza B-4**





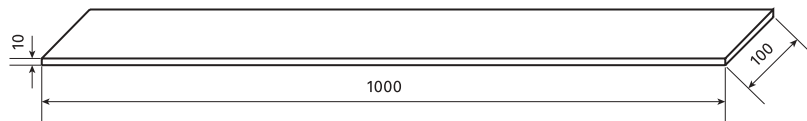
**PLANO N° 6**



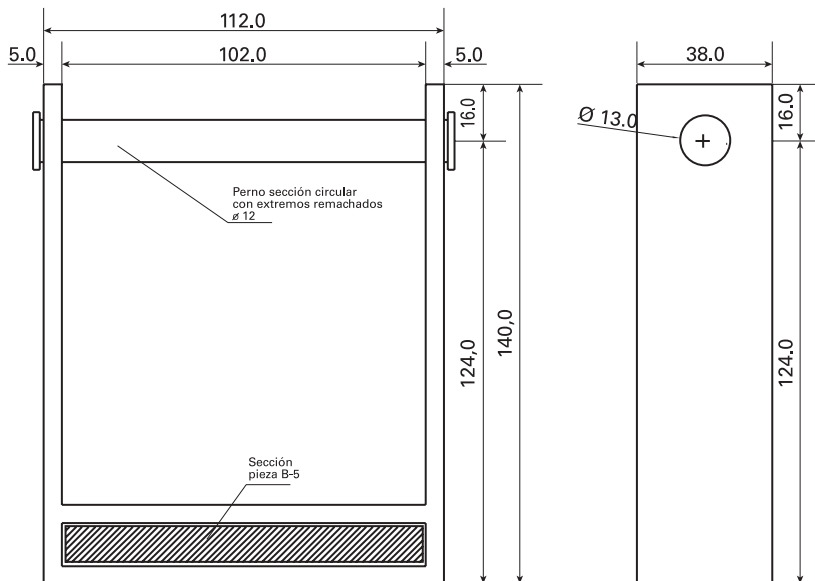


## PLANO N° 7

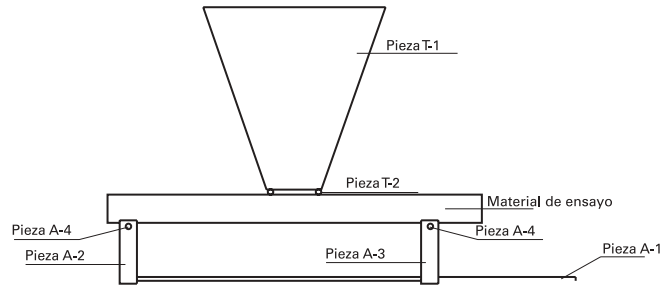
### Pieza A-1



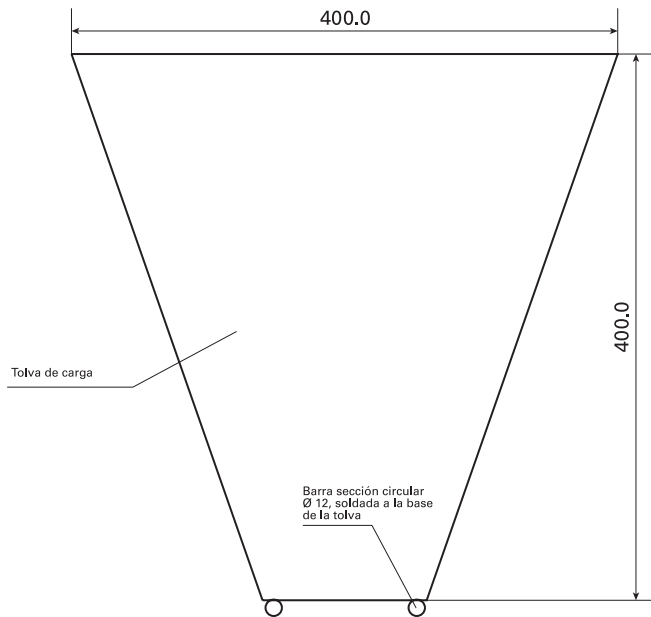
### Pieza A-2 A-3 A-4



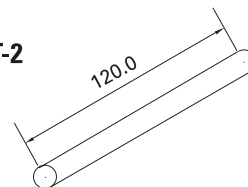
## PLANO N° 8



### Pieza T-1 T-2



### Pieza T-2



## 4. EL EQUIPO EN EL AULA

Para determinar el grado de complejidad de los problemas tecnológicos a plantear a los alumnos, es necesario considerar sus capacidades previas y los contenidos a abarcar durante el desarrollo de la tarea; la resolución resulta, así, acorde a las competencias de cada grupo concreto de alumnos.

No obstante, esto no significa que los alumnos no deban enfrentar las dificultades que caracterizan las situaciones problemáticas.

Esencialmente -como decíamos-, proponemos a nuestro grupo *abordar problemas simples para desarrollar capacidades complejas*.

Antes de plantearle nuestras sugerencias respecto de la integración didáctica del equipo EMA, le proponemos detenerse a considerar tres aspectos de la enseñanza de la resolución de problemas tecnológicos<sup>1</sup>:

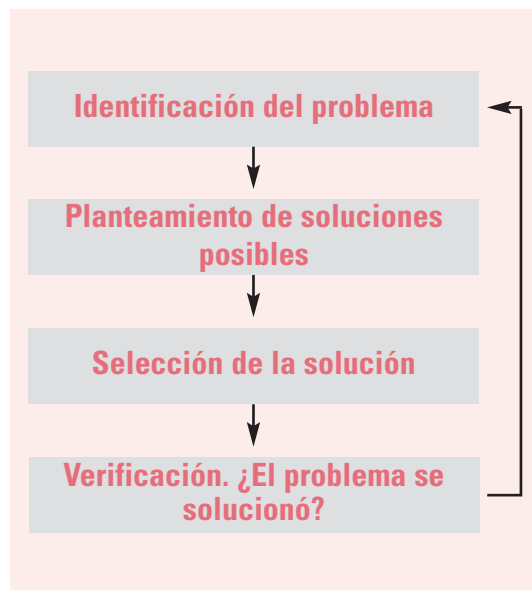
- el modelo de resolución de problemas,
- la comprensión de los sistemas involucrados y
- los conocimientos necesarios.

Existen numerosos modelos de resolución de problemas. El análisis de estos modelos

puede servir para que los estudiantes comprendan en qué consiste este proceso que se extiende desde la configuración de una situación como problema hasta su resolución.

A continuación, presentamos cinco modelos que ilustran secuencias que aportan criterios para organizar los procesos didácticos.

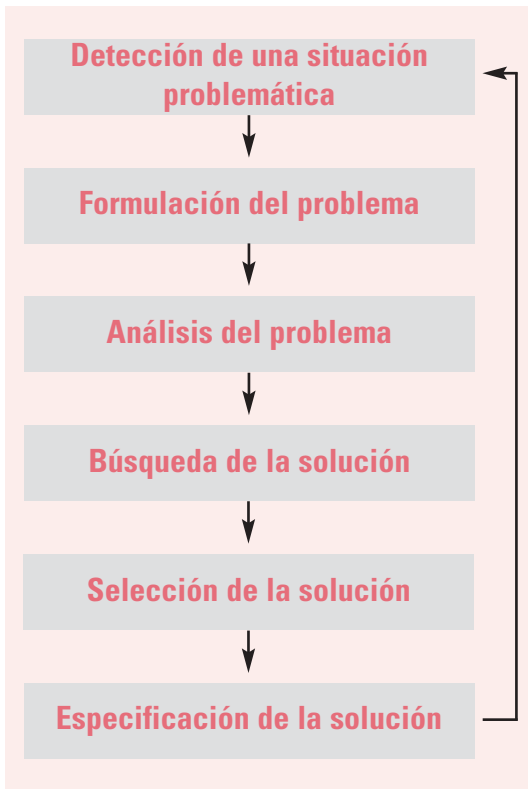
### Modelo A:



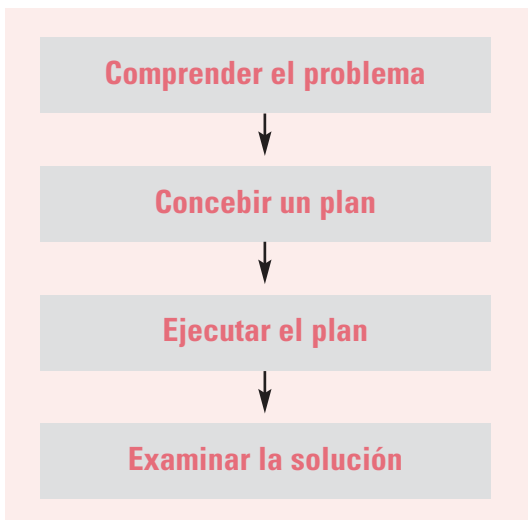
<sup>1</sup> Mc Cade, J. (1990) "Problem solving: much more than design". Journal of Technology Education. Vol. 2.



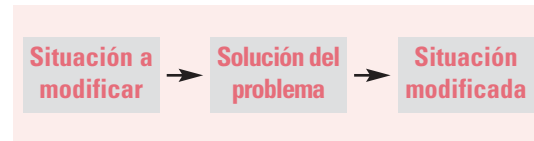
Modelo B:



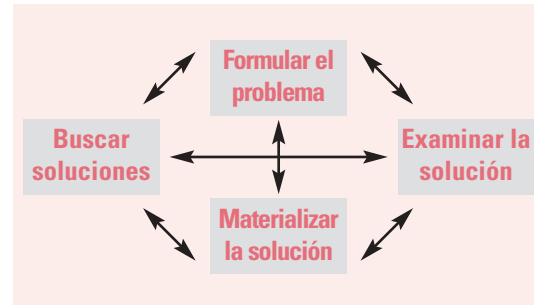
Modelo C:



Modelo D:



Modelo E:



Consideremos, ahora, el segundo componente de la enseñanza y el aprendizaje de la tecnología: **la comprensión de los sistemas involucrados**.

La tecnología constituye un sistema. Entendemos por sistema un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es, precisamente, el sistema<sup>2</sup>. Esta interacción de las partes dota al sistema de una entidad propia en la que, muchas veces, las partes componentes del sistema constituyen sistemas -que podríamos considerar subsistemas- por sí mismas.

Es imprescindible la definición de los sistemas y subsistemas involucrados en un problema tecnológico, así como la relación entre el sistema y los subsistemas.

<sup>2</sup> Arcil, J.; Gordillo, F. (1997) Dinámica de sistemas. Alianza. Madrid.

A modo de ejemplo, podemos analizar un edificio como un sistema producido por un accionar tecnológico que logra satisfacer la necesidad de albergar muchas personas en un contexto determinado. Este sistema está constituido por subsistemas tales como: subsistema eléctrico, subsistema hidráulico, subsistema estructural -que, a su vez, se puede descomponer en dos subsistemas: la estructura formada por un ensamble de material que intenta sostener cargas y el subsistema integrado por las cargas-.

El equipo EMA puede considerarse como un sistema formado por dos subsistemas que son la balanza y el dispositivo para realizar el ensayo de flexión. El subsistema balanza está compuesto por un conjunto de partes tales como: barra principal, contrapeso, gancho, pernos, etc., las que están relacionadas entre sí, dotándolo de una entidad propia que le permite determinar la masa de un cuerpo. El mismo análisis se puede realizar con el subsistema dispositivo para el ensayo de flexión.

Pero, a su vez, el equipo EMA puede ser definido un subsistema en el marco de un sistema -por ejemplo, el problema "Bosque de árboles exóticos"-.

El tercer componente de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología en la escuela -además del modelo de resolución de problemas y de la comprensión de los sistemas involucrados-, está representado por los **conocimientos necesarios**.

La construcción progresiva de los contenidos científicos y tecnológicos se realiza a partir de los conocimientos que ya dispone el alumno, no sólo de los aprendizajes y destrezas del

propio campo disciplinar, sino del conjunto de las disciplinas relacionadas con la situación problemática en cuestión.

Ahora bien, ¿qué problemas ayuda a resolver el equipo EMA?

El equipo está constituido por dos instrumentos que se complementan entre sí y que permiten determinar características de los materiales, tales como masa, densidad y módulo de rotura, esencialmente. Conocer estas características resulta necesario cuando se desea solucionar problemas vinculados a la concreción de una construcción, reparación o modificación, ya que permiten el uso racional de los materiales.

## **EMA y la resolución de la situación "Bosques de árboles exóticos"**

Al buscar las soluciones posibles a "¿Cómo construir un bosque de árboles exóticos en el patio del hospital?", los alumnos realizan una exploración o investigación en la literatura técnica y científica, y en el mundo que nos rodea; porque, la acumulación de conocimientos humanos nos brinda la posibilidad de observar y analizar soluciones ya hechas en determinados contextos; y, el buscar soluciones implica explorar nuestra memoria, consultar libros e informes técnicos, aplicar prácticas existentes y poner en marcha la creatividad, ensayando las infinitas posibilidades delimitadas por las restricciones.

En nuestro caso, las restricciones -caracterís-

ticas de una solución que se fijan previamente por una decisión o por normativa-son:

- Emplear más del 90 % de materiales de desecho (cajas, escombros, etc.) o materiales naturales (piedras, troncos, etc.).
- Los materiales pueden ser previamente tratados (pintura, tallado, etc.), para lograr determinados efectos estéticos.
- Deben tener un solo apoyo, simulando el tronco de un árbol.
- Los brazos que modelan las ramas deben ser desiguales y de una sola pieza.
- Los brazos del árbol pueden tener elementos que aparenten flores, hojas, nidos, etc. en sus extremos o en cualquier posición.
- No deben utilizarse elementos de fijación.

Considerando estas restricciones y para ampliar el campo de posibles soluciones, los alumnos deben disponer de conocimientos que les permitan proyectar y construir los árboles exóticos:

- Masa
- Peso
- Densidad
- Peso específico
- Densidad a granel
- Centro de gravedad
- Resistencia a compresión
- Módulo de rotura
- Estructuras (esfuerzos, diagramas de momentos, etc.)

Por supuesto, contar con conocimientos de arte y ciencias naturales también permitirá superar las restricciones del problema.

Al proyectar posibles soluciones de árboles exóticos, el equipo EMA permite a los alumnos:

- Determinar la masa de los elementos que simulan hojas, flores, nidos, etc. utilizando la balanza.
- Obtener el peso de los materiales, multiplicando la masa -determinada a través de la balanza- por la aceleración de la gravedad.
- Si los elementos son de forma irregular, determinar el volumen, aplicando el principio de Arquímedes y utilizando la balanza.
- Dado que los elementos que conforman las ramas de los árboles exóticos estarán solicitadas a la flexión, aprovechando el dispositivo para realizar el ensayo a flexión del equipo, es posible determinar experimentalmente la posición de las cargas, las dimensiones de las ramas, la posición de las ramas, etc.

La utilización del equipo EMA favorece la comprensión de las propiedades de los materiales y de las leyes básicas de la mecánica aplicadas en la construcción.

Por otra parte, los principales sistemas involucrados en el problema del embellecimiento del patio del hospital con árboles exóticos son:

- **Sistema social.** En el contexto del problema, la mejora del patio se realiza para expresar el agradecimiento al personal de esa institución y para alegrar la estadia de pacientes y de personal; es decir, para un grupo social determinado. Para compren-

der el sistema social, el docente fomenta el cuestionamiento por parte de los alumnos respecto de: ¿Cuál es la edad promedio de los niños que concurren al hospital? ¿De dónde provienen estos niños? El personal de la institución, ¿está formado principalmente por hombres? etc.

- **Sistema árboles exóticos.** Es importante conocer los posibles materiales que se disponen para realizar las diferentes partes de los árboles exóticos, indagar cómo se vinculan estas partes, a qué leyes responden, cuáles son los sistemas constructivos que pueden utilizarse y cuál es el objetivo del sistema.
- **Sistema patio.** El patio está formado por un espacio de 35 metros de ancho por 50 metros de largo; tiene como objetivos, entre otros, los de ventilar consultorios y facilitar el acceso.

Para realizar el estudio comprensivo de los sistemas, el profesor realiza todas las **suposiciones** que considere convenientes. Una actividad interesante de desarrollar consiste en suponer variaciones en alguno de los sistemas involucrados y analizar qué va a suceder, entonces, con las soluciones. Por ejemplo: ¿Formularíamos las mismas posibilidades de solución, si al hospital concurrieran sólo adultos mayores (modificación en el sistema social)? Y, ¿si el patio tuviera otras dimensiones (modificación en el sistema patio)?

Para seleccionar una posible solución, los alumnos se concentran en los **criterios**. En nuestro caso los principales criterios son:

- alegrar mejorando el aspecto del patio,

- seguridad y
- bajo costo.

Luego, pueden determinar la importancia relativa de los criterios y predecir el funcionamiento de las posibles soluciones, comparar soluciones con relación a los criterios y hacer una elección.

Al considerar una solución es valioso reflexionar sobre:

**CUANDO SE IMPLEMENTA UNA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA, SE CREA UN NUEVO PROBLEMA.**

En nuestro caso, el nuevo problema puede ser: ¿Cómo mantener los árboles exóticos? ¿Qué sucederá con ellos al fin del ciclo de vida? Etc.

**ES NECESARIO ANALIZAR EL IMPACTO DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICAS ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTARLA Y BALANCEAR ESTE IMPACTO CON EL OBJETIVO PRINCIPAL DE LA TECNOLOGÍA QUE ES MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA.**

¿El problema se solucionó? Es decir ¿Los árboles exóticos satisficieron la necesidad para la cual se construyeron? Si la respuesta es no, inicio la formulación del problema.

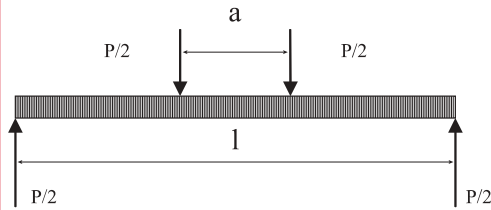
## **Determinación del módulo de rotura con el equipo EMA**

Nuestro recurso didáctico puede utilizarse para estudiar algunas de las propiedades de los materiales, para diseñar modelos de puentes o de otra construcción civil, para el diseño de muebles, etc.

Utilizando el equipo EMA, se puede realizar uno de los más comunes ensayos a la flexión.

Procedimiento:

### Diagrama de carga



$P$  = Carga aplicada.

$l$  = Separación entre apoyos de la viga.

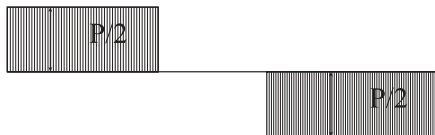
$a$  = Separación entre los puntos de aplicación de la carga.

### Diagrama de momento (M)



$$M_{\max} = \frac{P(l-a)}{4}$$

### Diagrama de corte (Q)



$$Q = P/2$$

- Medir la longitud de la viga.
- Medir la altura de la viga.
- Medir el ancho de la viga.
- Colocar la viga sobre la base de apoyo.
- Medir la distancia entre los apoyos de la viga " $l$ ".
- Determinar la densidad a granel del material con el cual se cargará la tolva.
- Determinar la distancia entre los puntos de apoyo y los puntos de aplicación de la carga de la tolva.
- Colocar los cables de seguridad de la tolva para que, cuando la viga rompa, la tolva no vuelque.
- Llenar la tolva, lentamente, con el material, nivelándolo.
- Calcular la carga máxima  $P$  ( $P$  = peso de la tolva + volumen a granel del material de carga x peso a granel).

El módulo de rotura -la tensión máxima superficial de la viga sometida a esfuerzo de flexión-, depende de la distancia entre los apoyos y de las cargas. Para comparar valores entre distintos materiales, los alumnos repiten las mismas condiciones de ensayos.

Este ensayo presenta la ventaja de producir un momento flector máximo constante en una porción importante de la viga, en el cual el esfuerzo de corte es cero. El ensayo se aproxima, así, al caso de flexión pura.

## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–  
Oficina 112  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a [evcenet@inet.edu.ar](mailto:evcenet@inet.edu.ar), enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

*Desde ya, muchas gracias.*

### Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

1. Nivel educativo
2. Contenidos científicos y tecnológicos
3. Componentes didácticos
4. Recurso didáctico
5. Documentación
6. Otras características del recurso didáctico
7. Otras características del material teórico
8. Propuestas o nuevas ideas

**1. Nivel educativo en el que trabajó el material:**

[illegible]

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....

(\*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

[illegible]

3. Componentes didácticos:



3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro <sup>1</sup>
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario) .....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario): .....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>1</sup> Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.



3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado <sup>2</sup>	Incorporado <sup>3</sup>
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

<sup>2</sup> No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.  
<sup>3</sup> Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.





3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				



4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

- |   |  |
|---|--|
| a. <input type="checkbox"/> Planificación.  | b. <input type="checkbox"/> Diseño en dos dimensiones. |
| c. <input type="checkbox"/> Construcción, armado.   | d. <input type="checkbox"/> Ensayo y control.          |
| e. <input type="checkbox"/> Superación de dificultades (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).                                  |  |
| f. <input type="checkbox"/> Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.). |  |

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Sí	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

☐ El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.

☐ No pudo interpretar el manual de construcción.

☐ No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.

☐ Otra (Por favor, especifíquela).



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



a. ☐ Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

b. ☐ Es más económico.

c. ☐ Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

d. ☐ Es más adaptable (a diversos usos).

e. ☐ Otra (Por favor, especifique): .....

.....

.....

.....

.....

f. Descripción del recurso didáctico construido: .....

.....

.....

.....

.....

.....

g. Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas): .....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2.1. ¿Cómo utilizó el recurso didáctico (hecho por usted o ya construido), en las experiencias didácticas que concretó? (Puede marcar todas las opciones que crea necesarias)

- [illegible]



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):



Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable <sup>4</sup>	Otro <sup>5</sup>
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

<sup>4</sup> NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.  
<sup>5</sup> Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.





[illegible]

Capacidad de aplicar y transferir	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
s. Interrelacionar los datos, técnicas y procedimientos en el diseño de la solución.				
t. Utilizar técnicas de representación adecuadas al equipo que se construye o en el ya construido que se utiliza.				
u. Integrar los conocimientos científicos y tecnológicos en los momentos pertinentes para el diseño de la solución.				
v. Relacionar, ensamblar componentes en la secuencia adecuada.				
w. Utilizar de manera correcta la simbología y los lenguajes propios de la tecnología (representación gráfica, simbólica, etc.).				
x. Transferir conocimientos científicos y tecnológicos en otras actividades similares.				
y. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

Otro (Por favor, exprese aquí los comentarios que tenga, identificando el ítem con la letra que corresponda):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):



5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV <sup>6</sup>	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>6</sup> Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....





	Sí	No
a. Simplicidad. Es sencillo de construir por parte de los alumnos.		
b. Economía. Es posible hacerlo con materiales de bajo costo.		
c. Compatibilidad. Todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí.		
d. Acoplabilidad. Puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos.		
e. Sencillez. Permite combinar diferentes tipos de materiales (madera, cartón, plástico, otros similares).		
f. Facilidad de armado y desarmado. Permite, sencillamente, realizar pruebas, correcciones, incorporación de nuevas funciones, etc.		

[illegible]

6.2. Técnicas (Por favor, complete tanto si construyó el equipo como si utilizó uno ya construido)

	Sí	No
a. Portabilidad. Puede ser utilizado en el taller, aula, laboratorio.		
b. Modularidad. Puede ser adaptado a diversos usos; para trabajar diversos contenidos curriculares o para realizar diferentes experiencias didácticas; para aprendizaje, demostraciones, análisis, etc.		
c. Reutilización. Posee partes, componentes, bloques o subsistemas que pueden ser desmontados para volver a su estado original, y usados en sí mismos o en forma independiente.		
d. Incrementabilidad. Puede complejizarse agregando piezas o completando el sistema para mejorar su funcionalidad, rendimiento, precisión o calidad.		
e. Aplicabilidad múltiple. Como sistema tecnológico, permite que usted seleccione las variables con las que desea trabajar (algunas de las que maneja el sistema, todas las previstas o agregar otras).		

Si su respuesta es negativa en alguna de ellas, indique por qué, identificando su comentario con la letra correspondiente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



6.3. Didácticas (Por favor, complete tanto si construyó el equipo como si utilizó uno ya construido)



	Sí	No
a. Congruencia. Tiene relación con los testimonios de realidad incluidos en el módulo de capacitación.		
b. Pertinencia. Los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional.		
c. Integración. Posibilita el tratamiento asociado de los conocimientos científicos y tecnológicos propuestos en el material.		
d. Escalabilidad. Es posible utilizarlo con proyectos o problemas con diferentes niveles de complejidad.		
e. Complejidad creciente. Las soluciones alcanzadas para una parte del problema, sirven de base para las siguientes o permite que, agregando componentes, sea utilizado como solución a problemas más complejos.		
f. Adaptabilidad. Permite su adaptación a soluciones diversas en torno a las problemáticas planteadas.		

Si su respuesta es negativa en alguna de ellas, indique por qué, identificándola con la letra correspondiente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB <sup>7</sup>	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....



<sup>7</sup> Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo

8. Propuestas o nuevas ideas:



Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

☐ docente a cargo de un grupo de alumnos

☐ responsable de la asignatura:

☐ otro (especifique):

.....

.....

.....

☐ directivo

☐ lector del material

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.		
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)		
c. Planificación de las experiencias didácticas.		
d. Trabajo con resolución de problemas.		

Otras (Por favor, especifique en qué ámbitos ligados con los contenidos ha generado estas nuevas ideas o propuestas):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Si su respuesta fue afirmativa le pedimos que la amplíe:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



[illegible]



Títulos en preparación de la serie “**Recursos didácticos**”.

- Arquitectura bioclimática
- Ascensor
- Banco de carpintero
- Biodigestor
- Biorreactor para la producción de alimentos
- Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- Celda de combustible
- Celda solar
- Entrenador en lógica programada
- Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- Equipamiento para matricería
- Generador de biodiesel
- Generador eólico
- Instalación sanitaria de una vivienda
- Manipulador neumático
- Máquina de vapor
- Programador visual para microcontroladores PIC
- Relevador de las características de componentes semiconductores
- Simuladores interconectables basados en lógica digital
- Sismógrafo
- Sistemas SCADA para el control de procesos industriales
- Tren de aterrizaje