



Estufa de laboratorio



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

Estufa de laboratorio

Aquiles Gay

María Gabriela Durán

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 950-00-0503-4

Gay, Aquiles

Estufa de laboratorio / Aquiles Gay y 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.

108 p.; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 8)

ISBN 950-00-0503-4

1. Electrónica. 2. Electromecánica. I. Durán, María Gabriela, II. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. III. Título

CDD 621.381 : 620.112 97

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 técnico-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 periodo 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 educativas 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–:

- *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– delinearón 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.

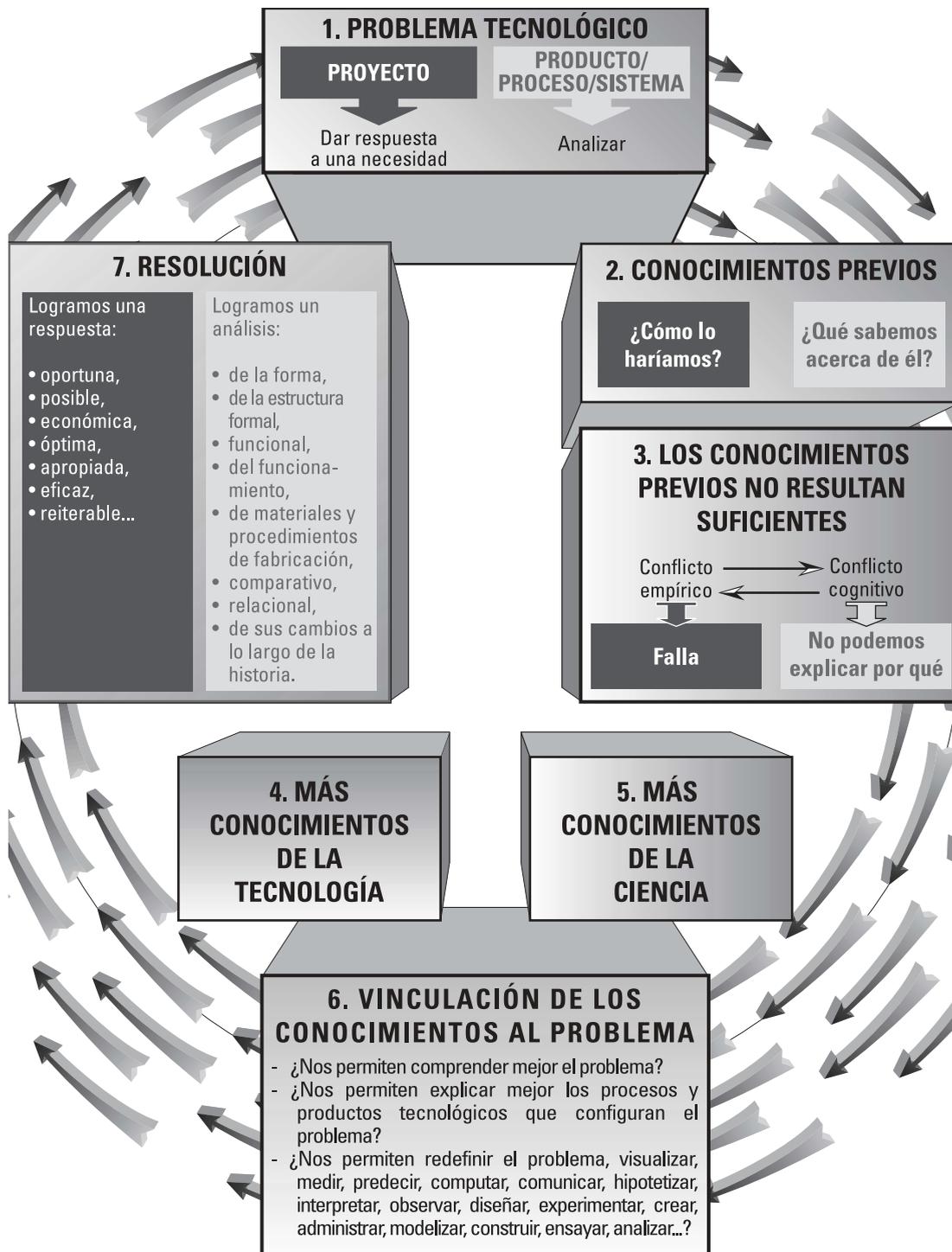
3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.

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-

entes. 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



8. Estufa de laboratorio

Este material de capacitación fue desarrollado por:

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.

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.

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	8
• La energía, y el calor como forma de energía	
• Las fuentes de energía	
• Las transformaciones de energía	
• La electricidad	
• Corriente eléctrica y circuito eléctrico	
• El efecto Joule	
• Los sistemas de control	
• Sistemas de control de temperatura	
• Sistemas electromecánicos de control de temperatura ("todo-nada")	
• Los termostatos	
• Los bimetálicos	
• Sistemas electrónicos de control de temperatura	
• El tiristor	
• El triac	
• Los termistores	
• Control de fase o por variación del ángulo de conducción	
• Control proporcional por ciclo entero	
3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo	47
• El producto	
• Los componentes	
• El material de la estructura y la construcción	
• Los sistemas de control de temperatura	
• Las mediciones y el control	
4 El equipo en el aula	61
• Análisis de la estufa	
• Uso de la estufa en sus funciones específicas	
5 La puesta en práctica	68

1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

Lo invitamos a considerar estos testimonios:



Los alumnos de “Tecnología de los materiales” están estudiando el comportamiento de cierto material sintético que se encuentra sometido durante largos períodos de tiempo a una temperatura constante, dentro del campo de los 60 a 80 °C; pero, tienen un problema: No disponen de una estufa que mantenga automáticamente la temperatura a un valor prefijado y que, además, pueda variar ese valor cuando la experiencia lo requiera.

Entonces, deciden encarar el desarrollo de un proyecto tecnológico que les permita contar con esa estufa.

Como primera etapa del desarrollo del proyecto, buscan recordar controles de temperatura en artefactos de la vida cotidiana y sale a la luz, entonces, el caso de la plancha eléctrica automática.

Investigando el tema, llegan a la conclusión que, en este caso, el control de temperatura se basa en un bimetálico que cierra o abre el circuito en función de las fluctuaciones de la temperatura: Lo cierra cuando la temperatura es inferior a la deseada y lo abre cuando alcanza el valor prefijado. Se trata, así, de un sistema *todo-nada* con un margen

de variaciones con respecto al valor medio, de ± 2 °C, lo que responde a los requerimientos planteados.



El profesor de “Producción vegetal” del Trayecto técnico-profesional *Producción agropecuaria* considera interesante para el desarrollo de sus clases contar con una estufa que pueda mantener constante una temperatura del orden de 40 °C, a fin de analizar el poder de germinación de determinadas semillas.

Teniendo en cuenta que la situación económica de la escuela no permite adquirir esta estufa, consulta con el profesor de “Construcciones mecánicas”, acerca de la posibilidad de que los alumnos de tercer año puedan colaborar en solucionar el problema.



Para su trabajo con bacterias, los alumnos del Centro de Formación Profesional requieren una estufa que permita efectuar cultivos a temperaturas del orden de 30, 37, 41 y 45 °C, con un margen de variaciones de ± 2 °C.

Su instructor sabe de la existencia de

estufas con control automático mediante un bimetálico; pero, tiene referencia de que el margen de tolerancia de la temperatura no corresponde al requerido para sus experiencias. Se ha enterado también que mediante un control electrónico es posible lograr el grado de precisión necesario y, a tal fin, convoca al profesor de “Electrónica” para que, en colaboración con el profesor de “Construcciones mecánicas”, planteen esta situación a sus alumnos, a fin de encararla como proyecto tecnológico.



Desde el módulo de “Biología vegetal” de la escuela agrotécnica de San Martín, están interesados en obtener la relación peso seco / peso fresco de determinados organismos vegetales, para trabajos de biomonitoreo.

A tal fin, necesitan contar con una estufa que mantenga constante una temperatura de 60 ± 2 °C.



Entre muchos otros contenidos, la asignatura “Materiales de construcción” permite a los alumnos de la escuela técnico-profesional determinar la humedad de la madera.

De los tres métodos que figuran en la Norma IRAM 9532 (método de secado en estufa, método de extracción con disolventes y método eléctrico), el que les parece

más conveniente es el de secado en estufa, por lo que han decidido encarar la construcción de un dispositivo que permita operar a 103 ± 2 °C.



En un dispensario zonal suelen hacer yogur para autoabastecerse.

El procedimiento que usan es casero: Toman una porción de leche y le ponen algo de yogur; luego, la calientan sin que llegue a la ebullición; y, finalmente, la envuelven con mucho papel para que el calor se mantenga durante un largo período de tiempo (toda la noche, por ejemplo) y permita que la leche se convierta en yogur.

Este sistema tiene sus problemas, por lo que los alumnos de “Diseño tecnológico” han decidido colaborar, buscando una mejor solución. Después de consultar con el ingeniero agrónomo Vázquez, profesor de “Tecnología”, llegan a la conclusión de que, si hacen una estufa que mantenga constante una temperatura del orden de 40 °C y en la que sea posible colocar un recipiente apropiado, pueden utilizarla para hacer yogur en forma más eficiente, sin estar cuidando que la leche no hierva y sin que sea necesario estar envolviendo el recipiente con mucho papel para evitar que se enfríe rápidamente y que el yogur no se haga.

El recurso didáctico que proponemos

Cada una de las situaciones escolares que hemos expuesto, plantean la necesidad de contar con una estufa para cumplir con los objetivos de las correspondientes asignaturas.

Si analizamos las características de las estufas requeridas, posiblemente encontremos puntos comunes; la fuente de calor y la estructura pueden ser similares en todos los casos y ajustadas a las posibilidades constructivas de los alumnos. El objetivo es que sean sólidas, seguras y que cumplan con los requerimientos planteados.

¿Nuestra propuesta? ■■■■■▶



En este equipo didáctico, el elemento que suministra el calor necesario para mantener la temperatura deseada es un resistor por el que circula corriente eléctrica; como consecuencia del efecto Joule, la energía eléctrica presente en esta corriente se convierte en energía térmica. Regulando la corriente que circula por el resistor, se controla la temperatura de la estufa.

El control de la temperatura (y la precisión requerida) es un factor clave del funcionamiento de las estufas de laboratorio. Existen diversos sistemas de control; algunos manuales, otros automáticos; para la concreción de nuestro recurso didáctico consideraremos un sistema manual, basado en un triac, y dos sistemas automáticos, uno electromecánico (“si” o “no”), basado en un bimetálico; y otro, electrónico de variación proporcional, basado en un termistor y un triac.

El sistema de control manual podría considerarse sólo relativamente preciso; pero, su ventaja es que requiere una mayor atención personal por los alumnos; mientras que los automáticos, como su nombre lo indica, regulan automáticamente la temperatura prefijada.

El elemento clave del sistema electromecánico es el dispositivo bimetálico; éste no es de fácil construcción, pero en el mercado se consiguen modelos fabricados para usos específicos (por ejemplo, para planchas eléctricas automáticas, etc.) que pueden

usarse en estos casos, pues su función es abrir o cerrar un circuito eléctrico en respuesta a variaciones de temperatura. El sistema con termistor y triac puede montarse en el aula y, a tal fin, los profesores de electrónica pueden colaborar en su construcción. Aquí se describe uno que funciona muy bien, pero esto no excluye que se puedan plantear otros. El sistema con bimetálico, si bien más sencillo de construir, es menos preciso, mientras que el electrónico, un poco más complejo en su desarrollo, ofrece mayor precisión.

Como solución estructural planteamos, en todos los casos, una estufa cilíndrica hecha de chapa de acero inoxidable o de hierro galvanizado, con una tapa en su parte superior que reemplazaría la puerta de una estufa convencional (un poco compleja para construir en el aula-taller de una escuela) y un elemento calefactor en su interior.

En cuanto al sistema de calefacción y de control de temperatura, proponemos a los alumnos analizar los diversos circuitos que aquí se presentan u otros que pueden plantearse, seleccionar uno, hacer el montaje y efectuar las mediciones correspondientes y el control.

El análisis y la construcción de la estufa permiten entrar al campo de muchos temas, tanto científicos como tecnológicos (mecánicos, eléctricos y electrónicos), trabajar en el aula-taller y despertar la creatividad de los alumnos que también pueden buscar otras aplicaciones al dispositivo.

2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

La energía, y el calor como una forma de energía

Con referencia a la estufa de laboratorio, recordemos que para elevar la temperatura de algo o para mantener una determinada temperatura cuando ésta tiende a disminuir por transmisión al medio, se requiere una fuente de calor.

Entendemos por **calor** una forma particular de energía que se transmite de un cuerpo a otro y que se aprecia a través de cambios en la temperatura.

Comencemos nuestro análisis buscando aclarar qué es la energía –aún teniendo en cuenta que no es fácil definirla–. En el lenguaje cotidiano, la asociamos a características, propiedades, actitudes, comportamientos, actividades, etc.; por ejemplo, decimos: un producto alimenticio de gran valor *energético*, una persona muy *enérgica*, desplegó gran *energía*, etc. Porque toda actividad entraña una energía que la sustenta, desde un esfuerzo muscular hasta el funcionamiento de un robot; además, recordemos que, para la producción de cualquier bien o servicio, se requiere *energía*, entendiendo en este caso el término *energía* como capacidad para producir trabajo.

El término energía abarca un conjunto de magnitudes, aparentemente diferentes pero íntimamente relacionadas entre sí. Las diferentes formas en que se presenta la energía pueden enmarcarse en la siguiente clasificación:

- **Energía mecánica (potencial o cinética)**
- **Energía térmica**
- **Energía química**
- **Energía eléctrica**
- **Energía radiante (radiación electromagnética)**
- **Energía nuclear**

En función de las fuentes de donde proviene o de sus características, también se puede hablar de energía eólica, hidráulica, mareomotriz, muscular, geotérmica, luminosa, etc.; pero, teniendo en cuenta que son variantes o aspectos parciales de las seis formas que llamamos fundamentales.

La **energía mecánica** que, corrientemente, se pone de manifiesto en movimientos, desplazamientos, etc., puede ser potencial o cinética.

La **energía potencial** es energía almacenada; es decir, la capacidad para efectuar trabajo que posee un cuerpo debido a su posición o su configuración (por ejemplo, un cuerpo que puede caer, o un resorte comprimido).

La **energía cinética** es energía en movimiento; es decir, la capacidad para efectuar trabajo que posee un cuerpo debido a su estado de movimiento.

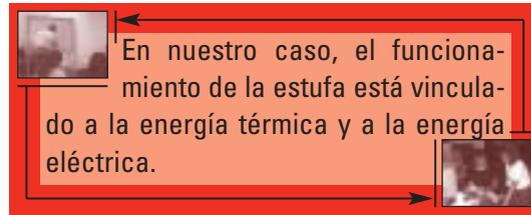
La **energía térmica**, fuente de calor, está presente en la combustión, en el calentamiento por frotamiento, en conversiones de energía, etc.

La **energía química** tiene las características de una energía de reserva que posibilita otras formas de energía. Como ejemplo de elementos depositarios de energía química podemos mencionar las pilas y los acumuladores, los combustibles, los músculos, etc.

La **energía eléctrica** es una de las más versátiles (como lo analizaremos más adelante); su utilización generalizada en todos los campos del quehacer humano se remonta a poco más de un siglo y está íntimamente asociada al desarrollo del mundo de hoy. La circulación de corriente es una manifestación de la energía eléctrica.

La **energía radiante** se presenta bajo la forma de radiaciones electromagnéticas: rayos X, rayos gamma, rayos ultravioletas, rayos infrarrojos, luz visible, etc. La zona visible de la energía radiante corresponde a la energía luminosa.

La **energía nuclear** se pone de manifiesto bajo forma de energía térmica, cuando se produce la fisión de núcleos de elementos químicos pesados como el uranio, o la fusión entre sí de núcleos de elementos de peso atómico bajo. Actualmente, tiene aplicaciones prácticas solamente la fisión nuclear.



Habiendo planteado la energía como la capacidad para producir trabajo, veamos qué es el trabajo. Desde el punto de vista de la física, trabajo es el producto de una fuerza por el desplazamiento del punto de aplicación de la misma; se realiza un trabajo cuando al aplicar una fuerza se produce un desplazamiento; por ejemplo si aplicamos una fuerza (F) a un móvil, cuando el móvil se mueve una distancia (d), efectuamos un trabajo (T); el trabajo es energía puesta en acción.

La relación entre el trabajo (T), la fuerza (F) y el desplazamiento en el sentido de la fuerza, es decir la distancia recorrida (d), se expresa por la siguiente fórmula:

$$T = F \times d$$

El trabajo y la energía se miden con la misma unidad: kilowatt-hora (kWh), kilogrammetro (kgm), joule (J), caloría (cal), etc.

Energía y trabajo son dos conceptos asocia-

dos al hombre, a su desarrollo y a sus cambios.

El trabajo que se lleva a cabo en la unidad de tiempo es lo que se llama potencia. La potencia es el ritmo del trabajo. Existen varias unidades de potencia; podemos mencionar el caballo vapor (HP), el watt (W), etc.

Las fuentes de energía

La energía de que se dispone proviene:

- **Del Sol** (energía térmica y radiante, combustibles fósiles, vientos, corrientes de agua, biomasa).
- **Del proceso cósmico que dio nacimiento al sistema solar** (energía nuclear y energía geotérmica).
- **De la atracción gravitatoria Sol-Tierra-Luna** (energía de las mareas); ésta es, relativamente, mucho menos importante que las otras dos.

La fuente más importante de energía de que dispone el ser humano es el Sol.

Los combustibles fósiles, el carbón mineral, el petróleo y el gas natural (fuentes de energía química) representan energía solar acumulada a través de siglos.

El Sol, como todas las estrellas, es un gigantesco reactor termonuclear que transforma una parte de su materia en energía, la que emite bajo la forma de radiaciones (luz visible, calor, rayos gama, etc.).

El viento y los ríos (fuentes proveedoras de energía mecánica), son consecuencia del calor del Sol, que llega a la Tierra (calentando su superficie, lo que provoca movimientos de aire y, consecuentemente, vientos; o evaporando el agua, la que luego precipita bajo forma de lluvia, y alimenta los ríos y mares, cerrando el ciclo meteorológico).

La madera, otra fuente de energía química, es consecuencia de un proceso de fotosíntesis debido a la radiación solar.

En cuanto a la energía eléctrica utilizable, ésta no se obtiene directamente de la naturaleza sino que es el resultado, como veremos más adelante, de la conversión de otras formas de energía, como por ejemplo, la mecánica (dínamos y alternadores), la química (pilas), la térmica (par termoeléctrico) o la radiante (célula fotovoltaica).

Las transformaciones de energía

Una característica fundamental de la energía es que no puede ser creada ni destruida, pero sí transformada de un tipo de energía en otra (ley de conservación de la energía).

A título de ejemplo, en cuanto a transformación de energía, podemos mencionar:

- La energía eólica (energía cinética del aire en movimiento) que, en el molino de viento, se transforma en energía mecánica presente en un eje que gira.

- La energía química del carbón que, en el proceso de combustión, se transforma en energía térmica.
- La energía hidráulica (fuerza viva de una corriente o de un salto de agua) que, en los molinos de agua o en las turbinas hidráulicas, se transforma en energía mecánica.
- La energía mecánica que, en un dinamo o en un alternador, se transforma en energía eléctrica.
- La energía química de las pilas que, por una reacción química, se transforma en energía eléctrica.
- La energía nuclear que mantiene unidas las partículas en el núcleo de cada átomo, y que puede ser liberada bajo la forma de energía térmica y radiante.
- La energía eléctrica que, en un motor, se transforma en energía mecánica o, en una estufa, en energía térmica.
- La energía mecánica que, con la fricción, se transforma en energía térmica.

Estos ejemplos nos muestran que no siempre la energía se encuentra en la forma más adaptada para cumplir la función requerida, por lo que suele ser necesario transformarla de una forma en otra.

El concepto de transformación de la energía es amplio y no implica necesariamente su conversión. Para aclarar el tema veamos algunos ejemplos: Los molinos de viento o de agua transforman la energía mecánica del viento o del agua (energía eólica e hidráulica, respectivamente) en energía mecánica presente en un eje que gira; pero, no hay conversión de energía; antes y después de la transformación tenemos energía mecánica, si bien bajo distintas características.

En muchos casos, la transformación implica conversión; por ejemplo en un motor eléctrico hay conversión de energía eléctrica en energía mecánica y, en una estufa, de energía eléctrica en energía térmica; es decir que la energía que alimenta el dispositivo es de una forma distinta de la que entrega.

Otro ejemplo interesante de destacar es el organismo humano que transforma gran parte de la energía química de los alimentos en energía mecánica (que se pone de manifiesto en el trabajo muscular) y en energía calórica. La mayor parte de la energía contenida en los alimentos sirve para producir calor y no trabajo muscular. Tengamos en cuenta que el calor del cuerpo es esencial para la supervivencia. El hombre, como todo ser viviente, convierte energía.

Los dispositivos o máquinas que convierten un tipo de energía en otro se llaman conversores de energía. A continuación mencionamos algunos conversores y las correspondientes energías de entrada y de salida.

Convertidores de energía	Energía de entrada	Energía de salida
Resistor	Energía eléctrica	Energía térmica
Lámpara incandescente	Energía eléctrica	Energía radiante y térmica
Estufa eléctrica	Energía eléctrica	Energía térmica
Par termoelectrónico	Energía térmica	Energía eléctrica
Altavoz	Energía eléctrica	Energía mecánica
Motor eléctrico	Energía eléctrica	Energía mecánica
Dinamo y alternador	Energía mecánica	Energía eléctrica
Micrófono	Energía mecánica	Energía eléctrica
Reactor nuclear	Energía nuclear	Energía térmica
Pila	Energía química	Energía eléctrica
Cuerpo humano	Energía química	Energía mecánica
Cuerpo humano	Energía química	Energía térmica
Motor de combustión interna	Energía química	Energía mecánica
Quemador	Energía química	Energía térmica
Célula fotovoltaica	Energía radiante	Energía eléctrica



En nuestro equipo, es la energía eléctrica la fuente que provee la energía necesaria para calentar y mantener la temperatura de la estufa, y la correspondiente conversión de energía asociada (energía eléctrica en energía térmica). Este fenómeno de conversión de energía está vinculado al llamado Efecto Joule.



La electricidad

El término electricidad está asociado a energía eléctrica y, corrientemente, se lo utiliza para referirse a la energía eléctrica que se suministra como servicio; por otra parte, caracteriza el campo de la física relacionado con los fenómenos eléctricos.

Sin lugar a dudas, de las diferentes formas en que se presenta la energía, la eléctrica es actualmente –y, posiblemente, por mucho tiempo– la que tiene un espectro más amplio de aplicaciones, tanto familiares, como comerciales e industriales.

Sólo en los transportes no se ha generalizado el uso de la energía eléctrica, debido a que todavía no se ha desarrollado un sistema de almacenamiento con una alta relación capacidad-peso.

La energía eléctrica es la más dúctil, la más versátil y la más cómoda de todas, debido a las múltiples ventajas que presenta. Entre éstas podemos mencionar la facilidad de transportarla y distribuirla aun a gran distancia, la posibilidad de

transformarla fácilmente en otras formas de energía (calórica, luminosa, mecánica, química, etc.), la disponibilidad inmediata, la ausencia de contaminación en su uso, etc. Debido a todo esto, sus aplicaciones (industriales, profesionales, domésticas, etc.) son numerosas.

La facilidad de transporte –de transmisión– con relativamente poca pérdida a través de conductores (cables) –la red eléctrica– es un hecho muy importante. Podemos efectuar la comparación con el transporte de otras formas de energía, por ejemplo los combustibles –portadores de energía química– cuyo transporte es, evidentemente, mucho más complicado; otro ejemplo: la energía mecánica de un eje motor que gira y que puede transmitir su movimiento a una máquina, tiene también sus limitaciones en cuanto al alcance de transmisión del movimiento.

Otro aspecto clave es la facilidad y comodidad con que puede transformarse en otras formas de energía: luminosa, mecánica, calórica o química. En nuestra casa, por ejemplo, nos permite iluminar y disponer a voluntad de nuestra jornada activa (pensemos en las limitaciones que tendríamos si tuviéramos que atenernos solamente a otras fuentes de luz); nos permite, también, simplificar nuestras actividades cotidianas cuando recurrimos a los electrodomésticos (aspiradora, refrigerador, licuadora, etc.), así como calefaccionarnos cuando las inclemencias del clima lo requieren. Como campo de aplicación de la transformación de la energía eléctrica en energía química, podemos mencionar la carga del acumulador del automóvil, ya sea a través de un car-

gador de baterías o del mismo generador del automóvil que restituye la energía que consume el sistema eléctrico de iluminación, el motor de arranque, etc.

La energía eléctrica utilizable, que está asociada a la presencia de cargas eléctricas (potencial eléctrico) y al movimiento de estas cargas, no existe en la naturaleza, sino que se obtiene mediante la transformación (conversión) de otras formas de energía (mecánica, química, radiante o térmica); no es una *energía directa* sino una *energía derivada*. Generalmente es el resultado de convertir energía mecánica, química o radiante en energía eléctrica y suele presentarse bajo la forma de diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos o polos. Las descargas eléctricas naturales (rayos, etc.) no proporcionan energía utilizable.

Corriente eléctrica y circuito eléctrico

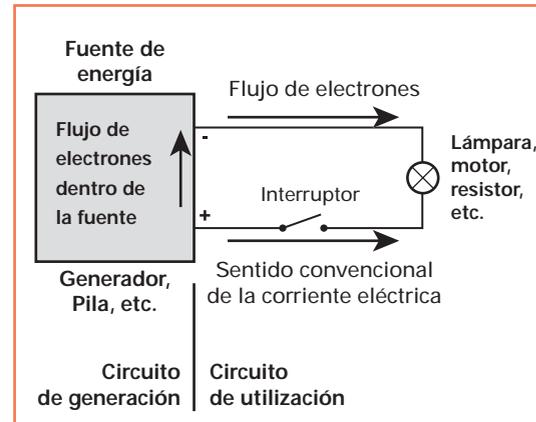
Cuando se conectan los dos polos mencionados mediante un circuito formado por elementos conductores de la electricidad, la diferencia de potencial eléctrico produce en el circuito una circulación de **corriente eléctrica**; esta circulación no es otra cosa que un desplazamiento de cargas eléctricas (electrones). El circuito formado por elementos conductores de la corriente eléctrica toma el nombre de **circuito eléctrico**, entendiéndose como tal todo circuito por el cual circula o puede circular corriente eléctrica.

Ahora bien, para entender el fenómeno de la energía eléctrica y, consecuentemente, el de la circulación de corriente, debemos recordar que los átomos que constituyen la materia tienen un núcleo con carga eléctrica positiva (la de los protones que lo integran) y electrones (con carga eléctrica negativa) ligados al núcleo alrededor del cual giran, describiendo órbitas elípticas. En condiciones normales, un cuerpo es eléctricamente neutro pues hay un equilibrio de cargas negativas y positivas. En algunos materiales, llamados materiales conductores (cobre, plata, hierro, aluminio, plomo, etc.), sucede un fenómeno importante que es la base de la electricidad: Algunos electrones están ligados al núcleo con una fuerza tan débil que pueden liberarse y desplazarse hacia zonas en las que, por falta de electrones hay una carga positiva (Recordemos que las cargas de igual signo se rechazan y las de signo contrario se atraen). Ese desplazamiento de electrones es lo que se llama **corriente eléctrica**; y, el circuito por el cual circulan los electrones, **circuito eléctrico**.

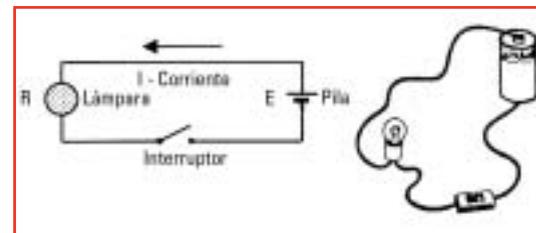
El circuito eléctrico más elemental está compuesto de una fuente de energía (pila, acumulador, generador, etc.), un dispositivo consumidor-utilizador (lámpara, motor, resistencia, etc.) y los cables que cierran el circuito (circuito de utilización). Este circuito puede completarse agregando una llave interruptora (elemento de control) que permita interrumpir o no la circulación de corriente.

El sentido de **circulación de la corriente eléctrica** es el del flujo de electrones (cargas negativas), que se van desplazando en el

sentido del polo negativo de la fuente generadora de electricidad (dínamo, alternador, pila, etc.), donde hay un exceso de electrones, al otro polo, donde la falta de electrones hace que tenga una polaridad positiva. Convencionalmente, se indica como sentido de circulación de la corriente eléctrica una que iría del polo positivo al negativo, inverso al sentido del flujo de electrones.



A continuación planteamos un circuito eléctrico elemental compuesto de una fuente (pila), los cables conductores, el elemento de control (interruptor) y el consumidor-utilizador (lámpara).



Teniendo en cuenta que los elementos que conforman el circuito eléctrico (cables, lámparas, etc.) ofrecen una cierta resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, podemos señalar las tres magnitudes que

definen el comportamiento del circuito y que son:

- La **tensión** (E) de la fuente, que se mide en volt.
- La **resistencia** (R) del circuito de utilización, que se mide en ohm.
- La **corriente** (I) que circula por el circuito, que se mide en ampere.

Esas tres magnitudes están vinculadas entre sí por la llamada ley de Ohm que dice que la tensión (E) es igual al producto de la resistencia (R) por la corriente (I).

$$E = R \times I$$

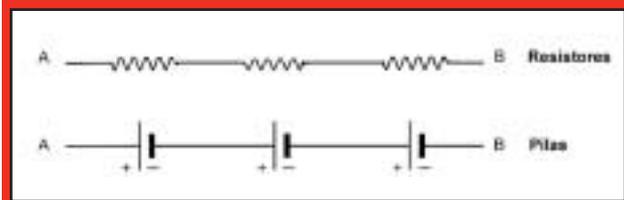
En un conductor cilíndrico, la resistencia es proporcional a su longitud *l*, inversamente proporcional a su sección transversal *s* y proporcional a un coeficiente ρ que recibe el nombre de **resistividad** (o resistencia específica) y que se expresa en ohm o microhm por unidad de volumen.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

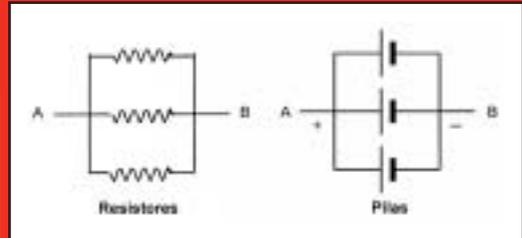
La resistividad de la plata es 1,47; la del cobre 1,55; la del oro 2,2; la del aluminio 2,56; la del hierro 9,07; la del plomo 20,4; etc.

Resistividad en microhm por cm³ a 0°C.

Tanto la fuente como el consumidor-utilizador (sumidero) pueden estar compuestos por más de un elemento. Por ejemplo una, dos, tres o más pilas, una, dos, tres o más resistores, lámparas, etc. Estos elementos pueden conectarse en serie o en paralelo.



Elementos conectados en serie



Elementos conectados en paralelo

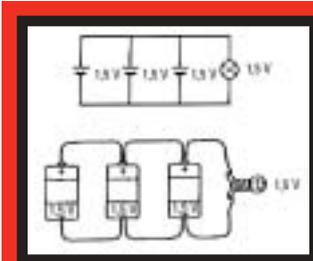
En circuitos compuestos de elementos conectados en serie, la tensión en los extremos del conjunto (A - B) es igual a la suma de las tensiones parciales en los extremos de cada elemento (Por ejemplo, la tensión en los extremos de un conjunto formado por tres pilas de 1,5 volt cada una, conectadas en serie, será de 4,5 volt).

La resistencia total de elementos conectados en serie es igual a la suma de las resistencias parciales (Por ejemplo, la resistencia total del conjunto formado por tres resistores r_1 , r_2 y r_3 conectados en serie es igual a: $R = r_1 + r_2 + r_3$, mientras que la corriente circulante será la misma en todos los elementos).

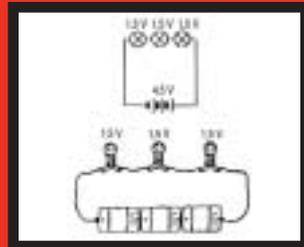
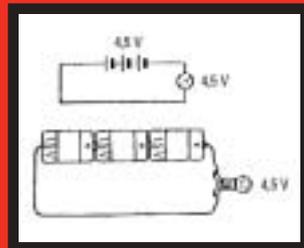
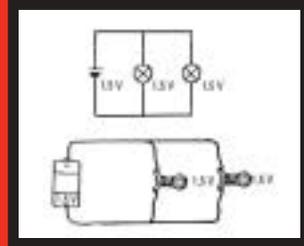
En un circuito formado por elementos conectados en paralelo, la tensión en los extremos (A - B) es igual a la presente en cada elemento tomado aisladamente (en el caso de conectar en paralelo pilas, baterías, etc., se debe tener presente que todas sean de la misma tensión).

La corriente total que circula por un conjunto de elementos conectados en paralelo es igual a la suma de las corrientes que circulan por cada elemento mientras que la resistencia total del conjunto corresponde a la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1}$$



Ejemplos de circuitos en paralelo



Ejemplos de circuitos en serie

Las magnitudes puestas en juego en un circuito eléctrico:

Tensión	(E)	volt	$E = R \times I$
Corriente	(I)	ampere	
Resistencia	(R)	ohm	
Potencia	(W)	watt	$W = E \times I = R \times I \times I = R \times I^2$
Energía	(Wh) (kWh)	watt-hora kilowatt-hora	$Wh = E \times I \times t$ (tiempo)

El trabajo y la energía se miden con la misma unidad.

La potencia es la energía en la unidad de tiempo.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

En lo referente al trabajo, si tomamos al newton (N) como unidad de medida de la fuerza e indicamos el desplazamiento en metros, la unidad de medida es el joule.

Un watt es la potencia correspondiente a un joule por segundo.

Otras unidades son: el kilogramo (kgm), el kilowatt-hora (kWh), el ergio (erg), la caloría (cal), el electrón-volt (eV), etc.

Algunas equivalencias son:

$$1 \text{ kWh} = 3,60 \times 10^6 \text{ joule} = 8,67 \times 10^5 \text{ kgm}$$

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg} = 0,24 \text{ cal}$$

$$1 \text{ kgm} = 9,804 \text{ joule} = 2,342 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ joule} = 0,423 \text{ kgm}$$

$$1 \text{ electrón-volt} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

• Corriente continua y corriente alterna

Es interesante destacar que existen dos variantes de la corriente eléctrica, la llamada corriente continua y la llamada corriente alterna:

- En la **corriente continua**, la corriente circula en los conductores en un solo sentido y podemos hablar de un polo positivo y de un polo negativo; para nosotros el caso más común de generadores de este tipo de corriente son las pilas y los acumuladores.
- En la **corriente alterna**, el sentido de circulación cambia constantemente (en la red pública de energía eléctrica, a un ritmo de 50 veces por segundo, corriente de 50 ciclos). En este caso no podemos más hablar de polo positivo y polo negativo; pero, cuando uno de los conductores está conectado a tierra –como normalmente sucede con la red de distribución eléctrica que llega a nuestras casas–, podemos hablar de polo vivo y polo neutro (este último es el que está conectado a tierra). Actualmente, toda la energía que se distribuye por la red pública es de corriente alterna (220 volt para uso familiar; 380 volt para uso industrial) por las ventajas que presenta su transporte y su distribución, frente a los de la corriente continua.

• Fuentes de energía eléctrica

Como hemos dicho, la energía eléctrica normalmente se obtiene como consecuencia de la conversión de energía mecánica,

química o radiante en eléctrica; si bien la energía mecánica puede ser de origen hidráulico, eólico, nuclear, etc.

Cuando hablamos de **conversión de energía mecánica en eléctrica** nos referimos a las dinamos o a los alternadores, en los que la corriente eléctrica tiene su origen en fenómenos electromagnéticos.

Cuando hablamos de la **conversión de energía química en energía eléctrica**, nos referimos a las pilas y los acumuladores, en los que una reacción química provoca una diferencia de potencial eléctrico en sus bornes y, consecuentemente, cuando se cierra el circuito, una corriente eléctrica.

En cuanto a la energía eléctrica proveniente de la **transformación de energía radiante**, es la que entregan los llamados paneles solares compuestos de células fotovoltaicas que transforman la energía radiante, proveniente del Sol, en energía eléctrica (fenómeno fotoeléctrico).

De estas tres fuentes proveedoras de energía eléctrica (mecánica, química, radiante), la mecánica es sin duda la más importante.

El aprovechamiento de la energía solar, motor de la vida en la Tierra, todavía no ha alcanzado la importancia que posiblemente le depara el futuro, porque el costo de los paneles solares es todavía muy elevado; pero, es muy importante tenerla en cuenta en lugares alejados en donde no se dispone de otras fuentes de energía.

Los lugares en donde se efectúa la transformación de energía mecánica en eléctrica, se llaman usinas o centrales de generación. El nombre *centrales de generación* merece un comentario, pues la energía no se genera ni se destruye sino que se transforma; lo que tiene lugar en estas usinas o centrales es la transformación de energía térmica, hidráulica, nuclear, etc., en energía mecánica y, luego, en energía eléctrica. Según sea el tipo de energía que alimenta la central, hablamos de central térmica, central hidráulica, central nuclear, etc.

Las centrales térmicas son aquéllas que usan combustibles fósiles (energía química que durante el proceso de combustión se transforma en energía térmica) para alimentar, ya sea un motor de combustión interna (normalmente, un motor diesel) o un generador de vapor que actúa sobre una turbina; solidario al eje del motor o de la turbina se encuentra el alternador que entrega energía eléctrica cuando gira.

En las centrales hidráulicas, la fuerza que mueve el alternador proviene de una turbina hidráulica; en las centrales eólicas, de paletas movidas por la fuerza del viento; y, en las centrales nucleares, del calor producto de la fisión nuclear que genera vapor que alimenta una tur-

Hablamos de alternador porque la corriente que genera es alterna; su sentido se invierte a un ritmo de 50 veces por segundo (50 ciclos). La corriente alterna tiene la ventaja que puede modificarse la tensión, elevándola o bajándola con muy pocas pérdidas, mediante el simple uso de un transformador.

bina que mueve el alternador.

La energía eléctrica (de alta y media tensión) proveniente de la central, se distribuye mediante una red eléctrica (red de distribución) cuyas ramas terminan en las llamadas subestaciones de transformación que rebajan la tensión de la red antes de distribuirla a los usuarios. Para uso familiar se utiliza 220 volt (monofásica) y para uso industrial, 380 volt (trifásica).

Las redes de distribución pueden ser aéreas o subterráneas; actualmente, en las ciudades se trata que sean subterráneas (por razones de seguridad y, además, por razones estéticas) por lo que normalmente, están tendidas debajo de las veredas y calles (Si imaginamos un corte vertical de las veredas de nuestra ciudad nos encontramos con una interesante variedad de circuitos conductores de electricidad, de gas, de telefonía, de agua, de residuos cloacales, etc.).

De las subestaciones de transformación surgen redes de distribución secundarias a las cuales está conectado cada usuario a través de un medidor y de un interruptor general; en el caso de instalaciones familiares conviene, por razones de seguridad, colocar luego del medidor y el interruptor general, un interruptor diferencial que actúa y corta la corriente cuando por uno de los dos conductores del circuito eléctrico circula más corriente que por el otro, debido a una accidental derivación a tierra.

El medidor mide el consumo de electricidad; la unidad de medida es el kilowatt-hora (un kilowatt = 1000 watt). Al medidor está conectada la red eléctrica interna que

distribuye la energía eléctrica a los potenciales puntos de consumo, portalámparas, tomacorrientes, etc., en algunos casos, previo paso por un circuito interruptor (la llave interruptora o llave de luz).

El circuito eléctrico de una casa de familia normalmente está embutido en las paredes; su presencia física se pone de manifiesto en las llaves interruptoras, los tomacorrientes, las cajas de conexión, los portalámparas con sus correspondientes cables y lámparas, etc. En algunos casos particulares –y, sobre todo cuando se amplía una instalación–, parte de los cables suele correr por la parte exterior de las paredes; pero, esto no debería ser lo normal.

Los conductores que conforman el circuito eléctrico (la red eléctrica) son de cobre, con una cubierta aislante de plástico, y están alojados en caños embutidos en la mampostería. La corriente circula por dos conductores uno de los cuales, el neutro, está prácticamente al potencial de tierra; el otro, el polo vivo, al potencial de 220 volt. Además, hay un tercer conductor conectado directamente a tierra que sirve como protección, ya que a él pueden derivarse todas las eventuales pérdidas en los artefactos conectados a la red; normalmente, el conductor de tierra debería ser de color verde-amarillado.

Existen dos tipos de conductores, el formado por un solo alambre de cobre y el formado por una serie de alambres de

menor diámetro, retorcidos (cable), en ambos casos con una cubierta aislante de plástico; el cable es mucho más flexible y el único que se usa para conectar artefactos móviles. En cuanto a la sección de los conductores, podemos decir que los que están embutidos en la pared son de mayor sección (2 mm^2 o más) según sea la carga eléctrica a la que pueden llegar a estar sometidos; los que exteriormente conectan los diversos artefactos a la red son siempre flexibles y de menor sección. Para alimentar lámparas, radios, etc. es suficiente usar cables de conexión de 0.50 mm^2 ; pero, para consumos mayores se requiere conductores de 0.75 o 1.00 mm^2 y, en algunos casos, más aún. Existen normas que establecen la máxima corriente que puede circular por un conductor en función de su sección.

Se debe aclarar que las tensiones que suministran los equipos o dispositivos que trabajan con pilas o baterías no representan ningún riesgo para la vida humana; sin embargo, cuando se realizan trabajos en circuitos conectados a la red eléctrica, la cosa cambia: Un golpe de corriente puede llegar a electrocutar a una persona y costarle la vida, incluso tratándose de tensiones bajas como 110 V. Por esa razón, nunca serán excesivas todas las precauciones que se tomen.

Se usa el cobre por ser un metal muy buen conductor de la corriente eléctrica.



En nuestro caso es fundamental la puesta a tierra de la estructura metálica de la estufa mediante un tomacorriente apropiado (con puesta a tierra), para evitar eventuales problemas de electrocución.



El efecto Joule

Se llama **Efecto Joule** al fenómeno del calentamiento de un conductor debido al paso de una corriente eléctrica. La energía de la corriente que se emplea para vencer la resistencia de un circuito se transforma en calor (la energía eléctrica se convierte en energía térmica).

La ley relativa a ese fenómeno es la llamada Ley de Joule, que dice que la cantidad de calor “Q” que se genera en un conductor por el paso de una corriente constante es proporcional a la resistencia “R” del circuito, al cuadrado de la intensidad “I” de la corriente y al tiempo “t” que dura su paso por el conductor:

$$Q = R I^2 t \text{ joule}$$

Recordando que $R = E/I$, tenemos que la energía disipada en un conductor (que se desprende bajo la forma de calor) es proporcional al producto de la diferencia de potencial “E” (en volt) medida en sus extremos, por la intensidad de la corriente “I” (en ampere) y por el tiempo “t” (en segundos).

Los sistemas de control

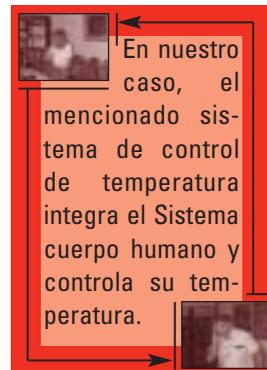


El concepto de control está presente en diversas disciplinas (ingeniería, biología, economía, sociología, etc.). Si bien la palabra “control”

implica, fundamentalmente, mando, verificación, regulación, puede tener connotaciones particulares según sea el campo de aplicación.

Para introducirnos en el tema comenzaremos analizando el cuerpo humano. Normalmente, su temperatura permanece constante, cualquiera sea la temperatura del medio que lo rodea o la actividad que realiza; esto se debe a que tiene un complejo sistema de control de temperatura (control de regulación) que, entre sus mecanismos de termorregulación, tiene uno que lo hace transpirar cuando la temperatura sube o que lo hace temblar cuando la temperatura baja. Además, posee otro sistema (cuyo centro está en el cerebro) que controla sus movimientos musculares (control de posición que le posibilita desarrollar sus actividades).

Éste es un ejemplo típico que nos permite ir anticipando que cualquier sistema de control forma parte y controla un Sistema más grande, al que pertenece.



Pero, debemos tener en cuenta que también el hombre ha creado sistemas de control en su búsqueda de medios para controlar acciones físicas.

Resumiendo, podemos reconocer, básica-

mente, dos tipos de sistemas de control.

- Sistemas de control naturales o biológicos. Por ejemplo, el mencionado sistema de control de temperatura del cuerpo humano.
- Sistemas de control artificiales (creados por el hombre). Por ejemplo, el sistema de control de temperatura de una estufa de laboratorio, el piloto automático de un avión o, simplemente, un conmutador eléctrico.

En nuestro desarrollo nos ocuparemos, fundamentalmente, de sistemas de control artificiales vinculados al campo de la tecnología, aún cuando muchas veces se presentan analogías entre los sistemas de control naturales y los artificiales creados por el hombre.

En el campo de la industria, los primeros sistemas de control estuvieron basados casi exclusivamente en componentes mecánicos y electromecánicos (palancas, relés, bimetálicos, etc.); pero, en la segunda mitad del siglo XX, debido a los progresos revolucionarios de la electrónica (los circuitos integrados, los microprocesadores y las computadoras), se generalizaron los sistemas de control electrónicos.

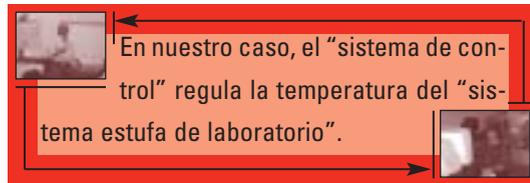
Los desarrollos de los sistemas de control han producido grandes cambios en el quehacer humano, desde facilitar el funcionamiento de artefactos corrientes de la vida cotidiana, pasando por la automatización de los sistemas de producción industriales, hasta la colaboración en los explosivos desarrollos que han tenido lugar en la

segunda mitad del siglo XX; por ejemplo, serían impensables los viajes al espacio exterior si no se contara, entre otras cosas, con los sistemas de control que permiten y/o garantizan el correcto funcionamiento de los dispositivos implicados en estas empresas.

Cuando hablamos de sistemas de control nos referimos a un amplio espectro que abarca, tanto los manuales como los automáticos, sencillos o complicados. Por ejemplo: desde la simple llave que controla el encendido de una lámpara eléctrica, o la llave que controla la llama de la hornalla de una cocina de gas, o una canilla que controla un flujo de agua (controles manuales), hasta los complejos dispositivos de control de un satélite artificial, pasando por los sistemas de control asociados a múltiples objetos de la vida cotidiana de hoy, como el termotanque (control automático de temperatura mediante un termostato), el multiprocesador (control de velocidad, de funciones a cumplir, etc.), el refrigerador, el horno a microondas, el aparato de aire acondicionado, la estufa de laboratorio, etc. El tema es muy amplio y especializado; sólo plantaremos un esquema general que nos permita entender los principios que gobiernan su funcionamiento y sus usos, sobre todo los vinculados a nuestro caso específico, la estufa de laboratorio.

Los sistemas de control son subsistemas de sistemas más grandes; su objetivo es regular (controlar) el funcionamiento de estos últimos. Por ejemplo, el “sistema de control de una canilla” regula un flujo de agua y forma parte de un sistema más grande, el “sistema canilla” (la canilla propiamente dicha);

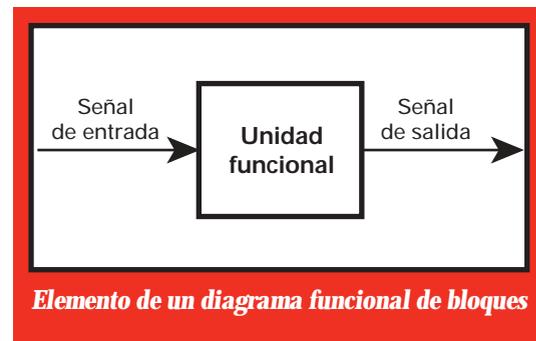
pero, a su vez, (el sistema canilla) forma parte de un sistema más grande, el “sistema de distribución de agua de la casa”, el que a su vez forma parte de un sistema más grande aún, el “sistema de distribución de agua de la ciudad”. Otro ejemplo: El “sistema llave de control de la llama de una cocina de gas” regula un flujo de gas y forma parte de un sistema más grande, el “sistema cocina” (la cocina), que podemos considerar a su vez formando parte de un sistema más grande aún, como el “sistema de preparación de comidas” o el “sistema de distribución de gas de la ciudad”.



Con referencia a la automatización de los sistemas de control, podemos hablar de dos lógicas de sistemas: Una, la llamada lógica cableada, en la que la función de control depende de los componentes que integran el sistema y de la forma en que están interconectados (de allí el nombre *cableada*); es la que aplicaremos en las estufas que describiremos. Pero, con la llegada de los microprocesadores, sumados a la demanda de la industria en cuanto a sistemas de control económicos, robustos, flexibles, fácilmente modificables, con posibilidad de manejar tensiones y corrientes fuertes, aparece como alternativa a la lógica cableada, una lógica programada y, como consecuencia, los sistemas programables generalmente llamados *PLC* –*Programmable Logic Controllers*; en español, controladores lógicos programables (*CLP*) o autómatas pro-

gramables industriales (*API*)–. Estos sistemas pueden realizar distintas funciones de control sin alterar su configuración física, con sólo cambiar el programa de control.

Para analizar los sistemas de control utilizaremos los diagramas de bloques. En nuestro caso, posiblemente sea más preciso hablar de “diagramas funcionales de bloques” (aunque es de uso corriente llamarlos con la primera denominación) pues son la representación gráfica de las funciones que realiza cada elemento y de las señales (portadoras de información) que actúan en el sistema (señales que en los diagramas representaremos con líneas llenas finas). En el diagrama funcional, los bloques representan sobre todo las funciones y no los componentes del sistema. Un diagrama funcional de bloques contiene información con respecto al comportamiento funcional, pero no contiene información respecto a la constitución física del sistema. Por lo tanto, muchos sistemas disímiles no relacionados entre sí, pueden estar representados por el mismo diagrama funcional de bloques. En los diagramas de bloques de sistemas de control no se suelen representar los flujos de materia y de energía, excepto en la última etapa –porque su representación no interesa a los efectos del control–.



El proceso y su control

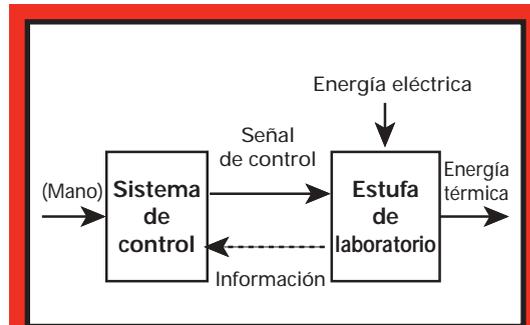
Los sistemas pueden estar asociados o ser sustento de procesos que implican transformación, y/o producción, y/o transporte, de materia, energía o información, y que tienen como resultado productos o fines, materiales o inmateriales (objetos, bienes en general, energía eléctrica, procedimiento, etc.).

En todo proceso hay magnitudes que influyen, y que definen los estados y el desarrollo del proceso; éstas se pueden medir y/o regular. Para el correcto desarrollo del proceso y el buen funcionamiento del sistema asociado a él, en general, es necesario controlar alguna de esas magnitudes de estado.

En la figura se esquematiza el diagrama de bloques de un Sistema que cuenta con sistema de control cuyo punto de funcionamiento se regula con la mano. Podemos observar dos bloques: uno representa el sistema de control y el otro, el sistema controlado (en nuestro caso, la estufa).

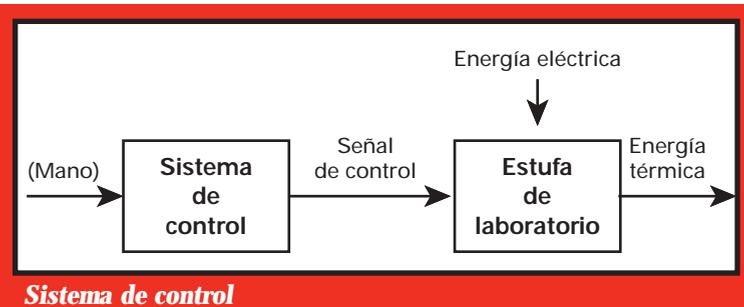
El control es un procedimiento, manual o automático, que permite regular y/o fijar las condiciones de desarrollo de un proceso (es decir, del funcionamiento del sistema en el cual tiene lugar el proceso), y/o el nivel o magnitud de la salida (en el caso de la estufa, la salida del sistema es el calor que genera el elemento calefactor). El sistema de control es el que realiza esta operación de control.

Hemos dicho que el control implica verificación, regulación, etc. La verificación –muchas veces presente en el control, aunque no siempre– plantea una señal de retorno (información) al sistema de control, la que informa sobre el desarrollo del proceso. En nuestro caso, puede ser una luz que indique que el aparato está funcionando.



Sistema de control con retroinformación sobre si funciona o no

En cuanto a la regulación, ésta se basa en comparar, en la entrada de un sistema, una señal de referencia (o consigna, o entrada de referencia) con una señal proveniente de la salida (señal de realimentación) que llega a través de un lazo de realimentación y cuyo valor depende de la magnitud de la salida. La comparación tiene lugar en un elemento de comparación; como resultado de ésta se tiene una señal (función de la diferencia entre el valor real a la salida y el



Sistema de control

valor deseado fijado por la señal de referencia), llamada señal de desviación, que actúa sobre el sistema de corrección. La comparación y el ajuste pueden ser realizados automáticamente por la máquina, o sensorial, intelectual y muscularmente por el hombre (control automático o control manual). Como ejemplo de control automático podemos mencionar un horno cuya llama se prende o se apaga en función de la información que le proporciona un termostato regulable asociado; o una estufa cuya resistencia recibe o no corriente eléctrica en función de la información que le proporciona un sensor (en nuestro caso, el sensor puede ser un bimetálico o un termistor). Como ejemplo de control manual podemos mencionar la llama de una cocina de gas, que se regula observándola y girando de un lado o de otro la llave de control, hasta lograr la intensidad deseada; o, en el caso de la estufa de laboratorio, un potenciómetro que se regula manualmente en función de la información que proporciona un termómetro asociado a la estufa. Los sistemas con realimentación (o retroinformación) se llaman sistemas realimentados.

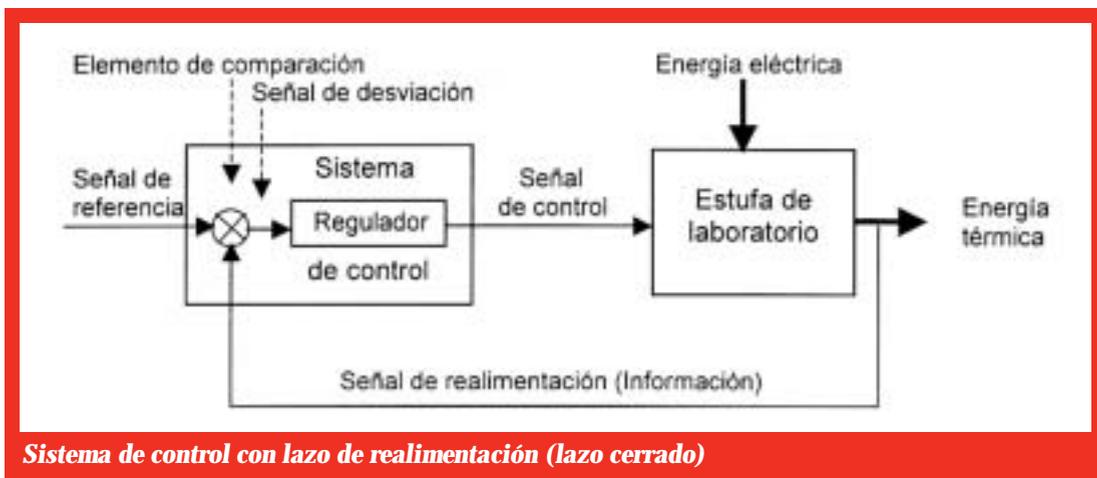
Clasificación de los sistemas de control

Considerando las características del control, los sistemas se pueden clasificar en dos tipos:

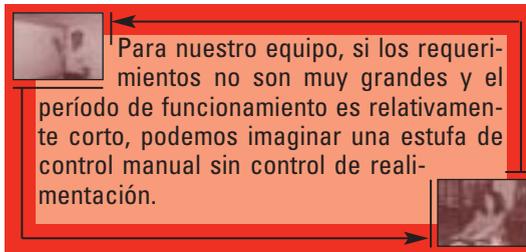
- Sistemas de control de lazo (o bucle) abierto.
- Sistemas de control de lazo (o bucle) cerrado (sistemas realimentados).

En ambos casos, el control puede ser manual o automático.

Para explicar la diferencia entre los dos sistemas, planteemos un ejemplo sencillo: Supongamos tener un calefactor eléctrico con el que deseamos calefaccionar una habitación. El calefactor tiene dos elementos de calefacción de 1 Kw de potencia cada uno y una llave selectora (conmutador) que permite conectar uno o los dos –es decir, optar por 1 ó 2 Kw–; calculamos que, conectando un elemento, podemos alcanzar la temperatura deseada y actuamos en



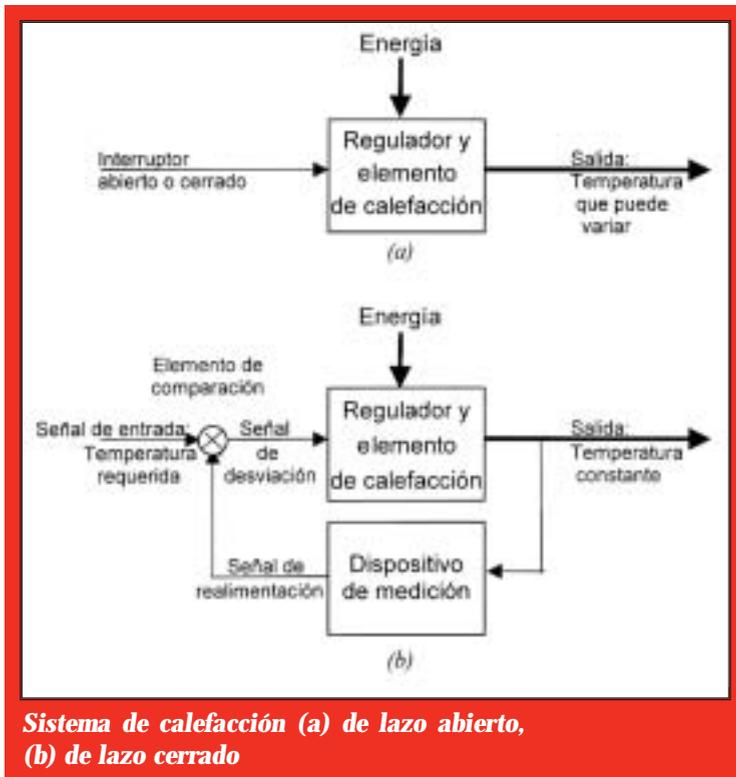
consecuencia. Ahora bien, si cambian las condiciones ambientales –supongamos, por la apertura de una ventana– y no cambiamos las condiciones de funcionamiento del calefactor, no hay posibilidad de compensar la pérdida de calor. Éste es el caso de un sistema de control de lazo abierto; la variable de salida (la temperatura de la habitación –aún si fuera inferior a la deseada–) no realimenta la entrada.



En el diagrama de lazo cerrado, los distintos elementos son:

Variable controlada	→ La temperatura.
Valor de referencia	→ La temperatura requerida.
Elemento de comparación	→ La persona que compara la temperatura medida con la requerida.
Señal de desviación (señal de error)	→ La diferencia entre la temperatura medida y la requerida.
Unidad de control (controlador)	→ La persona que decide en función de la señal de error.
Unidad de corrección	→ El regulador (conmutador).
Dispositivo de medida	→ El termómetro.

El sistema podría convertirse en uno de lazo cerrado si una persona con un termómetro en la mano controla la temperatura, y conecta o desconecta el sistema (en el caso de la habitación, el segundo elemento) buscando mantener la temperatura en el valor deseado. En este caso, hay realimentación porque la variable de salida –o variable controlada: la temperatura– condiciona la entrada al sistema. Aquí, quien compara la temperatura real con la deseada es una persona (normalmente, el elemento de comparación suele ser un dispositivo tecnológico, un termómetro).



Sistema de calefacción (a) de lazo abierto, (b) de lazo cerrado

Sistemas de control de lazo abierto

Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los que la única señal que ejerce una acción de control sobre el sistema es la que entra a éste mediante el selector de entrada. En estos casos, la salida no actúa sobre la entrada; la salida no influye en la acción de control.

Como ejemplo de selector de entrada o controladores, podemos mencionar la llave o el dispositivo de control de una estufa, de un calefactor (en el caso mencionado, el conmutador que permite seleccionar entre 1 y 2 kW), de una cocina eléctrica, del quemador de una cocina de gas, de un horno a microondas, de un lavarropas automático, de un ventilador, de una canilla, etc. En estos casos, la señal de mando es la acción de la mano del hombre. Cuando el selector de entrada está calibrado, suele estarlo en función de los valores a la salida del sistema.

Ejemplos de artefactos con sistemas de control de lazo abierto son: la cocina de gas, el horno de microondas, etc. Profundicemos el análisis de este último...

En el horno de microondas, las llaves o botones de control fijan las señales de entrada (magnitud y tiempo); la elevación de temperatura de la comida o la cocción (la comida calentada o cocinada) es la salida. Si, por cualquier razón, la temperatura alcanzada o el tiempo de aplicación de las microondas ha sido insuficiente y, como consecuencia, la comida no ha alcanzado las condiciones deseadas, esto no altera el ciclo de funcionamiento; es decir que la salida no

ejerce influencia sobre la entrada.

Otro ejemplo es la máquina automática de lavar ropa, en la que las acciones de prelavado, lavado, centrifugado, etc. se cumplen siguiendo una secuencia preestablecida (un programa), independientemente de la salida –es decir, de que la ropa salga más o menos limpia–; la máquina no mide la señal de salida, es decir, la limpieza de la ropa. En estos casos, se habla de control por programa. El buen funcionamiento del sistema depende de una correcta fijación de las secuencias, así como de las otras magnitudes que puedan estar en juego. Éste es un ejemplo de control automático; pero, también tenemos máquinas de lavar de control manual.

Los sistemas secuenciales como el del lavarropas automático –es decir, los que funcionan sobre la base de tiempo– son, generalmente, de lazo abierto. Un ejemplo más es el sistema de control del tránsito automotor mediante semáforos, cuyo funcionamiento (exceptuando el caso de los llamados semáforos inteligentes) responde a una secuencia preestablecida.

Sistemas de control de lazo cerrado

Los sistemas de control de lazo cerrado son aquellos en los que la acción de control depende tanto de la entrada de referencia como del valor de la salida. En estos casos, la salida del sistema actúa sobre la entrada para mantener su valor dentro de los límites fijados. Cuando la salida ejerce influencia sobre la entrada, decimos que hay realimentación. Los sistemas de control de lazo

cerrado son sistemas realimentados. Mediante la realimentación se corrigen las variaciones existentes entre el valor real (detectado) de la salida y el valor deseado.

Realimentación

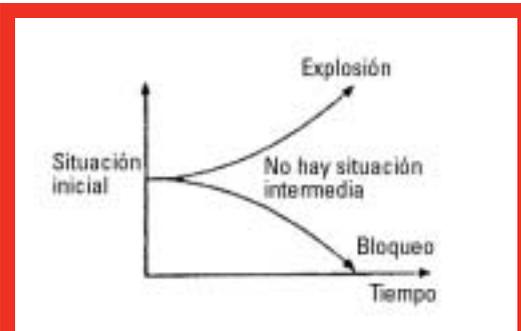
En un sistema hay realimentación (o retroalimentación) cuando, a través de un circuito llamado lazo (o bucle) de realimentación, la salida actúa sobre la entrada.

Se entiende por realimentación el hecho de reinyectar a la entrada de un sistema una parte (o una función) de la salida, por medio de la señal de realimentación.

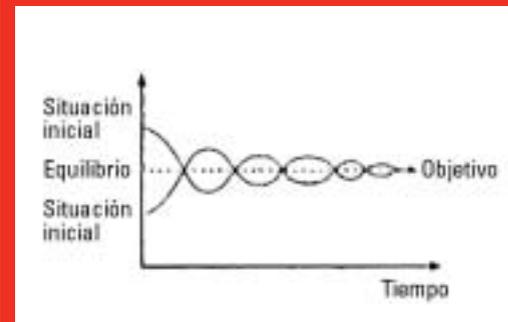
Existen dos tipos de realimentación: realimentación positiva y realimentación negativa.

- Hay **realimentación positiva** cuando un aumento de la señal de realimentación provoca un aumento de la salida del sistema. La realimentación positiva aumenta la divergencia y, generalmente, conduce a la inestabilidad del sistema (bloqueo o destrucción).
- Hay **realimentación negativa** cuando un aumento de la señal de realimentación provoca una disminución de la salida del sistema. La realimentación negativa favorece la convergencia hacia un fin y conduce a la estabilidad; en otras palabras, tiende a mantener el equilibrio de los sistemas, sean éstos artificiales (eléctricos, mecánicos, térmicos, etc.) o naturales (homeostáticos, por ejemplo).

El siguiente diagrama¹ ilustra con claridad el tema:



Realimentación positiva



Realimentación negativa

La realimentación negativa es la base de la mayoría de los sistemas automáticos de control (tanto los naturales como los artificiales) que buscan la estabilidad del sistema que integran. Casi todos los procesos biológicos incluyen la realimentación, así como también está presente en muchos sistemas hechos por el hombre; la realimentación en sistemas ingenieriles puede estar basada en mecanismos eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos o químicos.

En los sistemas de control, la señal de realimentación se combina con la señal de refe-

¹ de Rosnay, Joel (1977) *El macroscopio*. AC. Madrid.

rencia en el elemento de comparación, llamado detector de error, y como resultado se obtiene una señal de desviación, llamada señal de error (señal de control) que actúa sobre los accionamientos que regulan la salida. El elemento de comparación o detector de error se representa en un diagrama de bloques mediante un círculo con aspas al que llegan las señales de entrada y de realimentación, y del que sale la llamada señal de error o de control. El signo positivo o negativo en cada punta de flecha indica si la señal se suma o se resta; las magnitudes que se suman o restan deben tener las mismas dimensiones y las mismas unidades. Las señales más usadas como entradas de referencia en los sistemas artificiales suelen ser: tensión eléctrica, presión hidráulica o neumática, o posición mecánica.

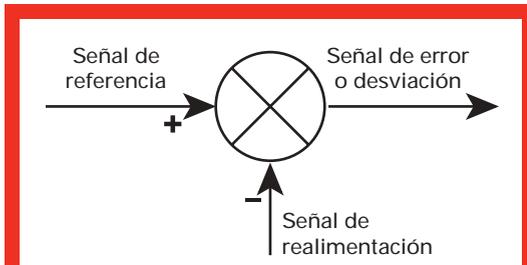


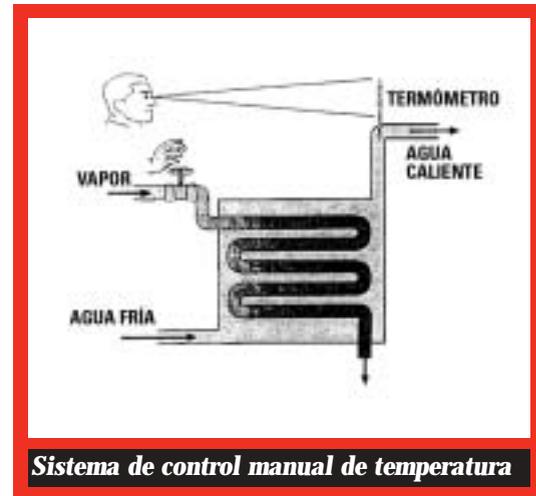
Diagrama de un detector de error con realimentación negativa

Según cómo se maneje la realimentación, los sistemas de control de lazo cerrado pueden ser de control manual o de control automático.

Como ejemplo de sistemas de control manual podemos considerar el siguiente sistema térmico: —————>

En este sistema, un ser humano actúa como controlador; su objetivo es mantener el agua del depósito a una determinada temperatura. Un termómetro colocado a la salida indica la temperatura del agua; esta temperatura es la variable de salida. Si observando el termómetro, el operador constata que la temperatura es mayor o menor de la requerida, reduce o aumenta la entrada del vapor (variable de entrada), buscando lograr el valor deseado. En este caso, estamos en presencia de un sistema de lazo cerrado de realimentación manual, pues la acción de control es efectuada por un ser humano.

Si se reemplaza al operador humano por un detector de temperatura (bimetalico, termistor, etc.) asociado a un controlador automático en forma tal que detecte en cada instante el valor de la temperatura de salida, compare este valor con uno de referencia que ha sido preestablecido mediante la perilla del controlador y, si hay variaciones, suministre una señal de error que actúe sobre la entrada hasta res-



Sistema de control manual de temperatura

tablecer la condición fijada, se dice que estamos en presencia de un sistema de **control de realimentación automática** (sistema de regulación automática). En estos casos, el hombre queda fuera del ciclo de control.

Analogías y líneas del desarrollo tecnológico

Los sistemas de control de realimentación manual y los de realimentación automática operan en forma análoga. La visión del operador es el equivalente al dispositivo de medición; su cerebro, al del controlador automático; y sus músculos, a los de los elementos que actúan sobre el elemento regulador. Éste es un ejemplo típico de delegación a la máquina de acciones que puede realizar el hombre. Esta delegación de acciones o funciones puede concebirse como una de las grandes líneas que impulsaron el desarrollo técnico-tecnológico a lo largo del desarrollo de la civilización, especialmente durante los períodos de la Primera y Segunda Revolución Industrial; pero, hoy, en modernos desarrollos tecnológicos como los aeroespaciales, la aviación, la iluminación, las biotecnologías, etc., no siempre hay transferencia a la máquina de acciones o funciones que realiza o que puede realizar el hombre; aunque, posiblemente, la ambición de transferirle a ésta todas las funciones humanas, de crear un hombre artificial, un *Frankenstein tecnológico*², no deja de estar presente en muchos proyectos. El hombre con sus creaciones ha ampliado el hori-

zonte de sus inquietudes y posibilidades hasta límites impensables hasta hace pocos años. Hoy, las líneas del desarrollo tecnológico están motorizadas por múltiples y complejas causas relacionadas con aspectos culturales, económicos, psicológicos, de poder, etc., y no siempre pasan por la transferencia a la máquina de acciones o funciones que realiza o que puede realizar el hombre.

Sistemas de control realimentados

Los sistemas realimentados (sistemas de lazo cerrado) tienden a mantener un valor a la salida, comparando la salida con la entrada mediante la señal de realimentación; toda diferencia que pueda haber con respecto a un valor preestablecido se considera señal de error y se toma como parámetro de control, a fin de restablecer el valor deseado a la salida. Para ello, se requiere la existencia de sensores que detecten el comportamiento de dicha planta y de interfaces para adaptar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control; los sensores pueden ser analógicos o digitales, y el control, continuo, o de todo o nada. En una planta con sistema de control de lazo cerrado, los operadores manipulan únicamente las magnitudes llamadas de referencia (o de consigna) y el sistema de control se encarga de gobernar la salida a través de los accionamientos.

Los sistemas de control de lazo cerrado están presentes en campos muy diversos: ingeniería, economía, biología, etc. El orga-

² Esta expresión es usada por Sfez, Lucien (1995) *Crítica de la comunicación*. Amorrortu. Buenos Aires.

nismo humano, por ejemplo, puede ser considerado como una intrincada planta química, en donde tiene lugar una gran variedad de operaciones (reacciones químicas, transferencias, etc.) que involucran múltiples lazos de control, por lo que podemos decir que el cuerpo humano es un complejo sistema con control por realimentación.

Servosistemas. Servomecanismos

En los diversos libros y diccionarios pueden encontrarse concepciones disímiles sobre las palabras *servosistemas* y *servomecanismos*, pese a lo cual a continuación desarrollamos algunas que nos parecen bastante generales.

A los sistemas de control de lazo cerrado (sistemas realimentados) se los llama, genéricamente, servosistemas (en forma abreviada, simplemente, servos). Muchos autores clasifican a los servosistemas en:

- servosistemas reguladores y
- servosistemas de posición.

Los **servosistemas reguladores** (en ocasiones, simplemente, reguladores) controlan variables como velocidad, temperatura, tensión, presión, flujo, nivel de un líquido, etc. Ejemplos de servosistemas reguladores son, el regulador de Watt de la máquina de vapor (que veremos más adelante), los estabilizadores de rumbo para barcos y aviones, los estabilizadores de tensión, los reguladores de velocidad,

etc. En estos sistemas, la señal de referencia tiene un valor constante en el tiempo, y la señal de error en estado de régimen tiene un valor finito y no cero. La razón de esto es que, en condiciones de funcionamiento, las variables mencionadas no permanecen constantes y la señal de error es la que permite obtener la salida deseada en régimen permanente. Un ejemplo de señal de referencia de un servosistema regulador de temperatura, es la posición del tornillo que separa o aproxima las láminas de un control de temperatura bimetalico.

Los **servosistemas de posición** son conocidos con el nombre de servomecanismos y controlan posiciones. En estos sistemas, la señal de referencia tiene un valor variable en el tiempo y la señal de salida no permanece constante, sino que sigue estas variaciones. En estos sistemas, y bajo condiciones ideales de funcionamiento (ausencia de perturbaciones), la señal de error en estado de régimen es cero.

Tanto los servosistemas reguladores como los servomecanismos, tienen un amplio campo de aplicación en la industria moderna.

Algunas veces se generaliza el término servomecanismo y se lo aplica a todo sistema realimentado de control.

El funcionamiento automatizado de las máquinas herramientas con instrucciones programadas (máquinas de control numérico) es posible debido al uso de servomecanismos y sistemas computadorizados.

Otros ejemplos de sistemas de control

- **EL CONTROL EN LA CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO**

Un caso típico de sistema realimentado de control es la conducción de un vehículo automotor que debe mantener una dirección prescrita por el camino a recorrer. La dirección prescrita (salida deseada) es la entrada de referencia, la trayectoria del vehículo (la dirección real del movimiento) es la variable de salida que es consecuencia de la posición de las ruedas delanteras que, indirectamente, van transmitiendo señales al cerebro del conductor, que las interpreta, y transmite otras a los brazos para que giren el volante haciendo que la dirección real del movimiento corresponda con la dirección deseada. En la conducción de un vehículo automotor hay una realimentación adicional debido a la sensación percibida por la mano sobre el volante.

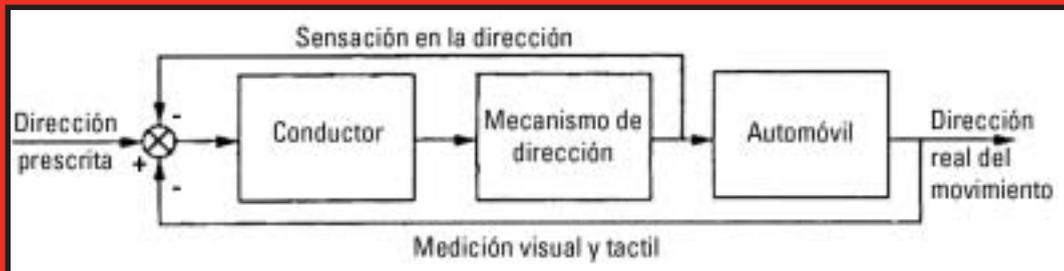


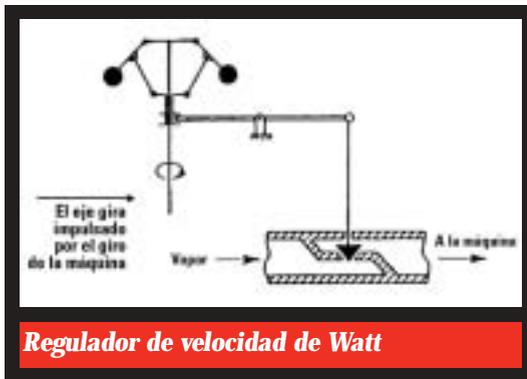
Diagrama del sistema de control en la conducción de un vehículo automotor

- **SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE WATT (REGULADOR DE WATT)**

Este sistema, desarrollado por James Watt en 1788 para gobernar la velocidad de las máquinas de vapor, es uno de los primeros sistemas realimentados de control (No decimos el primero porque, posiblemente, el más antiguo sea el control de la entrada de agua a una cisterna mediante un flota-

dor). El regulador de Watt se basa en la fuerza centrífuga que actúa sobre dos masas vinculadas a un sistema de palancas y asociadas a un eje que gira en consonancia con la velocidad de la máquina. El funcionamiento es el siguiente: De acuerdo con la velocidad deseada y con la fuerza centrífuga actuante, mediante el control de ajuste se fija la posición de la válvula de control y, consecuentemente, la entrada del vapor

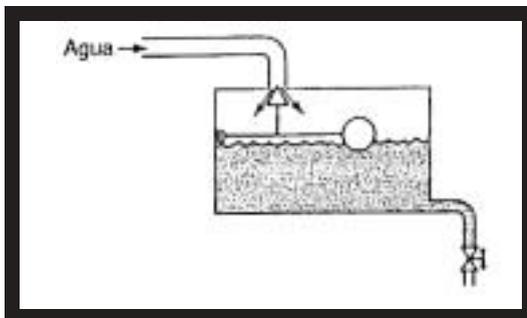
(entrada de referencia). Si la velocidad del regulador disminuye, decrece la fuerza centrífuga, cambia la posición relativa de las masas con respecto al eje de giro y, por medio del sistema de palancas, la válvula de control se desplaza hacia arriba y aumenta la entrada del vapor, con lo que aumenta la velocidad de la máquina hasta alcanzar la velocidad deseada. Si a partir de ese momento la velocidad aumenta más de lo deseado, el aumento de la fuerza centrífuga invierte el proceso.



Regulador de velocidad de Watt

Este sistema tuvo muchas aplicaciones; entre ellas podemos recordar el sistema regulador de velocidad de muchos motores a cuerda, por ejemplo el de los fonógrafos.

- SISTEMA DE CONTROL DE ENTRADA DE AGUA A UNA CISTERNA MEDIANTE UN FLOTADOR

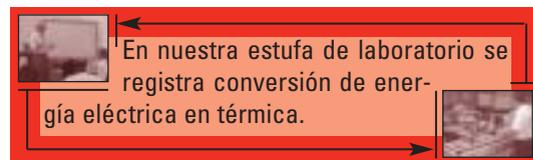


Variable controlada	→ El nivel de agua en la cisterna.
Valor de referencia	→ La posición inicial de la palanca articulada del flotador.
Elemento de comparación	→ La palanca articulada del flotador.
Señal de desviación (señal de error)	→ La diferencia entre la posición actual e inicial de la palanca articulada
Unidad de control (controlador)	→ La palanca articulada del flotador.
Unidad de corrección	→ El dispositivo que abre y cierra la entrada de agua.
Dispositivo de medida	→ El flotador.

Sistemas de control de temperatura

Hemos analizado sistemas de control utilizando los diagramas funcionales de bloques, que son la representación gráfica del sistema y de las funciones que realizan los diversos elementos; lo hicimos sin entrar en su constitución física.

En este apartado analizamos los sistemas de control de temperatura desde la óptica de la constitución física de los elementos que los integran, centrándonos en aquellos vinculados a artefactos en los que el calor proviene de la conversión de energía eléctrica en térmica.



En estos casos, los sistemas de control de temperatura pueden ser:

- Electromecánicos
- Electrónicos.

Sistemas electromecánicos de control de temperatura ("todo-nada")

Los sistemas electromecánicos de control de temperatura son dispositivos de control que actúan sobre el suministro de energía a la carga y, normalmente, tienen dos posiciones (todo o nada).

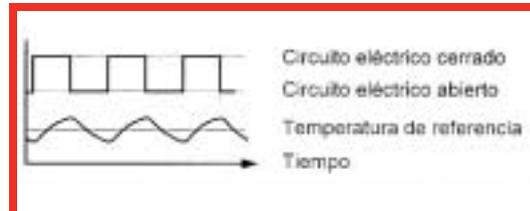
Los automáticos (de lazo cerrado) generalmente se basan en **termostatos** que detectan el nivel de temperatura y, en función del resultado, conectan o desconectan la fuente de energía.

Los termostatos

Los termostatos son dispositivos que permiten regular automáticamente la temperatura de un sistema, manteniéndola relativamente constante o variándola dentro de un rango específico. Constan de dos partes asociadas, un **detector** (elemento termométrico) y un **dispositivo de mando**, eléctrico, mecánico, neumático o hidráulico (que acciona un interruptor, conmutador, etc.).

Regulando el sistema detector a la tempera-

tura deseada, se logra que el dispositivo de mando apague la fuente de calor cuando llegue al límite deseado y la encienda cuando no es alcanzado; se trata, así de un dispositivo de dos posiciones fijas (todo o nada).

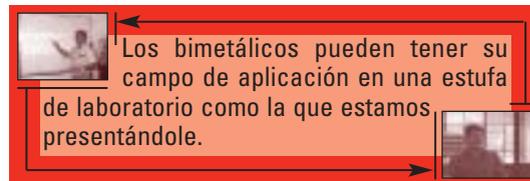


Relación entre la corriente que circula por el elemento calefactor y la temperatura del medio

Como detectores podemos mencionar:

- bimetálicos que se flexionan,
- varillas metálicas que se alargan,
- líquidos o gases que se dilatan (el termostato de las heladeras).

En todos los casos, a consecuencia del calor.



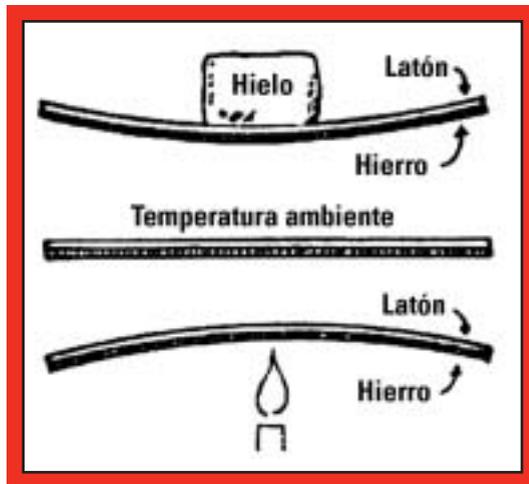
Los bimetálicos

Los bimetálicos son elementos que se basan en el coeficiente de dilatación diferente de dos metales soldados, remachados o laminados conjuntamente –como, por ejemplo, latón y hierro, o latón (o acero) y una alea-

ción de ferro-níquel llamada invar (hierro-níquel 35,5 %)-.

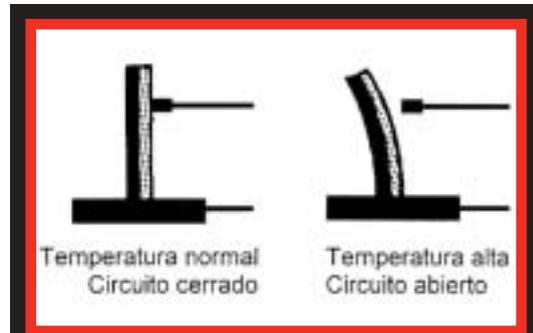
Se presentan como láminas bimetalicas que pueden ser rectas o curvas, formando espiral o hélices. Cuando varía su temperatura, se pone de manifiesto la diferencia en la expansión (o contracción) de uno y otro material, curvándose si son rectas o variando su curvatura si son curvas.

Como ejemplo, tomamos una tira bimetalica de latón (aleación de cobre y cinc) y hierro; cuando se calienta, el latón se expande más que el hierro y la tira se curva en un sentido; y, cuando se enfría, el latón se contrae más que el hierro y la tira se curva en sentido contrario.



Los bimetalicos se pueden usar como:

- interruptores de corriente,
- termómetros,
- reguladores del funcionamiento de válvulas, etc.

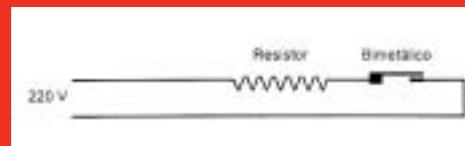


Ejemplo de un bimetalico como interruptor de corriente

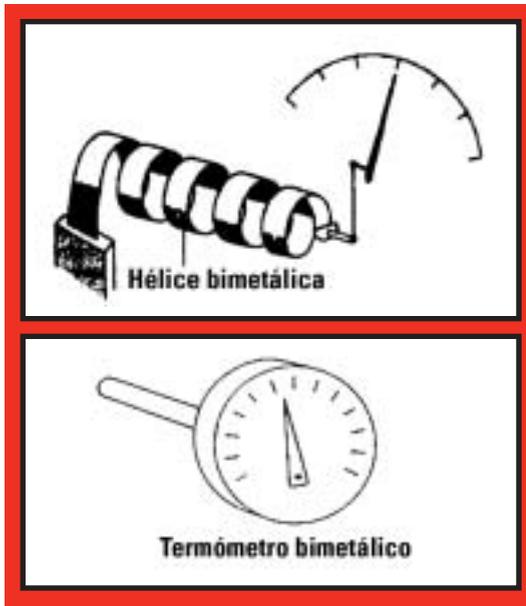


Termostato bimetalico de plancha eléctrica automática

En el caso de la estufa de laboratorio, podemos usar un dispositivo bimetalico en serie con el elemento calefactor para abrir o cerrar el circuito eléctrico, en función del aumento o disminución de la temperatura con referencia al valor requerido.



A continuación, presentamos el ejemplo de un bimetalico como termómetro:

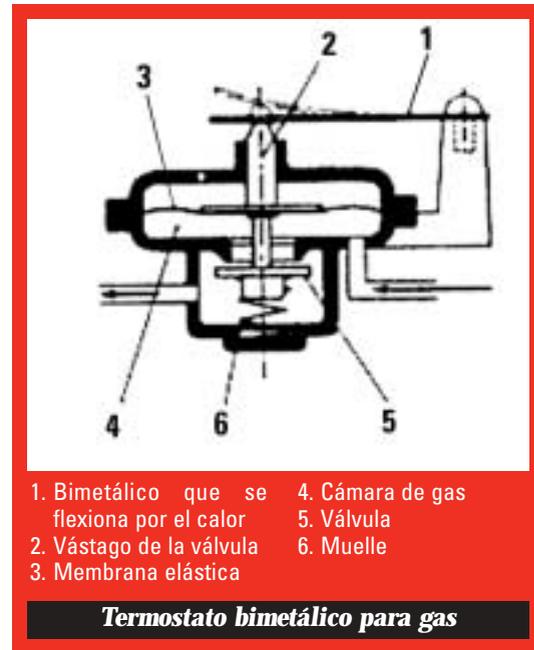


Los termómetros bimetalicos poseen pocas piezas móviles: el elemento bimetalico con un extremo fijo y otro libre, y la aguja indicadora sujeta al extremo libre de la espiral o de la hélice. El eje de la aguja está sostenido por cojinetes; el conjunto está construido con precisión para evitar rozamientos. Su campo de medición puede ir de $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menos, a $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Otro ejemplo de aplicación de un termostato a bimetalico

Los sistemas de calefacción ambiental cuentan, normalmente, con un termostato que tiene un elemento bimetalico que se flexiona y acciona cuando baja la temperatura, o una válvula que abre el paso del gas, o un interruptor que cierra el circuito eléctrico (según cuál sea la fuente de calor); mientras que, una vez obtenida la temperatura prevista, una flexión

de sentido contrario hace que el bimetalico cierre la válvula e interrumpa el paso del gas, o abra el circuito eléctrico impidiendo la circulación de la corriente eléctrica.



Sistemas electrónicos de control de temperatura

Los sistemas electrónicos de control de temperatura son dispositivos que actúan regulando el suministro de energía al elemento calefactor.

Suelen ser:

- > control "todo-nada" (relés estáticos),
- > control de fase (por variación del ángulo de conducción),
- > control proporcional por ciclo entero.

El elemento clave que maneja la entrega de energía a la carga es un dispositivo llamado **triac**, colocado en serie entre la fuente de energía y el elemento calefactor. El triac es un semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por **tiristores** y que, respondiendo a señales de control, abre y cierra el circuito de suministro de energía, regulando el flujo de corriente promedio en la carga.

Los sistemas de control pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado, y, en ambos casos, mediante un resistor variable (potenciómetro) que forma parte de un divisor de tensión resistivo, se fija un punto de funcionamiento que responde a la temperatura requerida.

En los sistemas de lazo abierto, una vez fijado el punto de funcionamiento, la energía suministrada a la carga permanece constante, independientemente de las variaciones de temperatura que pudieran producirse. En los de lazo cerrado –si bien también se fija un punto de funcionamiento–, la energía suministrada a la carga varía en respuesta a desviaciones de la temperatura real con respecto a la temperatura requerida o de referencia (que fija el punto de funcionamiento), tratando de compensar esas desviaciones.

En los sistemas de lazo cerrado, el elemento que normalmente detecta estas desviaciones de temperatura es un **termistor** (resistor cuya resistencia varía con la temperatura) que integra el divisor de tensión mencionado. Este termistor, que va determinando las variaciones en torno al punto de funcionamiento, está instalado en el

ambiente que se busca controlar. Las variaciones de resistencia del termistor y las consecuentes variaciones de tensión en sus extremos son las que, a través de un circuito integrado, provocan el apagado o el encendido del triac.

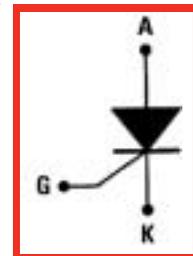
En el control todo-nada y en el proporcional, la tensión en los extremos del termistor (que varía con la temperatura), se aplica a una entrada de un circuito integrado (que tiene un amplificador diferencial); allí, se compara con una tensión de referencia aplicada a otra entrada del citado circuito integrado. Este circuito integrado es el que controla el encendido y el apagado de triac que alimenta la carga. Por ejemplo: Si la tensión en los extremos del termistor NTC es inferior a la de referencia, el triac, comandado por el amplificador diferencial, se apaga y, en consecuencia, no pasa energía a la carga, y viceversa.

Veamos las características del tiristor, del triac y del termistor.

El tiristor

El tiristor es un dispositivo semiconductor que posee tres terminales: ánodo (A), cátodo (K) y compuerta, puerta o electrodo de disparo –G; *Gate*, en inglés–; sus siglas son SCR –*Silicon Controlled Rectifier*–.

El tiristor funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, permitiendo circular la



corriente en un solo sentido; la compuerta es la encargada de controlar el paso de corriente entre el ánodo y el cátodo.

Mientras no se aplique ninguna tensión en la compuerta del tiristor, éste permanece bloqueado y no hay conducción; pero, en el momento en que se aplica una tensión de disparo en la compuerta, el tiristor comienza a conducir. Una vez que ha arrancado, se puede anular la tensión de disparo y el tiristor continúa conduciendo hasta que la corriente de carga pase por cero. El tiristor se desexcita en cada alternancia del ciclo.

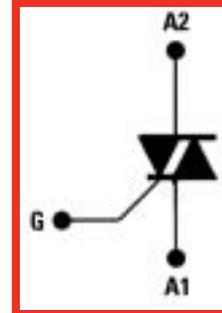
El dispositivo puede cumplir diversas funciones:

- **Rectificación:** Usando la propiedad de funcionamiento unidireccional, puede cumplir la función de diodo.
- **Interrupción de corriente:** Como interruptor, puede reemplazar a contactores mecánicos; es decir, actuar como interruptor o conmutador ideal.
- **Regulación:** Ajustando el momento preciso de disparo, se puede gobernar la potencia o la corriente media de salida.
- **Amplificación:** Teniendo en cuenta que la corriente de mando puede ser muy débil en comparación con la corriente principal, puede cumplir la función de amplificador de corriente.

El triac

El triac es la versión bidireccional del tiristor; en esencia, es la unión de dos tiristores en

paralelo pero conectados en sentido opuesto y compartiendo la misma compuerta. Sólo se utiliza en corriente alterna y, al igual que el tiristor, se dispara comandado por la compuerta, es decir por el terminal de mando (G). Como el triac funciona en corriente alterna, hay una parte de la onda que es positiva y otra, negativa.



La parte positiva de la onda (semiciclo positivo) pasa por el triac siempre y cuando haya una señal de disparo en la compuerta. La corriente circula de A2 a A1, pasando por el tiristor que, en el caso del dibujo, apunta hacia abajo. De igual manera, la parte negativa de la onda (semiciclo negativo) pasa por el triac, siempre y cuando haya una señal de disparo en la compuerta; la corriente circula de A1 a A2, pasando por el tiristor que apunta hacia arriba.

Para ambos semiciclos, la señal de disparo se aplica a la única compuerta. Lo interesante es que se puede controlar el disparo y, así, monitorear el tiempo en que cada tiristor está en conducción. Y, si se controla el tiempo en que cada tiristor está en conducción, se puede controlar la corriente que se entrega a una carga y, por consiguiente, la potencia que consume.

Los termistores

Los termistores son semiconductores de naturaleza cerámica (compuestos de una mezcla de óxidos de metales como níquel,

cobalto, manganeso, hierro, cinc, cobre, magnesio, titanio) que se comportan como resistores; pero, cuyo valor de resistencia varía considerablemente con la temperatura a la que se hallan sometidos. Los óxidos seleccionados y su porcentaje definen las características del termistor.

Existen dos tipos de termistores:

- los NTC *-Negative Temperature Coefficient-*, que tienen un coeficiente térmico de temperatura negativo; es decir, cuya resistencia disminuye con la temperatura;
- los PTC, que tienen un coeficiente térmico de temperatura positivo; es decir, cuya resistencia aumenta con la temperatura.

La elevada sensibilidad de los termistores a variaciones de temperatura hace que resulten muy adecuados para medición o detección de temperatura.

Los termistores son de pequeño tamaño; sus configuraciones constructivas más comunes son glóbulos, varillas y discos.

Los de tipo **glóbulo** se fabrican aplicando pequeñas gotitas viscosas (del orden de 0,15 a 1,52 mm de diámetro) de una mezcla de óxidos metálicos sobre alambres finos separados unos 0,25 mm. Por cocción, la gota cerámica se adhiere a los alambres que se convierten en los terminales. Al ser extremadamente pequeños (del orden de 0,15 mm a 1,3 mm de diámetro), tienen masa reducida y una constante de tiempo pequeña; es decir, ofrecen una respuesta

extremadamente rápida a variaciones de temperatura.

Los de tipo **varilla** se obtienen por sinterización de delgadas varillas de una mezcla de óxidos metálicos (varillas del orden de 1 a 3 mm de diámetro y de 6 a 50 mm de longitud). Estos termistores, por lo general, son más robustos que los de tipo glóbulo y requieren más espacio; pero, tienen una mayor constante de tiempo.

Los de forma de **disco** se fabrican prensando y sinterizando una mezcla de óxidos bajo una presión de varias toneladas en moldes redondos; así, se logran piezas planas de un diámetro del orden de 5 a 16 mm de diámetro y 1 a 12 mm de espesor. Los discos, de gran diámetro y delgados, tienen baja resistencia, pequeña constante de tiempo y alta disipación de potencia; las unidades gruesas, de pequeño diámetro, presentan alta resistencia, constante de tiempo grande y baja disipación de potencia.

El gran coeficiente térmico de la resistencia del termistor es ideal para mediciones de temperatura. En la medición de temperatura, la potencia disipada debe ser lo suficientemente pequeña como para no calentar el dispositivo.

Entre otras aplicaciones del termistor, podemos mencionar la compensación de temperatura. Muchos componentes eléctricos y electrónicos de un circuito tienen un coeficiente térmico positivo que puede ocasionar inestabilidad térmica del sistema; un termistor NTC en el circuito, en cambio, puede proporcionar la necesaria compensación del efecto temperatura.

Control “todo-nada” electrónico (relé estático)

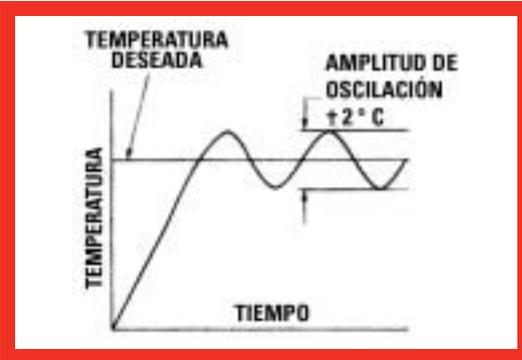
En el sistema de control todo-nada electrónico, el triac funciona como interruptor, conectando o desconectando (conmutando) el circuito y, por ende, la potencia entregada.

Como en el caso anterior –control “todo-nada” electromecánico–, el circuito plantea dos posiciones (sí o no) para un valor único de la función, y el dispositivo de control opta alternativamente por una u otra. En los sistemas de lazo cerrado, el control está comandado por un termistor.

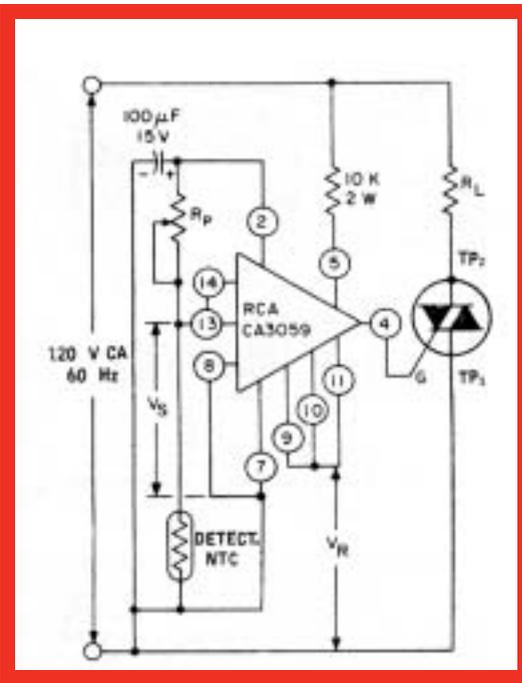
La función es similar a la que desempeñan los relés electromagnéticos; de allí el nombre *relés estáticos* con el que se los suele designar.

Cuando la conmutación es sincrónica –es decir, a tensión nula o cruce por cero–, el triac se enciende al comienzo del ciclo de CA y no produce interferencias de radiofrecuencia (IRF). En los controles todo-nada, la fuente suministra a la carga solamente dos niveles de potencia: plena potencia cuando la temperatura en el ambiente controlado es menor que la fijada por el punto de funcionamiento y potencia nula durante el resto; por lo tanto, la potencia media entregada a la carga depende de la relación entre el intervalo de conducción y el de bloqueo. Como el elemento de control de potencia es de estado sólido –y, por lo tanto, libre de inercia mecánica–, la histéresis del sistema puede hacerse muy pequeña y obtenerse un control efectivo.

En el gráfico se ilustran las características de respuesta de un sistema de calefacción dotado de un control de este tipo.



A continuación se presenta un circuito de “Control automático de temperatura todo-nada” con termistor, tomado del libro *Circuitos integrados lineales RCA*³:



³ *Circuitos integrados lineales RCA* (1971) Arbó. Buenos Aires. Es interesante destacar que el libro es una traducción del original impreso en los EE.UU., en donde la tensión es de 120 V y la frecuencia 60 ciclos (En Argentina, la tensión es de 220 V y la frecuencia 50 ciclos).

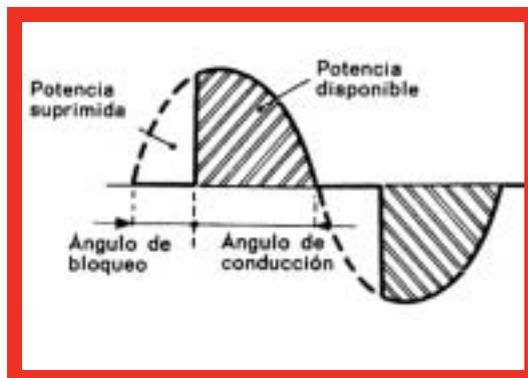
En este circuito de lazo cerrado automático constatamos la presencia de un circuito integrado CA 3059 que, comandado por un termistor NTC, se utiliza como circuito de disparo para el control del triac, que se enciende a tensión cero cuando la tensión V_s en los extremos del termistor es superior a la de referencia V_r .

El circuito integrado CA 3059 contiene: un limitador diódico, un detector de umbral, un amplificador diferencial y un excitador de salida en configuración Darlington para la conmutación.

En los sistemas que controlan espacios con temperaturas de gran inercia térmica –como los sistemas de calefacción domiciliaria–, los controles todo-nada del tipo descrito pueden presentar problemas de excursiones demasiado grandes, por arriba y por debajo de la temperatura deseada. En estos casos, puede obtenerse una regulación más precisa utilizando el control proporcional por ciclo entero.

Control de fase o por variación del ángulo de conducción

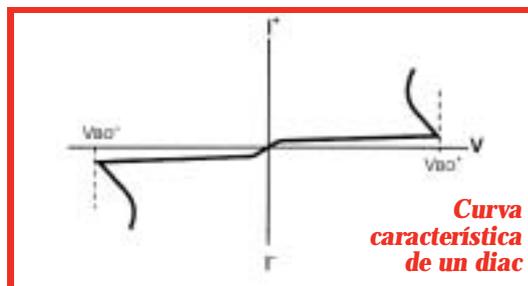
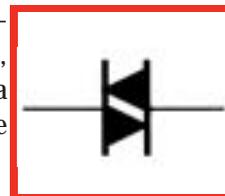
Se basa en que el momento de disparo de un triac se puede fijar con toda precisión luego del comienzo de cada semiciclo, lo que permite gobernar a voluntad el valor medio de la corriente que circula por él y, consecuentemente, la potencia disponible en la carga.



Un triac puede pasar del estado de bloqueo al de conducción, o viceversa, mediante una señal de disparo en la compuerta.

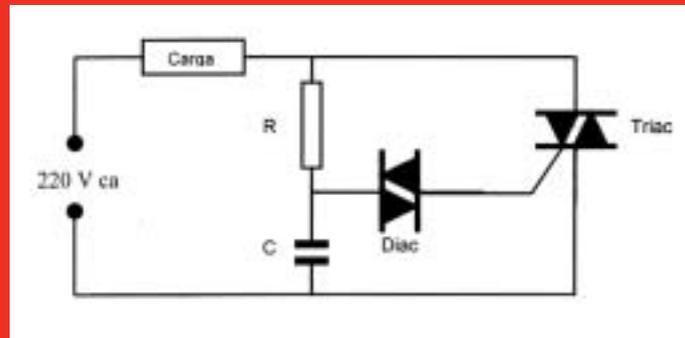
Un elemento frecuentemente utilizado para disparar un triac es otro semiconductor: el diac.

El diac –*Diode Alternative Current*– es un elemento bidireccional que, por lo tanto, no posee polaridad, y que no tiene puerta o electrodo de disparo. La conducción se inicia cuando, partiendo de cero, la diferencia de potencial aplicada a sus bornes crece hasta llegar a V_{BO} (tensión de cebado o de disparo); el diac, normalmente bloqueado, cambia de estado. La tensión de disparo suele ser cercana a los 30 V.



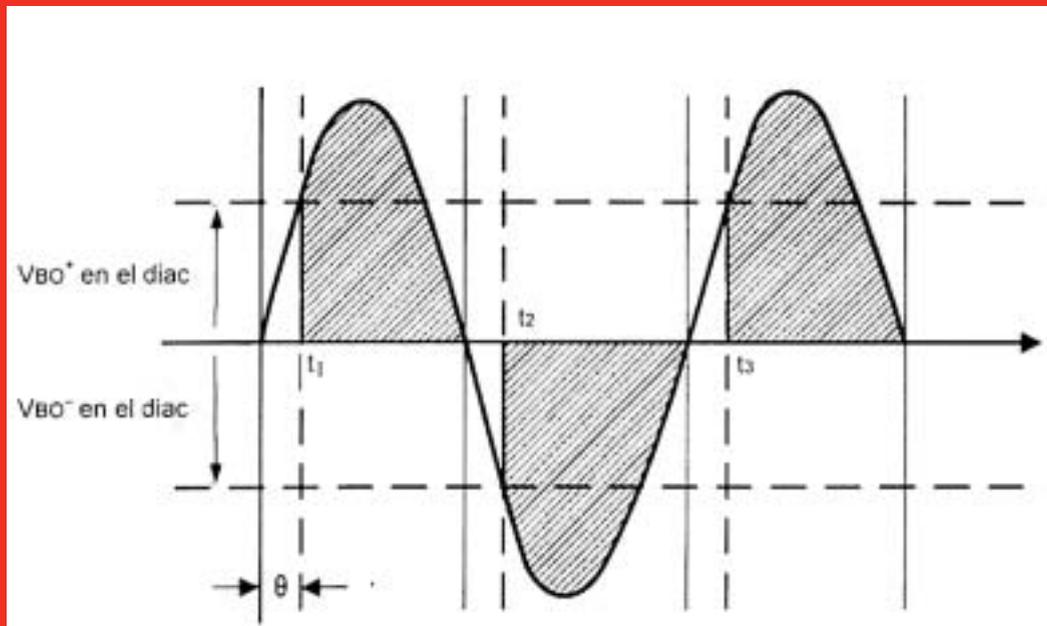
Curva característica de un diac

El siguiente circuito de lazo abierto, que hace uso del diac, es el más sencillo control de potencia por variación del ángulo de conducción. Veamos cómo funciona. →



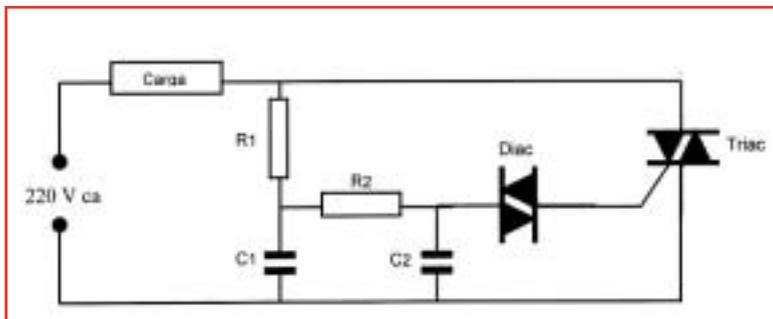
En cada alternancia, el capacitor C se carga a través del resistor R con un desfase respecto a la sinusoide presente en la línea. En el instante t_1 , cuando la diferencia de potencial sobre el diac alcanza el valor V_{BO} , este elemento se hace conductor y aplica una tensión de disparo al triac que se desbloquea, entregando potencia a la carga; el capacitor C se descarga a través del triac.

Los disparos siguientes en los instantes t_2 , t_3 , etc. se sitúan, entonces, en puntos análogos subsiguientes. El régimen permanece estable y la potencia suministrada a la carga es proporcional a las áreas rayadas limitadas por la sinusoide correspondiente a la tensión en la línea, el eje de abscisas y las verticales vinculadas a los momentos de disparo.



Se puede variar esta potencia cambiando el valor del resistor R (usando un potenciómetro), lo que modifica el ángulo de bloqueo θ y, consecuentemente, cambia la superficie que en el gráfico está rayada.

Normalmente, se suelen producir diferencias entre los desfases del primer disparo y los siguientes, por variaciones en la carga del capacitor C. Para eliminar este fenómeno se busca que esta carga se mantenga constante. Para esto, se plantea el siguiente circuito de lazo abierto.

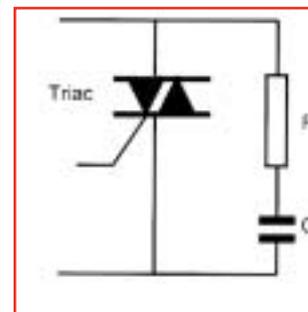


Aquí, el diac es comandado por la diferencia de potencial entre las armaduras del capacitor C_2 . Cuando ésta adquiere un determinado valor, se produce el disparo. Ahora bien, en el momento del disparo, C_2 se descarga debido al consumo; pero, instantáneamente, la carga es restituida por el aporte de C_1 a través de R_2 , de modo que la diferencia de potencial sobre C_2 se mantiene prácticamente constante.

La carga puede ser resistiva o inductiva; si es inductiva, cuando el triac se bloquea se producen variaciones muy rápidas

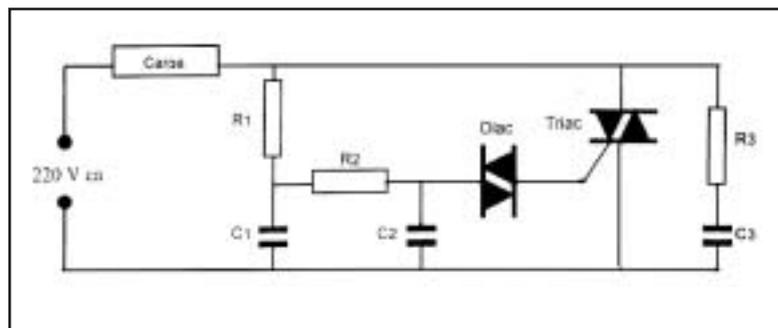
de la tensión de alimentación –pulsos de alto valor y corta duración–. Este fenómeno puede provocar el disparo del triac en un momento no requerido y en forma totalmente impredecible. Para reducir la velocidad de variación de la tensión de alimentación –evitando, así, esos pulsos– se coloca un capacitor en paralelo con el triac. Pero, por otra parte, deben evitarse las descargas instantáneas de este capacitor cuando el triac se dispara, ya que el exceso de corriente a través de él podría destruirlo. A fin de limitar esta corriente de descarga, se coloca

un resistor limitador en serie con el capacitor.



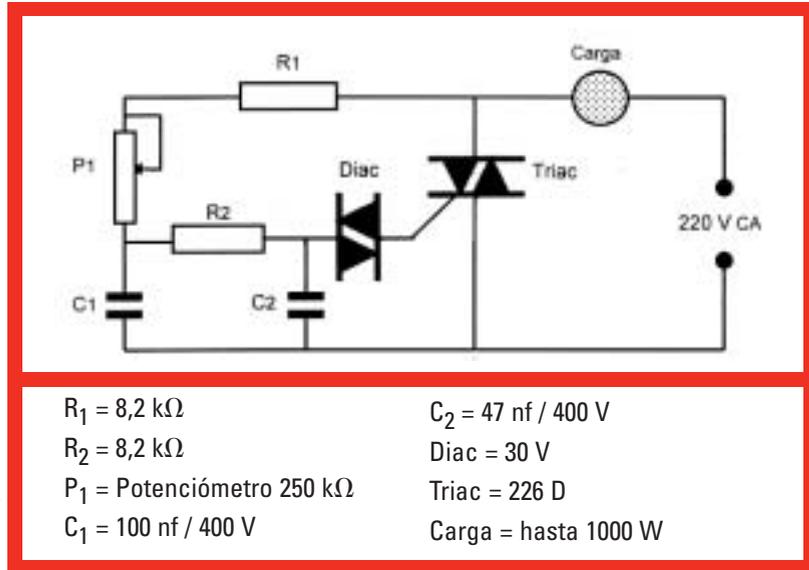
Red RC para evitar disparos aleatorios del triac frente a cargas inductivas

A continuación se plantea el circuito completo, con la red que evita disparos aleatorios cuando la carga es inductiva.



Utilizamos este último sistema de control en una de las versiones de la estufa de laboratorio.

Una aplicación muy corriente del sistema de control de fase son los atenuadores luminosos de lámparas incandescentes.



Actuando sobre el potenciómetro (P_1) se regula el ángulo de bloqueo y, consecuentemente, el valor medio de la potencia entregada a la carga –es decir, a la o las lámparas incandescentes–, pudiendo regular su luminosidad.

Los circuitos por variación del ángulo de conducción también pueden configurarse como realimentados.

Este circuito también se puede utilizar para comandar pequeños motores.

Control proporcional por ciclo entero

En los circuitos de control por variación del ángulo de conducción, durante el disparo del triac se generan señales parásitas que se transmiten por la línea de CA a distancias relativamente grandes, provocando perturbaciones en otros equipos conectados a la

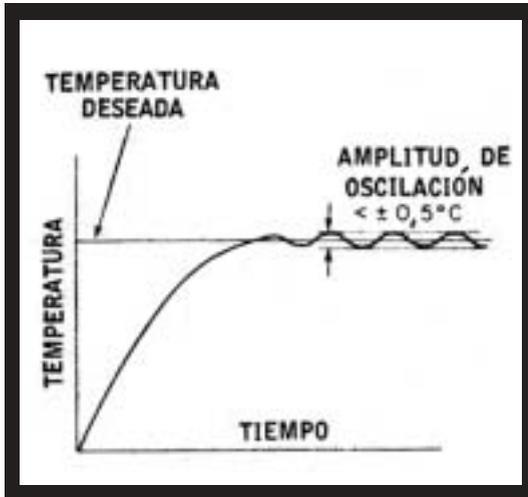
red, sobre todo cuando la potencia en juego es grande.

Una solución para eliminar este inconveniente es plantear el circuito en forma tal que pase la onda completa pero limitando el número de ondas (a fin de lograr la regulación); es decir, dejando pasar algunas y bloqueando otras en función de la demanda de calor.

El sistema se basa en la variación de la potencia suministrada a la carga, utilizando un sistema de control proporcional por ciclo entero con conmutación sincrónica (el triac se enciende al comenzar el ciclo de CA); en él, el valor promedio de la corriente en la carga varía gradualmente a medida que se reduce la señal de error (diferencia de temperatura entre el valor real y el deseado) y, como consecuencia, la temperatura real tiende más suavemente al valor deseado.

Este sistema de control proporcional es bas-

tante preciso y, aplicado al control de temperatura, nos da el siguiente esquema de curva de transferencia:



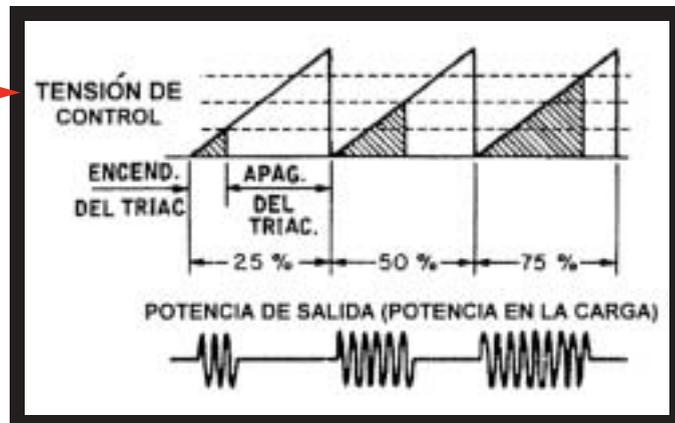
En los sistemas proporcionales se fija una banda o base de tiempo dentro de la cual varía el ciclo de trabajo; en nuestro caso, el encendido y el apagado del triac. La base de tiempo debe ser bastante mayor que un ciclo de corriente y bastante menor que el tiempo de respuesta del sistema. En dicho intervalo, la relación de tiempo de encendido y de bloqueo depende de la inercia térmica del sistema y de la temperatura deseada.

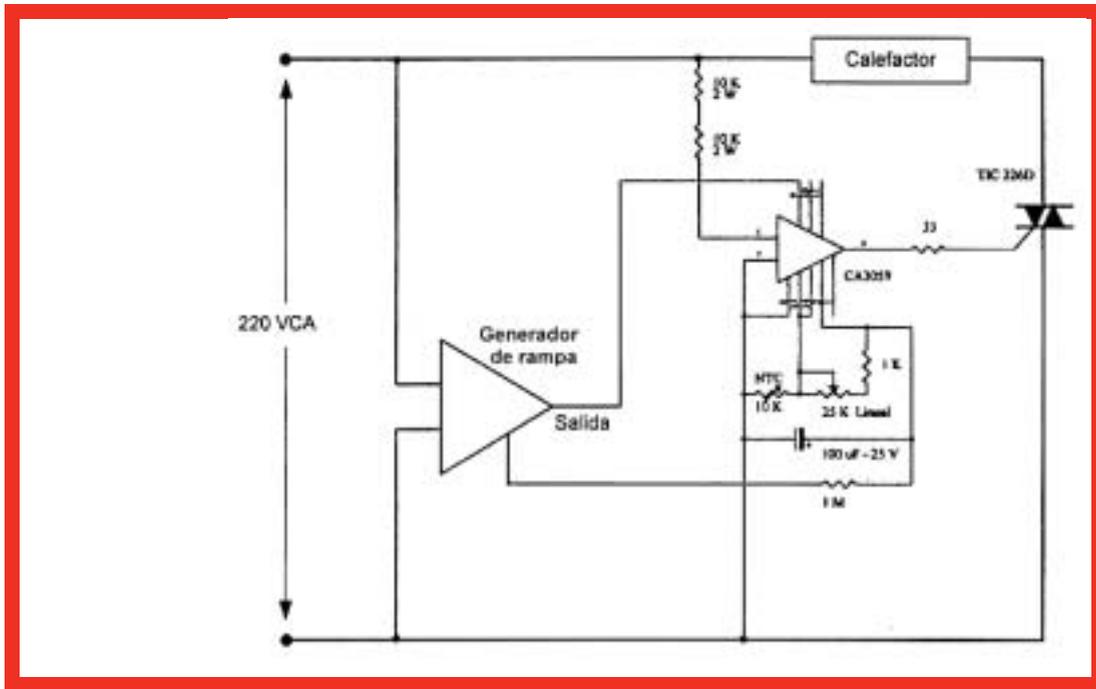
El principio del control proporcional se ilustra en el gráfico. →

En el gráfico vemos una serie de rampas de pendientes pronunciadas engendradas por un generador de rampa cuya salida se conecta a un terminal de un amplificador diferencial que, normalmente, forma parte de un circuito integrado (por ejemplo,

el amplificador diferencial del circuito integrado CA 3059). A otro terminal del citado amplificador llega una tensión de control de CC, proveniente de un divisor resistivo, que fija el punto de funcionamiento del sistema (en los circuitos de lazo cerrado, esta tensión de control es variable y suministrada por un circuito que tiene un sensor: termistor NTC). El amplificador diferencial compara las dos tensiones recibidas y transmite el resultado al electrodo de disparo del triac. Al comenzar la rampa, el triac se enciende y, cuando la tensión de la rampa llega a un valor superior a la tensión de control de CC, se apaga y permanece bloqueado durante el resto del período. Durante el período de conducción pasa un número de ondas (es decir, energía eléctrica) que es función de los requerimientos de temperatura. El resultado es que la potencia se aplica a la carga en forma proporcional a la demanda de calor del sistema.

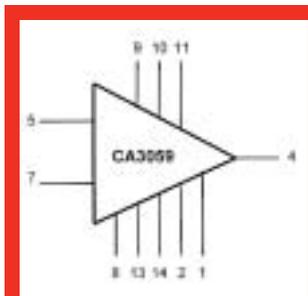
Como ejemplo de un control de temperatura proporcional, presentamos un circuito que cuenta con un integrado CA3059 y un triac TIC 226D.



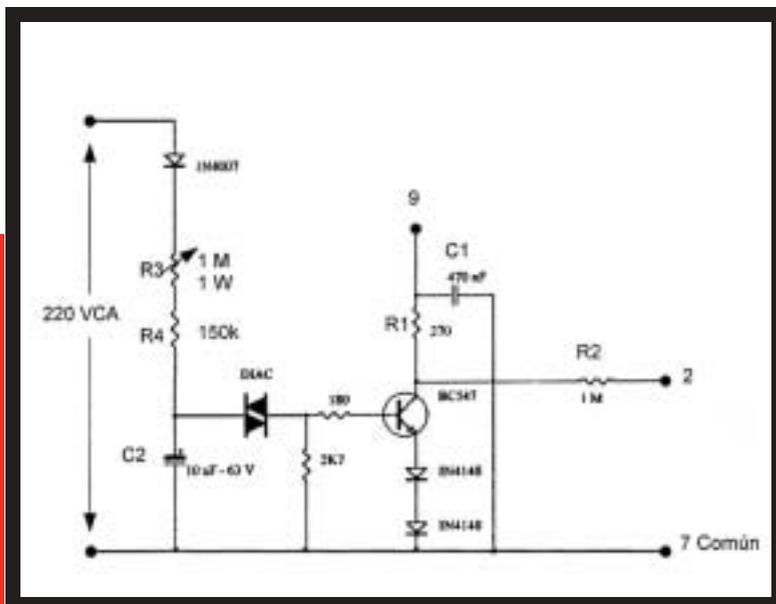


Cuando la tensión de la rampa, aplicada al terminal 9, excede a la de control de CC (presente en los extremos del termistor) aplicada a los terminales 13-14, el triac se apaga y permanece bloqueado durante el resto del período.

A continuación presentamos el circuito de un generador de rampa⁴.



Ubicación de los terminales del circuito integrado CA3059 en el esquema anterior



⁴Los números 9, 2 y 7 están referidos a terminales del circuito integrado CA3059.

3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

El producto

Le proponemos incluir una estufa de laboratorio como recurso didáctico para sus clases.

Como buscamos plantear más de una alternativa de control de temperatura, concebimos una estufa con tres sistemas diferentes que actúan en forma independiente:

- Sistema automático electromecánico (lazo cerrado).
- Sistema manual electrónico (lazo abierto).
- Sistema automático electrónico (lazo cerrado).

Normalmente, las estufas tienen sólo un sistema de control; y, consideramos que esto es lo correcto. Pero, en este caso, se trata de una "estufa didáctica".



Un control de selección permite optar por uno de los tres.

Usted puede elegir el sistema que responda con más solvencia a los requerimientos que el aprendizaje de sus alumnos plantee.

En cuanto a la estructura de la estufa, los tres sistemas son similares.

La estufa de laboratorio propuesta, por razones de simplicidad constructiva, es de forma cilíndrica y consta de tres partes:

- Una primera, la **base de la estufa**; en ella están ubicados el circuito eléctrico, el elemento calefactor, los sensores y el conjunto de elementos vinculados al control.
- Una segunda, el **espacio estufa**; incluye una plataforma sobre la que, durante el uso de la estufa en el laboratorio, se coloca el material a investigar o tratar. Esta segunda parte se enchufa en la primera.
- Una tercera, la **tapa**.

La altura total de la estufa es de 300 mm y el diámetro de 200 mm -pero, este último algo mayor en la tapa y en un aro que integra la base-.

Los componentes

La base de la estufa

El cilindro de base tiene una altura de 150 mm, más 20 mm que corresponden a un aro fijo (soldado) que permite enchufar "el espacio estufa".

En su interior, esta base tiene una separación metálica horizontal que la divide en dos volúmenes:

- uno superior, en el que está el elemento calefactor y el sensor de temperatura (en nuestro caso particular, dos sensores: el bimetalico que forma parte de un sistema y el termistor de otro; ambos sistemas son de lazo cerrado);
- otro inferior, en donde hay órganos de control (llaves interruptoras, potenciómetros, circuitos integrados, triac, etc.).

El elemento calefactor (en este caso, común a los tres sistemas de control de temperatura planteados) que transforma energía eléctrica en energía térmica, es un resistor de alambre bobinado sobre un cilindro cerámico (largo 100 mm, diámetro 18 mm), de 150 W de disipación. Este resistor está fijado, mediante dos tornillos, a la separación metálica mencionada y está aislado eléctricamente de ésta mediante aisladores pasantes. Los tornillos, que actúan como conductor eléctrico, permiten conectar el resistor al circuito, en el sector inferior del cilindro de base.

Para evitar que el calor generado en el volumen superior de la base se transmita al inferior se aíslan térmicamente estos dos volúmenes mediante dos láminas de fibra cerámica de 3 mm

La fibra cerámica (sustancia un poco esponjosa que no contiene amianto) es un aislante térmico muy efectivo que permite trabajar con temperaturas altas, hasta un orden muy superior a los 1000 °C.

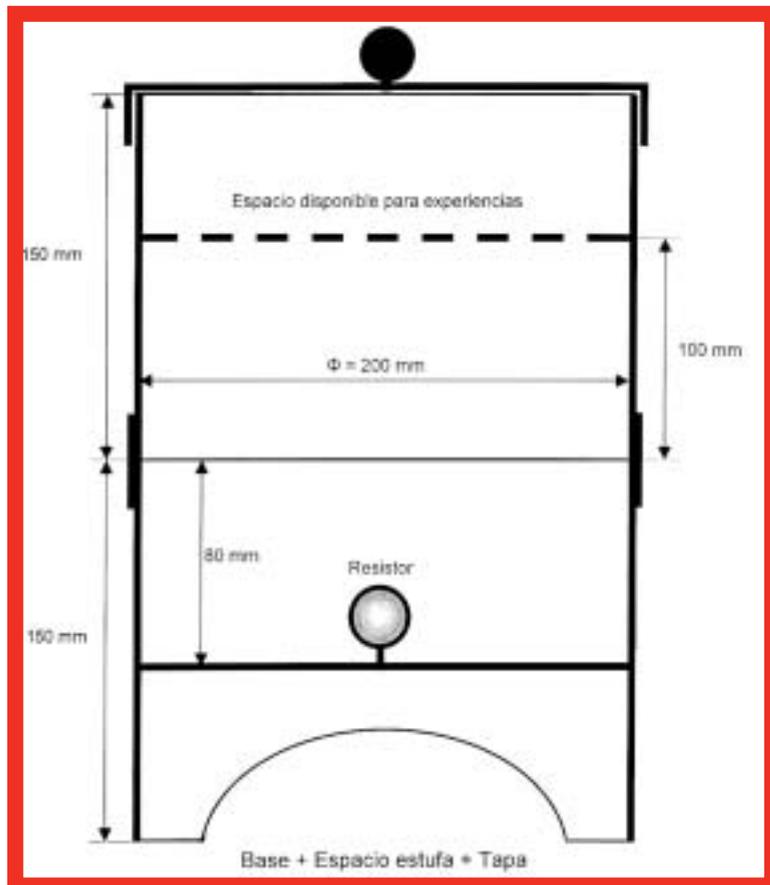
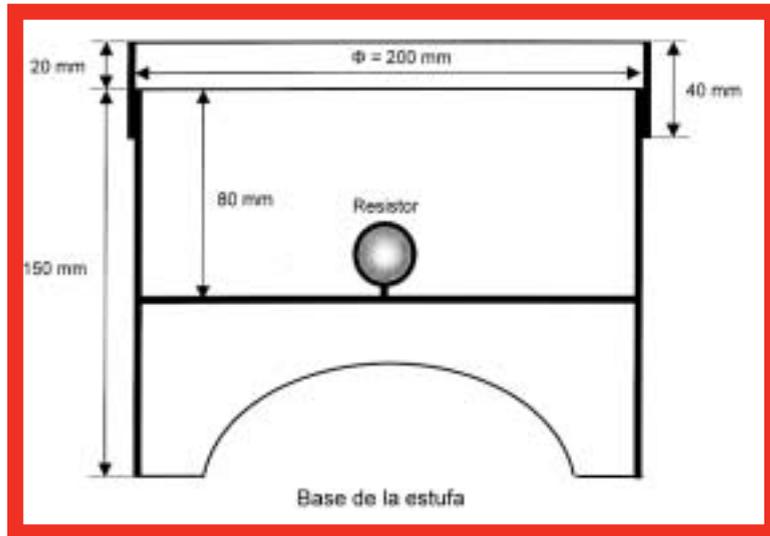
de espesor, aplicadas en la parte superior e inferior respectivamente de la separación metálica.

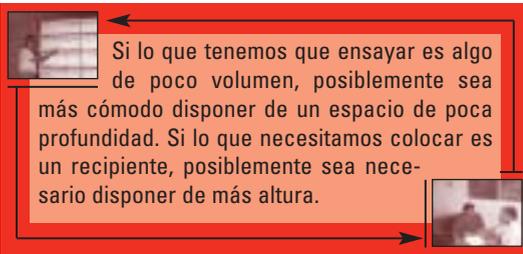
En el aro se han fijado dos pequeñas manijas de plástico que permiten asir la estufa con comodidad. →

El espacio estufa

El espacio estufa (de 150 mm de altura) es un cilindro. También incluye una separación metálica (plataforma) horizontal que lo divide en dos volúmenes parciales (1/3 y 2/3 del volumen total). Esta plataforma tiene perforaciones y permite el paso (por conducción, radiación y convección) del calor generado por el elemento calefactor, al volumen superior, que es el espacio estufa propiamente dicho.

Este espacio estufa se puede enchufar a la base por cualquiera de sus dos extremos; en un caso, la altura del espacio estufa útil es de 50 mm, en el otro caso de 100 mm. Se puede usar, indistintamente, una u otra posición.





Si lo que tenemos que ensayar es algo de poco volumen, posiblemente sea más cómodo disponer de un espacio de poca profundidad. Si lo que necesitamos colocar es un recipiente, posiblemente sea necesario disponer de más altura.

La tapa

La tapa cumple la función de la puerta de las estufas de laboratorio convencionales; en su centro tiene una perilla de plástico que permite levantarla.

El material de la estructura y la construcción

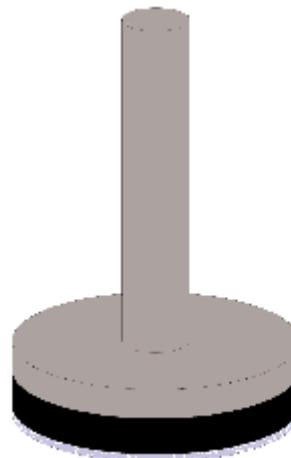
La estructura de la estufa que presentamos es de acero inoxidable. Para lograr una forma cilíndrica perfecta, la curvatura de la chapa se lleva a cabo mediante una roladora.

Posiblemente, en el taller de la escuela no se la pueda curvar fácilmente; en este caso, puede ser conveniente recurrir a un taller especializado.

Las soldaduras son por arco eléctrico.

La superficie exterior de la estufa ha sufrido un acabado superficial llamado rosetado, que la hace más agradable a la vista. Éste se lleva a cabo mediante un taladro eléctrico de mano provisto de un sencillo dispositivo como el que ilustra la figura, que consta de una pieza de metal (hierro, bronce, etc.) a la cual se adhiere un pequeño círculo de goma de unos

20 mm de diámetro y, luego, otro de tela esmeril de grano muy fino.



Con el taladro funcionando se va apoyando, sucesivamente, el elemento giratorio a la superficie de acero, lográndose así el resultado esperado.

Como pieza de metal se puede utilizar la válvula de una canilla de agua, previo a haber alisado la superficie en la que normalmente va ubicado lo que llamamos el cuero de la válvula.

En la construcción de la estufa también se pueden utilizar otros materiales, como por ejemplo chapa galvanizada; puede ser un tubo ($\varnothing = 200$ mm) similar a los que se usan en los sistemas de aire acondicionado de grandes superficies; en este caso, en lugar de soldaduras se pueden utilizar remaches pop.



**Modelo en
chapa galvanizada**

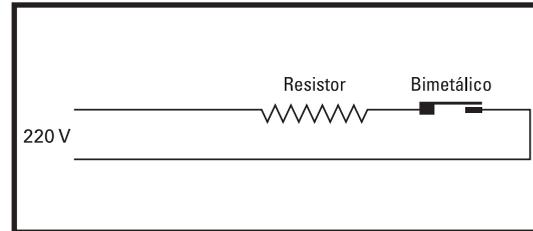
Los sistemas de control de temperatura

Planteada la estructura física de la estufa, pasemos a analizar los diferentes sistemas de control de temperatura.

Sistema automático electromecánico

Al proyectar un sistema lazo cerrado "todonada", analizamos las dos posibilidades: electromecánico o electrónico.

Por razones de simplicidad, optamos por el electromecánico (lazo cerrado; hay realimentación) pues, desde el punto de vista del circuito eléctrico, es relativamente sencillo. Lo esquematizamos de la siguiente manera:



En este caso, el elemento de control es un bimetálico.

Uno de los extremos del bimetálico está fijo a la estructura del dispositivo que lo sustenta, y el otro tiene libertad de

movimiento; este último puede accionar (cuando se curva el bimetálico) contactos que abren y/o cierran un circuito eléctrico (en este caso, el que alimenta al resistor de la estufa). Un dispositivo de aproximación, vinculado al extremo libre del bimetálico, que se controla mediante una perilla con movimiento de giro, permite regular el momento de apertura y/o cierre del circuito eléctrico y, consecuentemente, regular la potencia eléctrica suministrada al resistor. La inercia mecánica de este sistema plantea un margen de variaciones de temperatura (del orden de $\pm 2^\circ\text{C}$), que es mayor que uno electrónico.

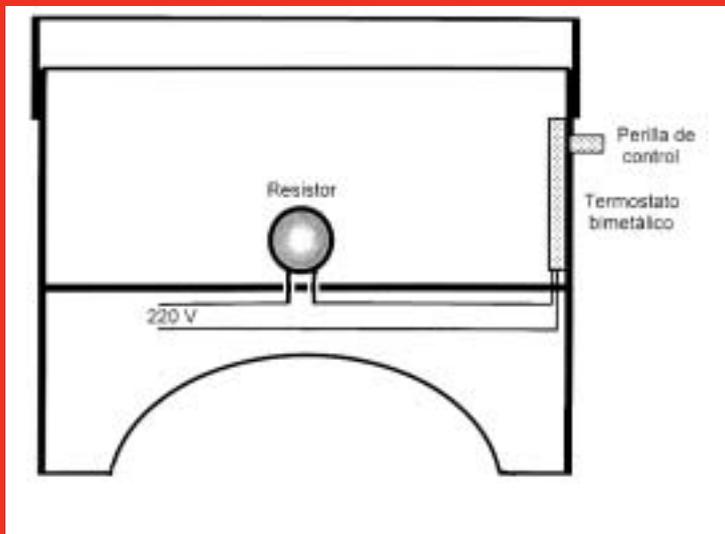
Recordemos que el bimetálico es una tira de dos metales superpuestos (de distintos coeficientes de dilatación) que tiene la propiedad de curvarse bajo la acción del calor.

Construir el elemento bimetalico y el correspondiente montaje, escapa a las posibilidades corrientes de un taller escolar, por lo que apelamos a un termostato bimetalico fabricado para planchas electricas automaticas, que es de facil obtencion en el mercado.



Termostato bimetalico de plancha electrica automatica

El termostato bimetalico se fija a la pared interior del cilindro de base, al nivel del elemento calefactor. Los cables electricos conectados a sus terminales pasan al sector inferior, a traves de perforaciones en la separacion metalica. Uno de los dos cables se conecta, via un interruptor, a un polo de la red electrica y el otro a uno de los extremos del resistor, cuyo otro extremo se conecta al otro polo de la red. El interruptor se fija a la pared del cilindro de base en su parte inferior y se comanda desde el exterior.



La electricidad que alimenta la estufa llega por medio de un cable con enchufe que tiene

tres conductores: dos se conectan a los dos polos de la red y el tercero a tierra. El conductor de tierra se conecta a la estructura metalica de la estufa para prever riesgos de electrocucion frente a eventuales falsos contactos en el circuito electrico.

Sistema manual electrónico

El control de temperatura manual adoptado es el de control de fase o variación del ángulo de conducción.

Aquí se presentan dos opciones: Construir el circuito electrónico de control de fase sobre una plaqueta, u optar por una plaqueta comercial de fácil obtención en el mercado y, normalmente, de costo muy accesible. Las dos posibilidades son válidas; la elección de una u otra depende del marco en el que se desarrollan las actividades de construcción del equipo.

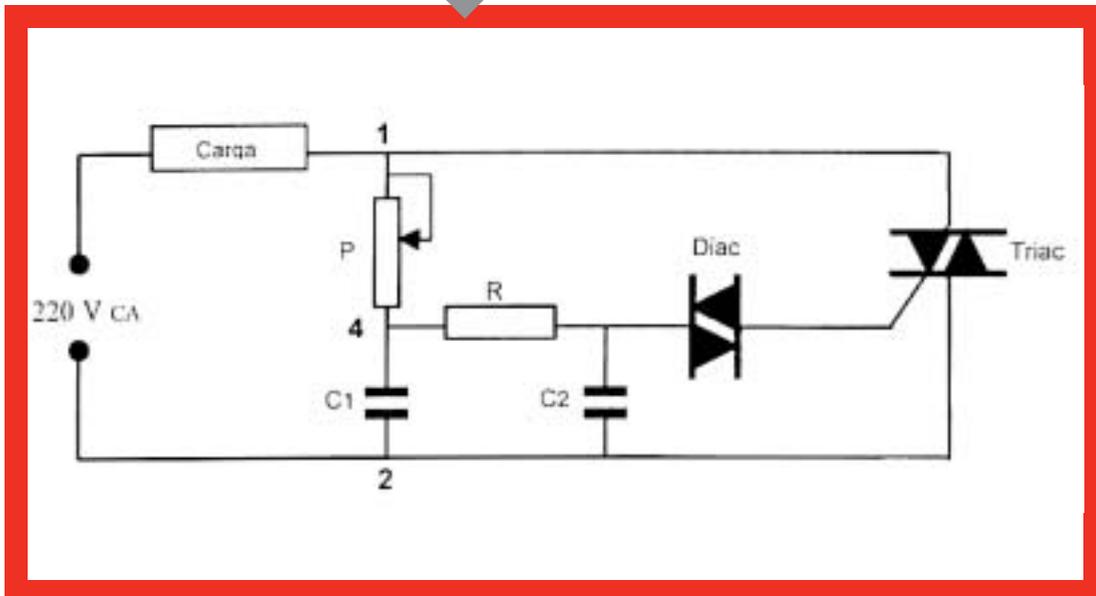
La construcción del circuito electrónico no presenta grandes dificultades; lo interesante, en este caso, es hacer un circuito impreso y allí montar los elementos. Los docentes de electrónica serán los encargados de hacerse cargo de la construcción del dispositivo.

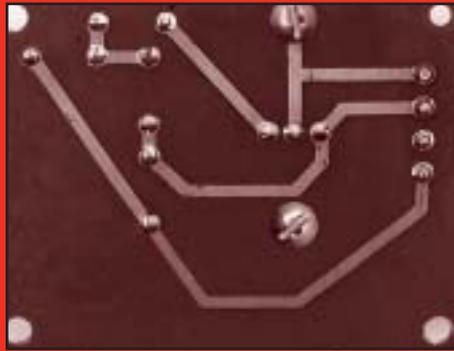
En nuestra estufa optamos por uno comercial, cuyo circuito presentamos a continuación.

Los componentes del circuito son:

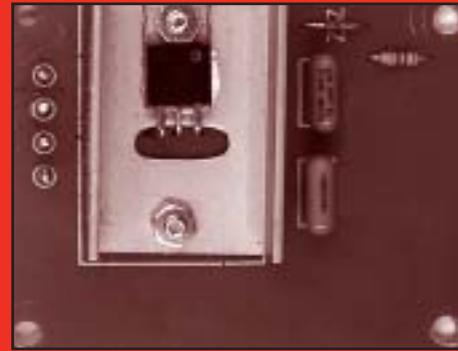
- R: Resistor 8 k Ω
- P: Potenciómetro 200k Ω
- C₁: Capacitor 100 nf
- C₂: Capacitor 47 nf
- Triac: BT137 600E
- Diac: 30 V
- Carga: Resistor de 150 W

El conjunto del sistema comprende la plaqueta en la cual está el circuito impreso y los componentes asociados, un potenciómetro, la carga (el resistor que convierte la energía eléctrica en energía térmica) y el cableado de conexión (normalmente, de 0,75 mm²).





- 1 →
- 2 →
- 3 →
- 4 →



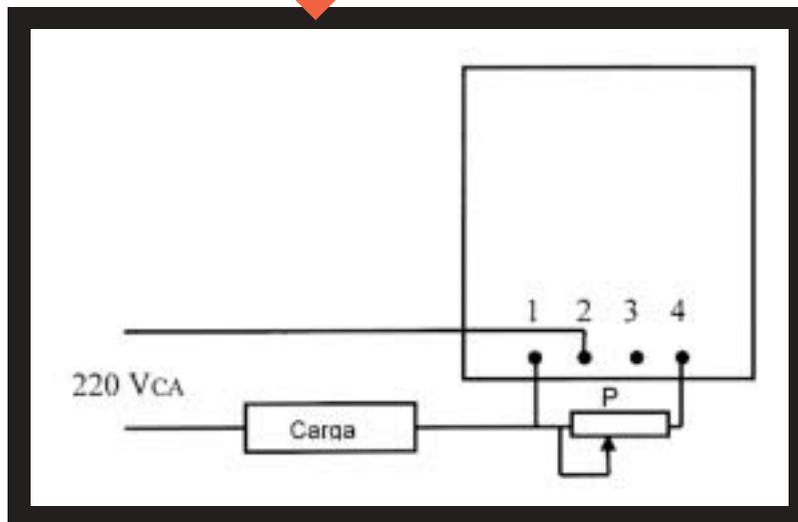
Plaqueta con el circuito impreso y los componentes del circuito que montan en la plaqueta

La plaqueta se coloca en la parte inferior del cilindro de base. El potenciómetro, que se fija a la pared de este cilindro, se conecta a los terminales 1 y 4 de la plaqueta; el terminal 1 se conecta también a un extremo de la carga, cuyo otro extremo se conecta a uno de los polos de la red eléctrica, y el otro polo de la red al terminal 2 de la plaqueta a través de un interruptor colocado en serie.

En potenciómetro P permite fijar el punto de funcionamiento del sistema. El rango de temperaturas va desde la del ambiente hasta 150 °C o más.

Como en el sistema anterior, la electricidad que alimenta la estufa llega por medio de un cable con enchufe que

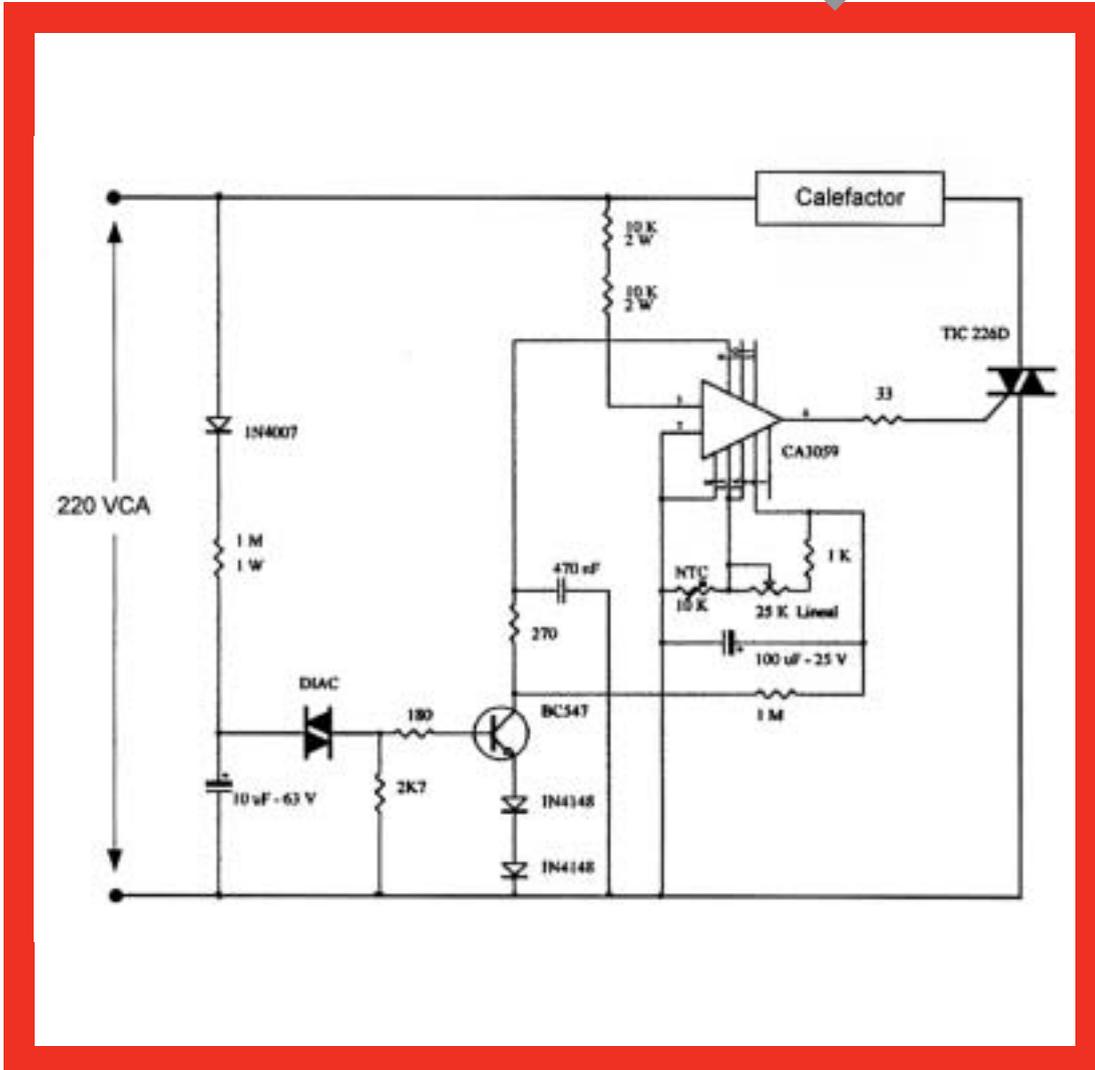
tiene tres conductores: dos se conectan a los dos polos de la red y el tercero a tierra. El conductor de tierra se conecta a la estructura metálica de la estufa para prever riesgos de electrocución frente a eventuales falsos contactos en el circuito eléctrico.



Sistema automático electrónico

En este caso, pensamos en un sistema de control proporcional por ciclo entero, por su mayor precisión en cuanto a los márgenes de variación de temperatura, márgenes que pueden llegar al orden de $\pm 0,2$ °C.

Adoptamos, entonces, el circuito que le planteábamos en el título "Control proporcional por ciclo entero".

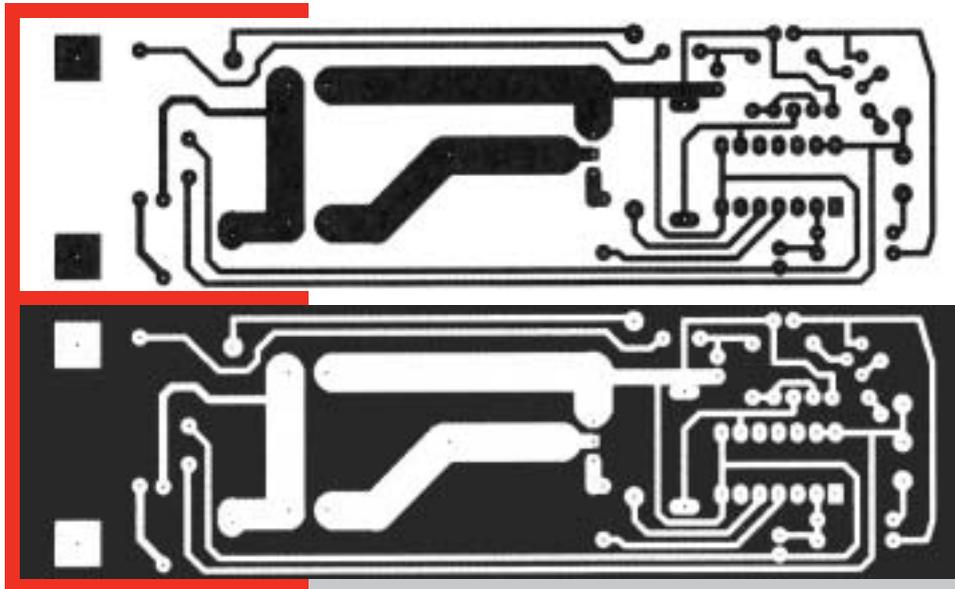


¹Este circuito fue diseñado y construido por el Ing. Esteban Mondino.

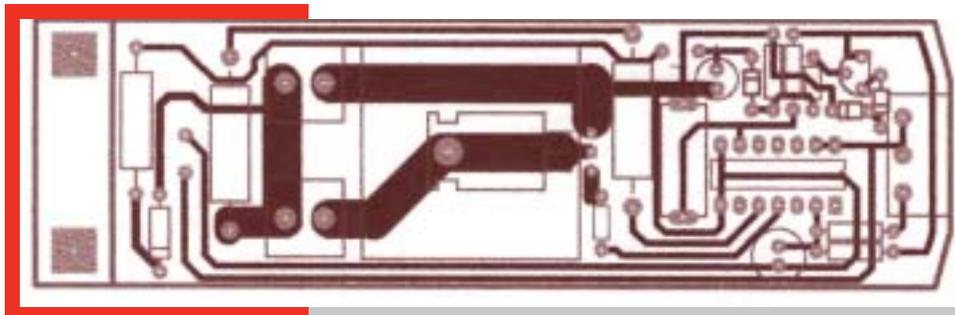
Las características de los elementos presentes en el circuito, son:

1 Circuito integrado CA3059	2 Diodos 1N4148	1 Resistor 180 Ω
1 Triac TIC 226D	1 Capacitor electrolítico 10 μ F	1 Resistor 270 Ω
1 Transistor BC547	63 V	1 Resistor 1 k Ω
1 Diac ST-2 (30 V)	1 Capacitor electrolítico 100 μ F 25 V	1 Resistor 2,7 k Ω
1 Elemento calefactor 150 W	1 Capacitor 470 nF	2 Resistores 10 k Ω 2W
1 NTC 10k	1 Resistor 33 Ω	1 Resistor 1 M Ω 1W
1 Diodo 1N4007		1 Resistor 1 M Ω

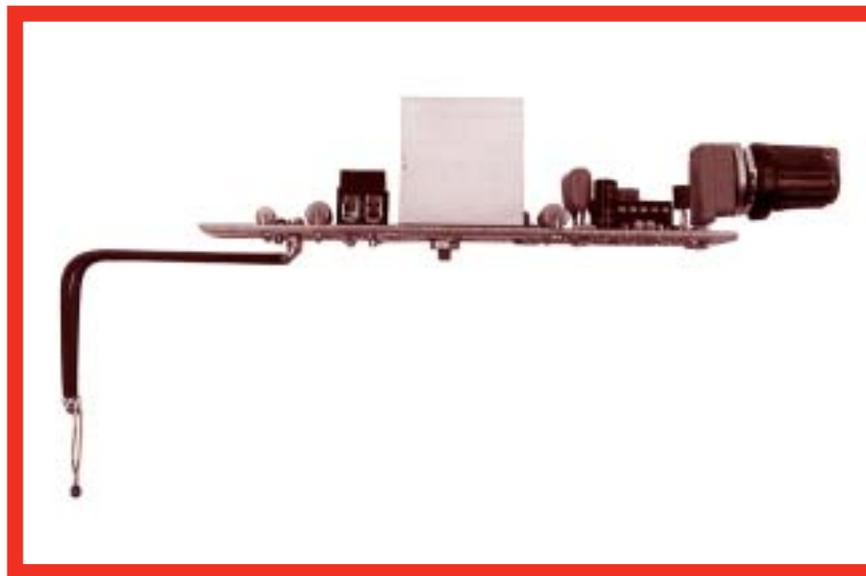
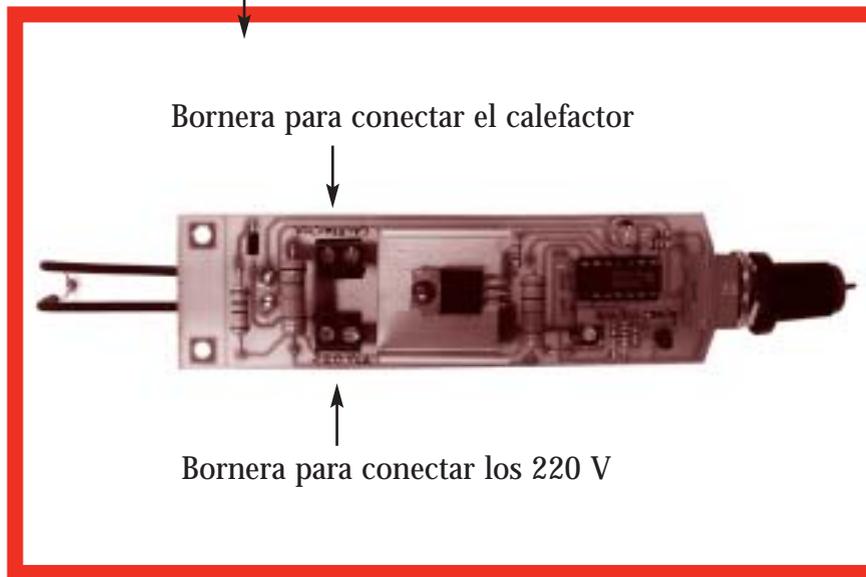
Seguidamente, proyectamos y construimos el dispositivo de control en una plaqueta, con un circuito impreso que responde al siguiente dibujo:



A continuación, vemos el mismo esquema; pero, con el perfil de la plaqueta y, por transparencia, el perfil de los elementos colocados en el otro lado de la plaqueta.



Una vez armada la plaqueta con todos los elementos del control de temperatura, ésta se presenta como podemos observarla en las siguientes fotografías:



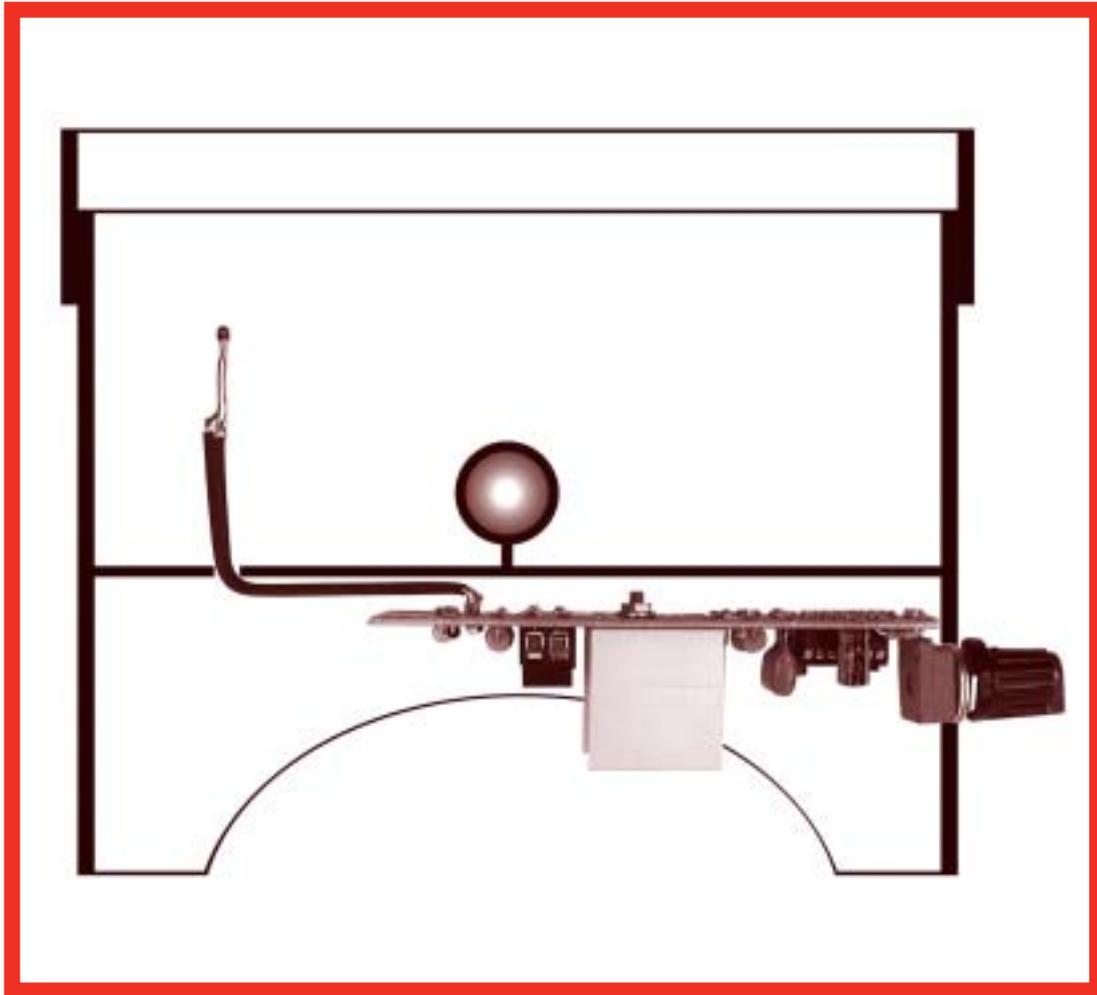
Esta plaqueta se coloca en la parte inferior del cilindro de base. A través de un agujero

en la separación metálica, el sensor (termistor) se ubica en la zona en donde se genera el calor que alimenta la estufa.

Por razones constructivas, el conjunto queda invertido con respecto a la posición normal en que suelen ubicarse los componentes; además, consideramos que esto es más conveniente para la evacuación del calor, que colocarlo en el otro sentido. Para compensar algún problema de sobre elevación de temperatura en el triac, se ha colocado un disipador más grande del normalmente requerido.

El circuito se fija, mediante dos tornillos, a la separación metálica del cilindro de base; y, a la pared del cilindro, a través de

la tuerca del potenciómetro solidario a la plaqueta.



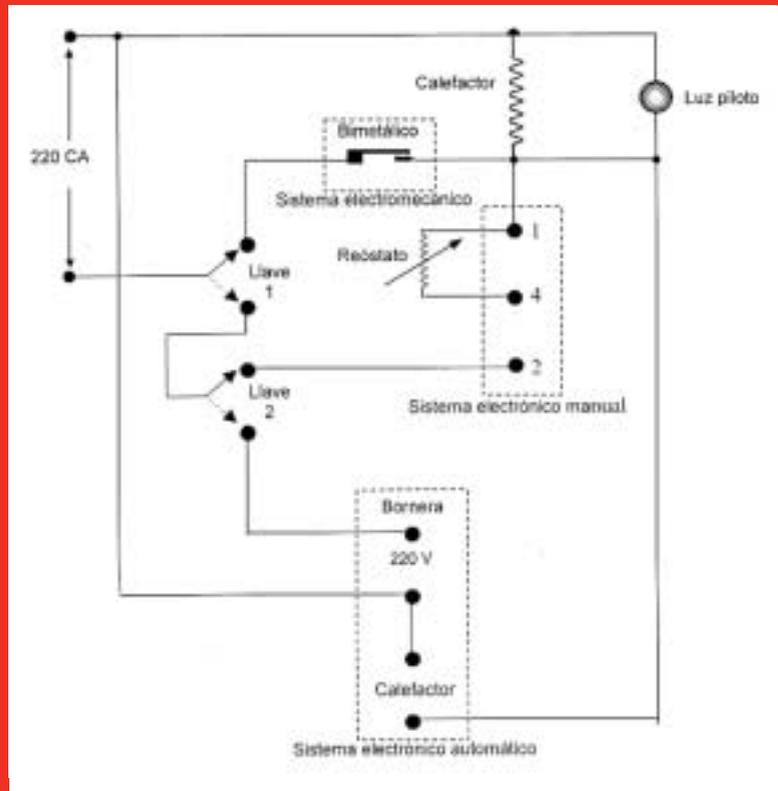
El límite superior del rango de temperatura que se puede alcanzar con la estufa depende, en muchos casos, de la distancia del termistor con respecto al elemento calefactor; por esto, es conveniente que esta distancia sea grande para que el límite sea alto.

En el circuito impreso hay dos borneras con tornillos. En una, se conectan los 220 V de la red, previo paso a través de un interruptor de corriente; en la otra, se conecta el elemento

calefactor.

Los cables que conectan entre sí los distintos elementos deben tener una cubierta protectora para alta temperatura (fibra de vidrio, etc.). El alambre de cobre que vincula el termistor al circuito impreso debe protegerse con un forro (espaguete) de plástico termocontraíble. Por razones de seguridad, se debe cubrir el circuito electro-electrónico con un círculo de cartón de protección colocado en la parte inferior de la estufa.

Éste es el circuito eléctrico del modelo de estufa de laboratorio descrito. En él pueden observarse dos llaves: una permite una selección entre el sistema electromecánico y los electrónicos; la otra, entre el sistema electrónico manual y el automático. Una lámpara piloto (ojo de buey) conectada en paralelo con el calefactor informa sobre el funcionamiento del equipo.



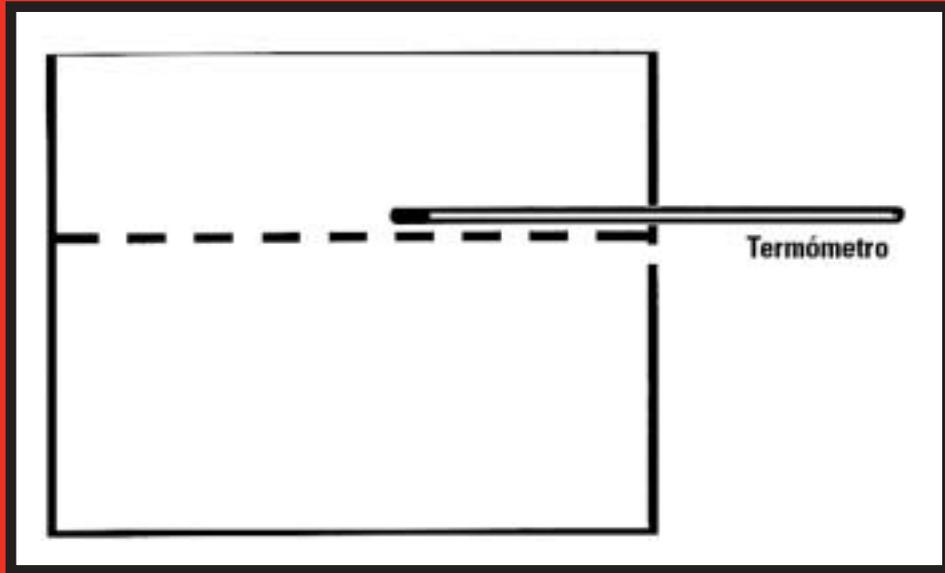
Las mediciones y el control

A fin de efectuar las mediciones de temperatura, en el espacio estufa y al nivel de la plataforma que lo divide horizontalmente, se realizan dos perforaciones, una a cada lado de la

Recordemos que el espacio estufa se puede enchufar a la base por cualquiera de sus dos extremos.

plataforma. Allí colocamos un termómetro, usando una u otra de las perforaciones, según del lado en que se inserte este espacio en la base. Las perforaciones son de un diámetro del orden de 7 a 10 mm, dependiendo del diámetro del termómetro a utilizar.

El termómetro puede ser de vidrio, bimetálico o termoeléctrico; cada uno puede cumplir correctamente su misión. Pero, hay que tener en cuenta que los de vidrio son frágiles y su uso requiere más cuidado.

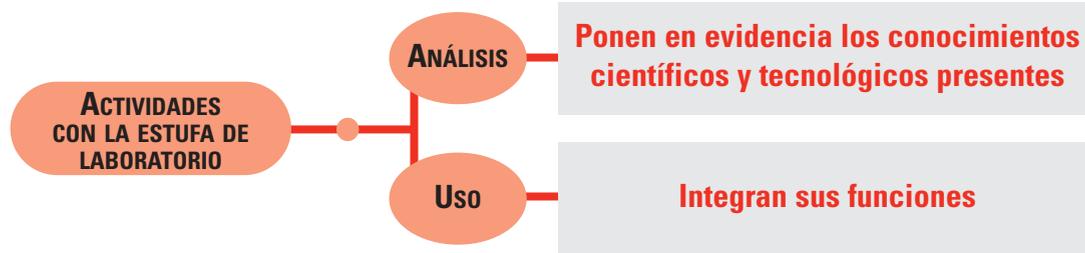


Antes de efectuar mediciones en las que se requiera una determinada precisión, conviene que la estufa esté prendida varias

horas, para que toda la estructura adquiera una temperatura de régimen.

4. EL EQUIPO EN EL AULA

Las actividades que pueden desarrollarse contando con el equipo **Estufa de laboratorio** en el aula, abarcan un campo amplio. Entre ellas podemos diferenciar:



Análisis de la estufa

Las actividades de análisis de la estufa de laboratorio exigen al alumno vincular la teoría con el producto tecnológico (la estufa); es decir, la ciencia (asociada al mundo natural, y

a las leyes y principios que lo rigen) con la tecnología (asociada al mundo artificial, al mundo construido por el hombre); en este caso, con referencia a un producto del taller de la escuela, lo que puede atraer más el interés de los alumnos.

En el mundo físico en que transcurre la existencia humana se pueden distinguir claramente dos sistemas superpuestos e interrelacionados: uno abarca todo lo natural, lo dado, lo que no es obra del hombre; el otro abarca todo lo artificial, lo que es obra humana.

La relación entre estos dos sistemas marca, en forma indeleble, el desarrollo social. El mundo de hoy es, sin lugar a dudas, más artificial que natural; es un mundo que el hombre ha ido construyendo en su búsqueda por mejorar las condiciones de existencia.

Se puede hablar, así, de dos mundos estrechamente imbricados; pero, cada uno con características propias: un mundo natural (el mundo dado) y un mundo artificial (el mundo construido por el hombre). Este mundo artificial, producto del accionar técnico-tecnológico, hoy enmarca la existencia cotidiana; la artificialidad que lo sustenta es lo más típicamente humano.

Dentro de este contexto se desenvuelven dos actividades: la ciencia y la tecnología. La ciencia (fundamentalmente, las ciencias naturales) se ocupa del mundo natural, mientras que la tecnología se ocupa del mundo artificial, el mundo construido.

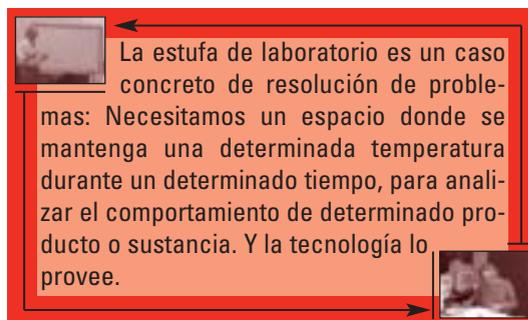
Este enfoque, bien manejado por el docente, puede despertar muchas preguntas e inquietudes; desde cómo se lo hizo, por qué se lo hizo así, etc., hasta el planteo de otras soluciones posibles a los problemas que se fueron presentando durante el proceso de construcción.

La vinculación de los conocimientos científico-tecnológicos con objetos de la vida real es un lazo de consolidación de los conocimientos teóricos. La estufa construida en el taller de la escuela puede ser el comienzo del planteo de preguntas vinculadas a otros objetos tecnológicos del entorno cotidiano y, consecuentemente, ser una fuente de aprendizaje.

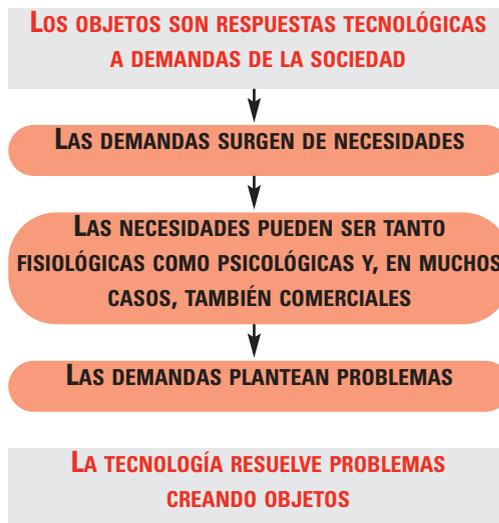
Preguntarse o preguntar es la forma básica de adquirir conocimientos; en otras palabras, de aprender. Quien no pregunta o no se pregunta, no se plantea la adquisición de nuevos conocimientos. La palabra preguntar implica, también, por supuesto, la búsqueda de respuestas en los libros.

Plantear preguntas es plantear problemas cuyas soluciones son las respuestas a las preguntas planteadas.

En la búsqueda de estas soluciones se apela tanto a los conocimientos que se tienen, como a los nuevos que es necesario integrar; todo, dentro de un esquema de razonamiento que permita arribar a soluciones coherentes.



Se puede decir que:



Desarrollar la capacidad de resolver problemas científico-tecnológicos es preparar para resolver problemas de la vida cotidiana.

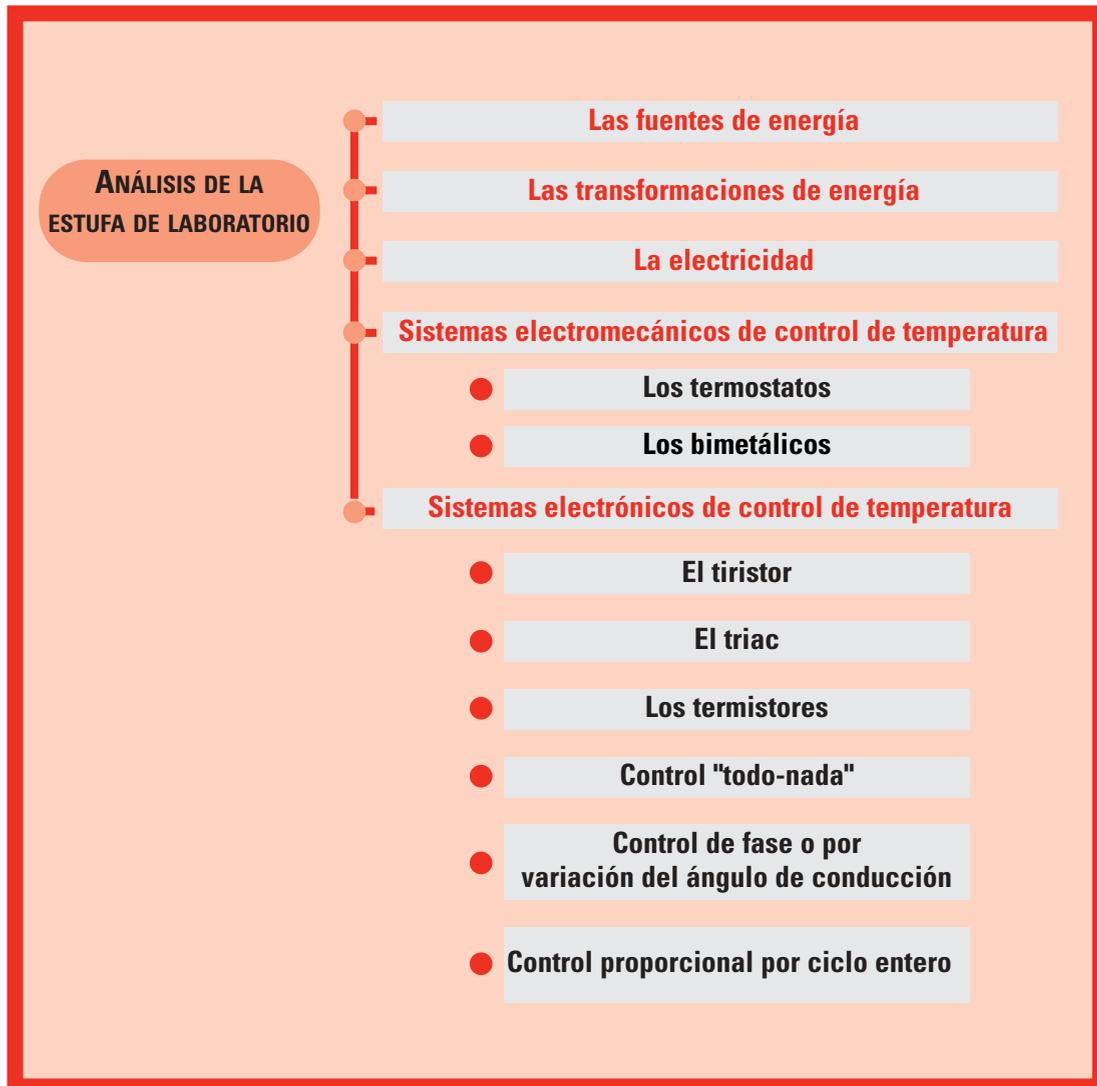
Este enfoque que proponemos implica integrar conocimientos con una visión holística y responde a nuestro planteo de vincular la teoría con la práctica.

Vivimos en un mundo en el que los desarrollos científicos y tecnológicos marcan el quehacer cotidiano. Imaginémonos por un instante cómo serían nuestras vidas si no

contáramos con los modernos medios de comunicación (teléfono, radio, etc.), o de transporte (avión, automóvil, motocicleta, etc.), o la luz eléctrica, etc.; y, por otro lado, tengamos en cuenta que estos desarrollos se remontan tan sólo a unos 100 años -en algunos casos, menos-, cifra insignificante frente a los miles de años de existencia del ser

humano sobre la Tierra.

El acelerado desarrollo de la ciencia y de la tecnología en los últimos años ha provocado grandes cambios en la producción de bienes y servicios, y, como consecuencia, ha cambiado substancialmente el ambiente en el que desarrollamos nuestras actividades.



Uso de la estufa en sus funciones específicas

La estufa de laboratorio puede usarse en el aula para:

- Obtención del peso seco (PS) de muestras.
- Determinación del peso seco/peso fresco (PS/PF) de determinados productos o sustancias.
- Determinación del contenido de agua (humedad) de determinados materiales o productos, como papel, madera, semillas, etc.
- Pruebas de germinación.
- Cultivos de bacterias, hongos, etc.
- Fabricación de productos, como el yogur,
- Esterilización de objetos y materiales.
- Etc.

Vamos a plantear algunas de estas aplicaciones; pero, lo haremos reconociendo que son los docentes de las correspondientes áreas quienes van a encontrar, dentro de sus actividades en el aula, las aplicaciones que mejor respondan a sus requerimientos específicos.

Obtención del peso seco y determinación del peso seco / peso fresco

En el campo de la biología vegetal, para la obtención del peso seco (PS) se parte de muestras de pocos gramos de material vegetal triturado, las que se colocan en estufa a temperaturas que dependen de las características de la muestra -están dentro del orden de 60°- y con precisión de ± 2 °C.

Estas muestras se pesan, sucesivamente, hasta la obtención de peso constante (procedimiento que puede llevar desde tres días hasta muchos más, dependiendo del material).

En agronomía se utiliza este procedimiento para ensayos comparativos de biomasa en forrajes.

El índice peso seco/peso fresco (PS/PF) se emplea frecuentemente en estudio de biomonitorio para, por ejemplo, obtener datos del efecto de la contaminación sobre distintos niveles del ecosistema. Un aumento de este índice indica que la biota ha sufrido una deshidratación.

Prueba de germinación

Teniendo en cuenta que la germinación es el primer paso en el desarrollo de las plantas, la prueba de germinación en el laboratorio permite determinar la capacidad que tienen las semillas de un determinado lote para producir plántulas normales y vigorosas en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz.

Esta prueba permite, así, obtener información del valor de la semilla para la siembra (poder germinativo, vigor)¹ y concretar resultados que se puedan utilizar para comparar el valor de lotes diferentes.

La prueba de germinación consiste en mantener constante una temperatura del orden de 28 a 35 °C en la estufa, durante un determinado período de tiempo y constatar el por-

centaje de semillas que germinan.

Determinación del contenido de agua (humedad)

a. Del papel

BENEFICIOS QUE PUEDEN ESPERARSE DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS PARA PAPEL Y CARTÓN²

Porcentaje de humedad

La humedad es la cantidad de agua que contiene un papel, expresada como porcentaje de su peso. Al referirnos a papel, debe entenderse papel o cartón. El papel puede contener humedad entre las fibras o dentro de ellas.

Existe una interacción entre el agua y el papel, debido a que las fibras de celulosa, que componen el papel, son higroscópicas (tienen la propiedad de absorber o liberar la humedad); lo anterior hace que el papel tome o ceda humedad, hasta llegar al equilibrio con el ambiente que lo rodea. De acuerdo con lo anterior, el contenido de humedad de una hoja de papel depende de la humedad relativa de la atmósfera que lo rodea y, en igual forma, al estar en contacto con el agua, la absorbe.

La cantidad de agua que puede absorber un papel depende de los tipos de fibras que lo constituyen,

del proceso de fabricación y de los ingredientes no fibrosos como las cargas y los encolantes.

El agua puede ser absorbida por el papel en el ámbito físico en dos formas: una es por efecto capilar, penetrando entre las fibras y fibrillas —en este caso, podría llegar hasta un 25 % del peso del papel—; la otra sucede al alojarse agua en los huecos o poros grandes que existen entre las fibras, saturando todos los espacios disponibles —en este caso, puede llegar a constituir hasta un 300 % del peso del papel, en papeles muy absorbentes—. Para regular la absorción de agua del papel, se aplica el encolado en diversos grados, dependiendo del uso para el cual se destina.

Es conveniente que el papel contenga un pequeño porcentaje de humedad, para darle flexibilidad, ya que si es muy bajo su contenido de humedad, se vuelve quebradizo e inestable.

Normalmente, sale de la máquina con una humedad de alrededor del 5 % —base peso seco—; aunque suele variar, dependiendo del tipo de papel y de los materiales utilizados en su fabricación. En papeles para impresión se recomienda, de acuerdo con el tipo de papel y el proceso de impresión, que el contenido de hume-

¹ Éste puede no ser un indicador preciso del comportamiento en el campo bajo condiciones menos ideales o adversas; en este caso se requiere, además, implementar otras pruebas.

² Unión de Industriales Litográficos de México: <http://www.uilmac.com.mx>

dad del papel se mantenga entre el 6 y el 10 %.

En los papeles para *offset* es muy importante tener un control adecuado del contenido de humedad. Lo ideal es conservar en equilibrio el contenido de humedad del papel con la humedad relativa de la atmósfera en la cual se va a imprimir, para evitar problemas durante la impresión.

El contenido de humedad de un papel afecta sus propiedades; principalmente, el peso base, las resistencias, la planicidad, la estabilidad dimensional y la acumulación de electricidad estática. Debido a esto, se debe mantener un control adecuado para muchos de los procesos de transformación del papel; especialmente, los de impresión, recubrimiento e impregnación.

Al absorber agua el papel, las fibras de celulosa se hinchan (a lo ancho, unas 15 o 20 veces más que a lo largo), ocasionando los cambios de dimensiones que ocurren en el papel al ambientarse, que son mayores en el sentido transversal que en el sentido de fabricación del papel, y que resultan en diversos problemas durante la impresión –por ejemplo: falta de registro, ondulaciones y arrugas–.

Debido a esta característica del papel, cuando va a ser impreso en hojas, se debe cortar con el sentido de fabricación o grano, en el lado largo de la hoja, quedando del lado más corto de la hoja la mayor expansión o encogimiento del papel, al tomar o ceder humedad del ambiente. El papel, al ser alimentado a la prensa en esta forma, tiene su dirección más estable paralela al eje del rodillo impresor; entonces, las variaciones que sufre en su otro sentido quedan alrededor del rodillo y el prensista puede compensarlas cambiando empaques.

Existen diversos métodos para determinar el contenido de humedad del papel; entre los más utilizados podemos mencionar: el secado en estufa, el de la medición de la conductibilidad eléctrica, el de la radiación infrarroja, el de la absorción de ondas electromagnéticas.

El de secado en estufa es el más utilizado; consiste en colocar una muestra de papel, previamente pesada en una estufa a 105 °C, hasta peso constante. El peso que perdió el papel durante el secado es su contenido de humedad, del cual se calcula su porcentaje sobre el peso de la muestra original.

b. De la madera

Los ensayos físicos y mecánicos de la madera suelen ser de mucha importancia ya que, en muchos casos, condicionan sus usos y/o posteriores tratamientos. Entre estos ensayos podemos destacar la determinación de la humedad.

Humedad es la cantidad de agua contenida en el leño.

Gradiente de humedad es el valor de la variación en el contenido de humedad en zonas sucesivas de la madera de una pieza.

Humedad media es la cifra que expresa el valor medio de las humedades de una pieza de madera.

De los tres métodos que figuran en la Norma IRAM 9532 sobre determinación de la humedad –método de secado en estufa, método de extracción con disolventes y método eléctrico–, el más aconsejable para maderas sin contenidos volátiles es el método de secado en estufa, que implica las siguientes operaciones:

- Se pesan las muestras con una precisión de 0,01 g y se colocan en la estufa.
- Se aplica un calentamiento gradual hasta alcanzar $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dejando las muestras a esta temperatura no menos de 20 horas.

- Se retiran las muestras de la estufa y se dejan enfriar en un desecador provisto de una sustancia higroscópica, y se pesan.
- Se repite este último tratamiento hasta la constancia de peso (0,01 g), reiterando las pesadas cada 2 horas.

c. Del suelo

El cálculo de la humedad edáfica se obtiene tomando muestras del suelo, y determinando su peso húmedo (PH) y, luego de secar en estufa, su peso seco (PS).

La diferencia, es decir la cantidad de agua que posee el suelo, se utiliza para decidir o no la siembra de algunos cultivos, fundamentalmente en épocas del año en que normalmente no llueve (cultivos invernales; trigo, por ejemplo).

d. De las semillas

El contenido de humedad no afecta en sí mismo la calidad de la semilla; pero, si incide en otros parámetros como:

- La capacidad de almacenamiento.
- La susceptibilidad al ataque microbio-lógico o de insectos.

Los parámetros de medición dependen del tipo de semillas.

Cultivo de bacterias

Una estufa que mantiene temperaturas del orden de 30, 37, 41, 45 °C, etc., con un margen de variaciones de ± 2 °C, permite llevar a cabo cultivo de bacterias, hongos, etc.

Normalmente, las cepas se siembran en un medio de cultivo específico. Luego, éste se coloca en la estufa y se somete a la temperatura óptima para la reproducción.

Secado de vegetales comestibles

La estufa, a una temperatura de ± 40 °C, permite el secado de hongos, tomates, etc., a los fines de conservarlos y poder utilizarlos en la preparación de comidas.

Fabricación de yogur

Una estufa que mantenga constante una temperatura del orden de 40 °C, puede utilizarse para fabricar yogur. Para esto, se coloca leche con un poco de yogur en un recipiente; se ubica éste en la estufa a la temperatura especificada y se lo deja unas seis horas o un poco más, al cabo de las cuales la leche se convierte en yogur.

El yogur, consecuencia de la acción del llamado bacilo búlgaro, fue popularizado por Elías Metchnikoff, investigador que también descubrió el papel de los glóbulos blancos de la sangre en la fagocitosis de las bacterias.

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

1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico-profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

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:

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. Componentes didácticos:



3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro ¹
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):

.....

.....

.....

.....

.....

¹ 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 ²	Incorporado ³
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).				

² No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

³ 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



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”?		
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?		
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?		
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?		
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?		
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?		
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?		
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?		
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?		
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?		

Sí	No

¿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:

a. <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.	b. <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.
c. <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.	d. <input type="checkbox"/> 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):

.....

.....

.....

.....

.....

4.2.2. 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 ⁴	Otro ⁵
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				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				

⁴ NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

⁵ Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				



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



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

	MV ⁶	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)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

⁶ 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)

.....

.....

.....



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 ⁷	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:

.....

.....

.....



⁷ 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):

- a. docente a cargo de un grupo de alumnos b. directivo
- c. responsable de la asignatura: d. lector del material

.....

- e. otro (especifique):

.....

.....

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:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for writing the response to the question above.

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