

00662



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Contaduría y Administración
División de Estudios de Posgrado

ADMINISTRACION Y ORGANIZACION
DE LABORATORIOS DE DOCENCIA

T E S I S

Que para obtener el Grado de
MAESTRO EN ADMINISTRACION
p r e s e n t a

LUIS GOTTDIENER GUTMANN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Prólogo	4
I. Introducción	
a) Problemática	7
b) Trabajos Anteriores	10
c) Características del Presente Trabajo	15
II. Enfoque de Sistemas	
a) Fundamentos	19
b) Objetivos del Laboratorio	23
c) Determinación de los Subsistemas	27
III. Plan de Actividades del Laboratorio	
1. Definición de los Objetivos del Laboratorio	35
2. Diseño o Selección de los Experimentos	39
2.1 Determinar Lista de Temas	40
2.2 Proponer Experimentos Específicos	41
2.3 Prueba Piloto	43
2.4 Obtención del Equipo	45
2.5 Elaboración de Instructivos	47
3. Plan de Seguridad	59
4. Instrucciones Generales	65
5. Instalaciones, Equipo y Material	71
5.1 Instalaciones	71
5.2 Almacenaje	72
5.3 Existencia de Materiales	74
5.4 Estado del Equipo	76
5.5 Mantenimiento Preventivo	78

5.6 Limpieza	80
5.7 Reparaciones	80
5.8 Compras	82
6. Realización del Experimento	92
6.1 Elección de la Práctica	93
6.2 Preparación de la Práctica	95
6.3 Instrucciones a Alumnos	96
6.4 Entrega del Material y el Equipo	97
6.5 Montaje, Observaciones y Medidas	98
6.6 Limpieza, Recolección, Revisión y Almacenaje del Equipo	100
6.7 Análisis del Experimento y Reporte	101
7. Actualización	110
8. Administración	119
8.1 Sistema de Información	119
8.2 Procedimientos	132
8.3 Presupuesto	135
8.4 Evaluación y Corrección	138
8.5 Asignación de Actividades	146
8.6 Comunicación	156
Conclusiones	163
Bibliografía	165

PROLOGO

Actualmente es ampliamente aceptado que el progreso económico y el bienestar material de un país dependen en forma importante de su nivel de desarrollo en el campo de la ciencia y la tecnología. Incrementar este desarrollo a partir de niveles bajos representa un problema sumamente complejo y plagado de obstáculos, que involucra aspectos políticos, económicos, técnicos, etc.

De la multitud de condiciones que se requieren para lograr avances en el campo mencionado solamente mencionaremos aquí una, a saber, el disponer de cuadros de personal técnico y científico con una buena preparación académica. En el proceso de capacitación de estos cuadros, que se efectúa principalmente por medio de escuelas de nivel medio superior y universidades, ocupa un lugar destacado la enseñanza experimental, llevada a cabo a través de los laboratorios de docencia.

No obstante, es frecuente en el ámbito educativo, oír expresiones del tipo siguiente: "...el problema de los laboratorios...", "¿Qué hacer con la enseñanza experimental?", "...las deficiencias de los laboratorios de docencia...", etc. (1-3). Es decir, que a pesar de la importancia que tienen los laboratorios en la preparación de los estudiantes, presentan una situación problemática casi permanente. ¿A qué se debe esto?

Hay diversas opiniones sobre la respuesta a esta pregunta. Consideramos que en círculos académicos ha habido propensión a analizar el problema de los laboratorios poniendo

énfasis en el aspecto de la filosofía y los objetivos de la enseñanza experimental (4,5). Ciertamente, esto es de gran importancia. Sin embargo, consideramos que gran parte de las dificultades de los laboratorios se deben, más que a una filosofía u objetivos inadecuados, al hecho de que la problemática de los laboratorios de docencia es bastante más compleja que la que presenta la enseñanza puramente teórica en las aulas. Esto no necesariamente significa que los problemas que ocurren en los laboratorios son individualmente de una gran complejidad. De hecho, muchos de ellos son simples de resolver (ver I.a). Más bien, consideramos que la complejidad proviene de la variedad de aspectos que están involucrados: pedagógico, técnico, administrativo, académico, organizativo, etc., y cada uno de estos a su vez con sus ramificaciones. Si con recursos abundantes y personal capacitado no es sencillo cubrir todos estos aspectos adecuadamente, en los países subdesarrollados, en que dichos elementos son escasos, las dificultades se acentúan.

Se han realizado diversos trabajos y estudios sobre varios tópicos relacionados con el laboratorio, tales como: experimentos que pueden realizarse, instrumentación, teoría y técnicas de medición, instalaciones adecuadas en laboratorios, etc. No pretendemos aquí cubrir toda la problemática de los laboratorios, que es muy amplia, sino centrarnos en un aspecto que también es de gran importancia, pero que consideramos ha sido descuidado, el de la administración y organización del laboratorio. Estimamos que muchas fallas comunes en el laboratorio pueden asociarse con una deficiente

administración del mismo. Frecuentemente pretende resolverse este problema mediante sugerencias aisladas o análisis fragmentarios, pero sin lograrlo, debido a la sustancial complejidad que presenta el aspecto administrativo y organizativo. Pensamos que hace falta un estudio más completo de este tema, el cual intentamos hacer aquí, basándonos en conceptos e ideas surgidos del estudio de la administración de empresas, en particular el enfoque de sistemas, así como en la experiencia del autor como profesor de laboratorio de física en la U.N.A.M. Se analizarán en forma sistemática las actividades del laboratorio, con el fin de evitar una serie de fallas comunes, y de determinar cómo obtener el máximo aprovechamiento de los recursos del laboratorio.

Aunque este trabajo se basa en experiencias con laboratorios de física, pensamos que laboratorios de otras disciplinas afines (p.ej., química, ingeniería, etc.) presentan problemas semejantes y puede aplicárseles un análisis similar. Por esta razón, el título del presente trabajo no se refiere únicamente a laboratorios de física.

Consideramos que este estudio podrá ser de utilidad principalmente para las personas encargadas de la dirección o coordinación de los laboratorios a fin de lograr, por medio de un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, materiales y humanos, una mayor efectividad en la enseñanza experimental y, por ende, una mejor preparación de los estudiantes.

I. INTRODUCCION

a) Problemática.

Los laboratorios de docencia de física, química, ingeniería, etc. en las escuelas y universidades en nuestro medio presentan una abundante problemática que incide negativamente sobre la formación de los estudiantes.

Vamos a mencionar algunos de los problemas más comunes sin pretender hacer una lista exhaustiva.

- Estancamiento del laboratorio; prácticas y/o equipo obsoletos.
- Existe mucho equipo[†] descompuesto o inservible.
- Hay equipo, pero no se utiliza por no saber que existe, o para qué o cómo se usa.
- No se sabe qué experimentos es posible hacer en el laboratorio (tal vez lo saben una o dos personas, pero los alumnos, profesores y otros interesados lo ignoran).
- Los instructivos (de las prácticas) son inadecuados, ya sea porque el análisis que presentan es incorrecto, no son pedagógicos, etc.
- Muchas prácticas "no salen".
- Los alumnos:
 - No saben qué hacer en el laboratorio (¿qué medir?, ¿para qué?).
 - No tienen la preparación adecuada para realizar ciertas prácticas.

[†]Por equipo nos referiremos a aparatos e instrumentos y, por material, a sustancias, material de consumo y dispositivos auxiliares o menores.

- No analizan correctamente el experimento.
- Consideran que no obtienen provecho del laboratorio, están desmotivados.
- Falta material y/o equipo, o es inadecuado, para realizar las prácticas. Este problema, muy frecuente, puede deberse a su vez a varias causas: a) no se adquirió el material, b) se pidió, pero aún no llega, c) hay pero no se encuentra, d) está prestado, e) el almacenista no lo conoce por su nombre y supone que no lo hay, etc.
- Faltan manuales o instructivos, o especificaciones, del equipo existente.
- Muchos temas importantes del curso no se cubren en el laboratorio.
- No se llega a realizar un mínimo de prácticas durante el curso.
- Se adquiere equipo innecesario o que no se va a utilizar.
- Desperdicio de materiales.
- Descomposturas de equipo por mal manejo.
- Los instrumentos de medición no están calibrados.
- No hay un plan, ni preparación, contra accidentes.
- No hay mecanismos de comunicación para que un alumno transmita alguna idea o informe acerca de un problema que haya detectado.
- El personal del laboratorio no tiene la capacitación adecuada.
- Se sabe que el laboratorio funciona mal, pero no por dónde ni cómo atacar la problemática. Aun habiendo fondos y disposición para usarlos, no se sabe qué hacer.

Aparte de los problemas mencionados, que son básicamente internos al laboratorio, hay otros que, aunque afectan en forma importante al laboratorio, rebasan su ámbito y más bien se derivan del subdesarrollo del medio en general, como por ejemplo:

- Recursos escasos.
- Dificultad para obtener equipo, refacciones y ciertos materiales.
- Dificultad para conseguir personal preparado.

Estos, más que problemas que podamos resolver dentro del laboratorio, debemos considerarlos como restricciones del medio (ver II.a).

b) Trabajos Anteriores.

Consideramos que los problemas señalados en I.a pueden asociarse con falta de previsión, de información, de comunicación, de sincronización, etc. y pueden resumirse como deficiente administración y organización del laboratorio. Hemos encontrado poco material escrito sobre este tema, que parece haber sido descuidado por los autores que se han ocupado de estudiar los laboratorios, y que se han concentrado principalmente en el aspecto del diseño de prácticas (ver, p.ej. 6.- 13). Vamos a presentar algunas de las ideas que se han expresado sobre este tema, que hemos hallado en la literatura.

Alvarez Ballesteros (7, p.101) dice: "El laboratorio deberá adquirir revistas, folletos, libros, etc. con el objeto de enterarse de los adelantos en otros países y para ello se recomienda que el laboratorio tenga suscripciones en revistas correlacionadas a este fin".

Cervantes Lee y Paque (9, p.191) expresan: "...es indispensable que las personas que se dediquen a impartir una cátedra en esta rama de la ciencia (físico-química) dispongan de tiempo suficiente para tratar de mantenerse al día en los avances que vayan reportando las revistas y la literatura especializadas en el tema. Por ello es conveniente que el o los catedráticos que se hagan cargo del laboratorio cuenten con un equipo de ayudantes perfectamente bien organizado...".

"...Es recomendable que dos semanas antes de iniciar el semestre se reúnan los catedráticos de la materia y discutan sus programas, sincronizando las clases teóricas y las

horas de laboratorio con objeto de llevar a la práctica... los conocimientos teóricos en el momento justo..."

"...Que se programen mesas redondas de una a dos horas cada mes, por lo menos entre catedráticos y alumnos, el representante y el suplente de cada grupo, con el objeto de evaluar el desarrollo de los programas propuestos, los éxitos alcanzados, las dificultades tenidas y sobre todo con la finalidad de proponer los medios de superación y renovación necesarios".

"...Beneficioso y conveniente sería que se les asignara a los catedráticos de tiempo completo la obligación de estar al tanto de las publicaciones mensuales de artículos de interés relacionados con su materia y en el caso de que los nuevos experimentos que se publiquen pudieran llevarse a cabo a nivel escolar, realizarlos en colaboración de otros catedráticos y ... se juzgue la conveniencia de incluirlos en posteriores programas educativos."

J. González (14) señala: "... se podrían elaborar algunas prácticas de laboratorio (de óptica) basándose en artículos recientemente publicados en revistas como American Journal of Physics, Journal of the Optical Society, etc. que contienen ... experimentos de óptica..." .

"... hace falta más equipo en el laboratorio y ... una buena cantidad del que existe actualmente se encuentra en mal estado. Una posible solución sería, por un lado, aumentar el presupuesto para mantenimiento y adquisición de equipo y material y, por otro, brindar capacitación a los trabajadores encargados del almacén para que puedan realizar el manteni-

miento y conservación del equipo que se requiere."

García Gutiérrez (8 , p.110) expresa: "... el equipo empleado en cada práctica será seleccionado y colocado en las mesas de trabajo por el encargado del laboratorio y su ayudante en la hora anterior a la práctica".

"Para la distribución de material y reactivos, el profesor de la materia proporcionará al encargado del laboratorio en la semana anterior a la ejecución de la práctica, el título de ésta y si es posible la lista del material que se utilizará."

Propone el siguiente personal:

- "- Profesor de la clase de química aplicada.
- Profesor encargado del laboratorio.
- Un ayudante del encargado.
- Un ayudante de servicios varios.

Uno de los profesores de la materia será designado como jefe de la clase de Química Aplicada y Laboratorio y tendrá como funciones adicionales coordinar el programa de prácticas con la enseñanza teórica, revisar periódicamente este programa y fijar las prácticas más adecuadas".

Otra referencia que también debe mencionarse es el libro de Guy (15). Este es un libro eminentemente práctico, basado en la larga experiencia del autor en la dirección de laboratorios. Abarca numerosas facetas del laboratorio, tales como riesgos en el trabajo, mobiliario e instalaciones, almacenaje, etc., incluyendo algunos aspectos de organización. Sin embargo, las condiciones que supone este autor no son totalmente aplicables en nuestro medio. Por ejemplo, refiriéndose

al almacenista, dice (p.112):

"El buen funcionamiento de los almacenes depende de la habilidad del almacenero. Deberá mantener excelentes relaciones con el personal del laboratorio... Debe tener una memoria excelente para recordar dónde están todas las cosas ... Debe tener un cierto conocimiento técnico de cómo se van a usar los aparatos, lo que le permitirá aconsejar siempre lo más indicado para un trabajo determinado. Además, debe ser una auténtica fuente de información para el personal del laboratorio. ... Cuando se deban reparar fuera (los aparatos averiados) también le incumbe la elección del taller y la forma de mandarlos... El almacenista también decide la cantidad de cosas que se van a comprar... Debe estar familiarizado con lo que recibe y se encarga de revisar la mercancía."

Difícilmente en nuestro medio podrá encontrarse a una persona con las características que describe Guy.

De los párrafos anteriores vemos que los autores citados se ocupan de problemas como la actualización del laboratorio, la coordinación de los experimentos con las clases de teoría, la existencia de materiales para las prácticas, el mantenimiento del equipo, etc. Aunque las sugerencias que hacen no carecen de valor, consideramos que son proposiciones fragmentarias que no constituyen un análisis sistemático, ni con la amplitud requerida, de la problemática de la organización de un laboratorio de docencia.

Entre las ideas que se manejan en relación con el problema de los laboratorios, encontramos con frecuencia en la literatura que trata sobre este tema, ciertos conceptos

que consideramos erróneos, entre los que destacan los siguientes:

- Se hace la suposición de que un laboratorio equivale a una lista de prácticas, sin considerar que se requiere de un mecanismo para renovar dicha lista que, de otra manera, se volverá obsoleta en un lapso mayor o menor de tiempo.
- Se piensa que para que el laboratorio funcione adecuadamente, sólo se necesita designar a un "encargado de laboratorio", que se supone tendrá la capacidad y la disposición de realizar todas las tareas que se requieran.
- Proponer la incorporación de personal sin definir sus funciones y, por lo tanto, sin analizar el grado de preparación que requiere para el desempeño de las mismas. Cuando esto se lleva a la práctica, dicho personal frecuentemente no podrá desempeñar funciones que se esperan de él, por no tener la preparación necesaria.
- Asignar varias funciones que requieren niveles de preparación muy diferentes a una misma persona. Esto resulta en que la persona esté subcapacitada para algunas funciones o sobrecapacitada para otras, con los problemas consiguientes.
- Suponer condiciones inaplicables en nuestro medio (ejemplo: el almacenista tal y como lo describe Guy (15)).
- Las proposiciones que se hacen con frecuencia son más una lista de buenos deseos que un programa de acción viable.

e) Características del Presente Trabajo.

Consideramos que este trabajo, por su enfoque en los aspectos de la administración y la organización, es distinto a la generalidad de las obras sobre los laboratorios.

Deseamos determinar cómo proceder para alcanzar los objetivos del laboratorio y aprovechar al máximo los recursos disponibles, materiales y humanos, que con frecuencia son desperdiciados o subutilizados. Asimismo, se pretende que el laboratorio sea funcional no sólo en un momento dado, sino que su organización le permita hacer frente a situaciones que se presentan con el paso del tiempo, como avances técnicos y científicos, cambios en las tendencias predominantes en el campo, obsolescencia, cambios de personal, etc.

Pensamos que para el buen funcionamiento del laboratorio no se requiere que éste sea de gran tamaño o cuente con mucho personal. Consideramos que hasta un laboratorio pequeño con pocos medios puede estar al día y bien manejado, dentro de sus limitaciones.

Los aspectos de descripción de prácticas, filosofía de los cursos de laboratorio, método experimental (medición, errores, etc.), técnicas de laboratorio, instrumentación, riesgos de laboratorio, diseño de instalaciones (iluminación, ventilación, etc.), mobiliario de laboratorio, etc., son otros temas que también son de gran importancia en el laboratorio y sobre los cuales existe abundante literatura, pero no son considerados en este trabajo. Sí tratamos algunos aspectos pedagógicos, que están estrechamente relacionados con la organización del laboratorio de docencia.

En este trabajo nos hemos basado, aparte de en nuestra experiencia directa en el laboratorio, en conceptos surgidos del estudio de la administración de empresas, principalmente, en el enfoque de sistemas. Un laboratorio es similar a una empresa en varios aspectos. El problema de la actualización de prácticas en un laboratorio, necesaria por los avances científicos y el surgimiento de nuevos instrumentos y técnicas, es similar al de la renovación periódica de la línea de productos en una empresa (piénsese en la industria electrónica). El aspecto de mantenimiento de equipo se presenta también en ambos casos, así como los de compras de materiales, el mantener niveles de existencias adecuadas (de materiales en un caso, de materia prima en otro), etc. En diversos puntos en el curso del trabajo señalaremos otras semejanzas.

Existe una gran abundancia de teoría y estudios sobre estos temas, en el contexto de la administración de empresas, por lo que hay, en principio, muchos conceptos e ideas que pueden ser aprovechados en el análisis de los laboratorios. Por otra parte, para evitar caer en proposiciones utópicas, no hemos ignorado aquí las condiciones prevalecientes en nuestro medio, que son distintas en muchos aspectos de las imperantes en las escuelas y universidades de los países avanzados.

De acuerdo con el enfoque de sistemas (ver II.a), consideramos al laboratorio como un sistema para el que, una vez definidos sus objetivos, se intentan determinar las actividades que deben realizarse para alcanzarlos.

Frecuentemente en el laboratorio se percibe que ciertas áreas no funcionan adecuadamente pero, por ser numerosos los problemas que se presentan y, además, estar por lo común entrelazados unos con otros, no se sabe cómo proceder, o por dónde empezar a solucionarlos. El disponer de un conjunto sistemático de las actividades del laboratorio facilita detectar los problemas y deficiencias existentes y trazar un plan para corregirlos.

En los capítulos que siguen procedemos en la forma siguiente. Después de presentar algunas ideas básicas sobre administración y el enfoque de sistemas, y sobre los objetivos del laboratorio, identificamos grupos de acciones o subsistemas importantes en el laboratorio. Se piensa comúnmente que en el laboratorio de docencia solamente se requiere que el profesor explique el experimento y los alumnos lo lleven a cabo, pero veremos que hay muchas otras actividades aparte de éstas. Por ejemplo, acciones de coordinación, de diseño de prácticas, de actualización, de evaluación, de información, etc., que forman sistemas de actividades que, aunque importantes para la operación exitosa del laboratorio, frecuentemente se pasan por alto.

Posteriormente los subsistemas se desglosan en actividades elementales, que se analizan para determinar el tipo de preparación y la información y elementos que necesitan para efectuarse. Muchas de las actividades que se indicarán son bien conocidas, pero se presentan aquí en forma integrada.

Puesto que el laboratorio opera dentro de ciertas condiciones particulares, no es posible diseñar un plan de acción

que se aplique exactamente en todos los casos. Pensamos que el material que aquí se presenta constituye una guía de cómo proceder, pero cada laboratorio deberá revisarlo y modificarlo según su situación particular.

Una vez determinadas las actividades por realizar, se puede proceder a agruparlas a fin de crear puestos que serán desempeñados por personas que posteriormente se seleccionarán o, bien, asignar directamente las actividades específicas a las personas más adecuadas de entre el personal asociado al laboratorio. Con cualquiera de estos procedimientos, se evita un error que comunmente se comete, de incorporar personal sin definir con exactitud sus funciones.

El efectuar las actividades señaladas resolverá muchos de los problemas mencionados anteriormente (I.a) aunque, desde luego, pueden surgir otros, p.ej., aquellos derivados de una realización deficiente de estas actividades. Sin embargo, serán en términos generales de una complejidad menor y de más fácil solución.

II. ENFOQUE DE SISTEMAS

a) Fundamentos.

Vamos a presentar a continuación algunas ideas básicas de administración que nos han orientado en la elaboración de este trabajo.

Se puede definir un sistema como un conjunto de elementos o partes que trabajan en coordinación para alcanzar un objetivo general.

Administrar un sistema significa realizar una serie de decisiones y acciones que se espera lo lleven a alcanzar sus objetivos.

La administración de un sistema puede dividirse en las fases siguientes (16,17):

- Planeación
- Organización
- Ejecución
- Control

La planeación consiste en definir los objetivos del sistema y en delinear un plan que lo conduzca a la consecución de éstos.

En la fase de organización se precisan las actividades, se determina la división de funciones y la estructura según la que se agruparán quienes van a colaborar en las actividades del sistema.

La ejecución se refiere a la realización de las actividades anteriores, y el control trata de establecer si las acciones marchan de acuerdo a los planes, si los objetivos se están alcanzando y, en caso negativo, las acciones correctivas

que deben tomarse.

Se han definido los términos anteriores de acuerdo con el significado que tienen en el estudio de la administración de empresas, que no siempre es el mismo que reciben en el uso común. Por ejemplo, comunmente se entiende por "administrar", realizar actividades relacionadas con la supervisión, las relaciones de personal, la contabilidad, etc., i.e., el significado es más restringido que el que le hemos dado aquí.

Existe una teoría relativamente reciente, denominada Enfoque de Sistemas, que es particularmente aplicable a los aspectos de la organización y el control, y es útil para el análisis de situaciones o entes complejos. No consiste de un conjunto fijo e inflexible de postulados, sino que hay ciertas ideas generales, que varían en los detalles según los diferentes autores, de lo que constituye el Enfoque de Sistemas. En los conceptos que sobre este tema se presentan a continuación, nos basamos principalmente en el libro de W. Churchman, "El Enfoque de Sistemas" (18). Los entrecomillados en esta sección proceden de dicha obra y los números se refieren a las páginas de la misma.

Al analizar un sistema (cuya definición ya mencionamos), deben considerarse su medio ambiente, los recursos con que cuenta y las restricciones a que está sujeto.

El primer paso para la aplicación del Enfoque de Sistemas es definir uno o más objetivos centrales para el sistema, así como varios sub-objetivos, derivados de los primeros y congruentes entre sí. Se debe especificar en qué tiempo y a qué costo desean alcanzarse los objetivos. Contrariamente

a lo que pudiera parecer, la definición de los objetivos no es algo trivial, sobre todo cuando éstos no son expresables en términos monetarios (ver (16,p50) y, en relación con la enseñanza, (19)). Como un criterio general para la especificación de los objetivos, podemos decir que un objetivo debe ser: preciso, realista, verificable, medible. Preciso significa que no sea vago, ni consista meramente de frases altisonantes o expresiones de buenos deseos. Realista, que esté dentro de las posibilidades del sistema alcanzarlo; verificable, que exista algún criterio para saber si se está alcanzando o no, y medible, que se le pueda asociar una medida de actuación que indique qué tan bien funciona el sistema respecto a dicho objetivo. La medida de actuación también es importante por poder especificarse a través de ella el nivel deseado de actuación (el "standard") del sistema.

En correspondencia con cada uno de los sub-objetivos, puede definirse un subsistema que tenga como objetivo principal dicho sub-objetivo. Tendremos entonces una serie de subsistemas con sus objetivos y sus respectivas medidas de actuación. Para cada subsistema puede repetirse el proceso mencionado cuantas veces sea necesario. "Un deseo obvio es que al aumentar la medida de actuación de un componente (subsistema), igualmente deberá aumentar la medida de actuación del sistema total. De lo contrario, el componente no está contribuyendo verdaderamente a la actuación del sistema" (p. 62).

"... El administrador científico ignora las líneas tradicionales de división y considera en cambio las 'misiones',

'tareas' o 'actividades' básicas..., concretamente, el desglose racional de las tareas que el sistema debe realizar" (p. 58). También es posible determinar los subsistemas con base en este criterio, procedimiento que seguimos aquí. En cualquier forma, debe señalarse que la definición de los subsistemas no es única.

"... El enfoque de sistemas implica la construcción de un sistema de información para la administración, que habrá de registrar la información relevante para la toma de decisiones, y específicamente habrá de señalar la mejor información sobre el uso de los recursos" (p.57). Este sistema de información, que también es de importancia en la fase de control, forma parte de otro subsistema que se encargará de la administración del sistema global.

En resumen, según el enfoque de sistemas, los puntos principales que deben considerarse son:

1. Los objetivos del sistema total y sus medidas de actuación.
2. El medio ambiente del sistema; restricciones fijas.
3. Recursos del sistema.
4. Los componentes del sistema, objetivos y actividades.
5. La administración del sistema.

A continuación analizaremos los objetivos del sistema, que en este caso es el laboratorio.

b) Objetivos del Laboratorio.

Es frecuente en universidades y escuelas escuchar diferentes opiniones sobre la utilidad e importancia de los cursos de laboratorio. Las posiciones extremas son, por un lado, que todos los cursos deben estar basados en el laboratorio y, por otro, que el laboratorio es secundario con respecto a las lecciones teóricas. También hay divergencia sobre cuáles son los objetivos que deben perseguirse y su importancia relativa, y sobre la manera de impartir los cursos de laboratorio, p.ej., si deben estar ligados a las clases de teoría o no. Aquí no pretendemos participar en estas discusiones sino que, de acuerdo a la necesidad señalada en II.a de formular los objetivos del sistema, nos limitamos a señalar algunos de los objetivos que consideramos importantes en un curso de laboratorio. La lista que presentamos a continuación no es exhaustiva y la importancia relativa de los diferentes objetivos deberá ser determinada por cada laboratorio.

- Aprender a analizar un experimento.
- Aprender cómo llevar a cabo una confrontación entre teoría y experimento (i.e., ¿Hay acuerdo entre la teoría y el experimento?) y poner a prueba una hipótesis.
- Aprender a interpretar datos experimentales.
- Aprender a formular un modelo teórico de un sistema real.
- Aprender a determinar la incertidumbre de una medición.

- Observar el comportamiento de ciertos fenómenos y sistemas reales, y familiarizarse con ellos.
- Motivar al alumno para el estudio de los temas.
- Ilustrar lo que se ve en la teoría y contribuir a la mejor comprensión de los conceptos.
- Aprender a reportar un experimento.
- Aprender a llevar un cuaderno de trabajo de laboratorio.
- Aprender el manejo de ciertos aparatos y técnicas.
- Aprender a planear un experimento.
- Aprender a montar correctamente un dispositivo experimental, y a tomar mediciones.
- Aprender a consultar manuales.

Otro objetivo es:

- Que el curso de laboratorio sea de interés para los alumnos.

Aparte de estos objetivos básicos, de tipo pedagógico, hay otros objetivos que podrían denominarse de aprovechamiento o buen uso de recursos, que persiguen optimar los recursos disponibles y evitar su malgasto. Estos objetivos son de especial importancia en un país subdesarrollado, en que las limitaciones existentes son mayores y, en general, menor la preparación del personal. Estos objetivos no se persiguen en forma independiente sino que deben ser incorporados a las actividades que se realizan para alcanzar los objetivos didácticos fundamentales del laboratorio. Podemos decir que los objetivos pedagógicos están relacionados con la eficacia del

laboratorio, y los objetivos de aprovechamiento con su eficiencia. Mencionamos a continuación algunos de los objetivos de aprovechamiento de recursos.

- Optimizar el uso de recursos materiales (tanto físicos - equipo, material, etc. - como monetarios).

Este objetivo se aplica en muchas situaciones. Podemos señalar, por ejemplo:

- Conservación de las instalaciones en buen estado.

- Evitar desperdicios de materiales (tanto especializados como de uso común: gas, agua, etc.)

- Evitar pérdidas de equipo así como su descompostura o deterioro por manejo inadecuado, negligencia, falta de mantenimiento, almacenaje inapropiado, etc.

- No comprar equipo que ya se tiene, o cuya necesidad no se haya establecido claramente, y que posteriormente no se vaya a utilizar, o cantidades excesivas de materiales.

- Evitar que haya mucho equipo inutilizado por descompostura, falta de instructivos, o por desconocerse su manejo o su existencia.

- Obtener cotizaciones favorables en las compras que se hagan.

- En el caso de considerarse la compra de equipo costoso, ver si los beneficios esperados justifican la erogación.

- Optimizar el uso de recursos humanos.

Esto significa que las personas asociadas al laboratorio desarrollen su máximo potencial y capacidades en el desempeño de sus actividades. En este sentido, es importante precisar las funciones de cada uno, brindar las facilidades para que puedan desarrollarlas, y también que se les proporcionen estímulos.

Asimismo, tomar medidas para evitar accidentes y estar preparados para los que ocurran.

- Aprovechamiento del tiempo.

Por ejemplo, evitar ausentismo e impuntualidad; que actividades como compras, reparaciones, etc., se realicen en plazos de tiempo razonables. Asimismo, actividades accesorias a la realización del experimento, como entrega de materiales, instrucciones a alumnos, etc.

Los objetivos de aprovechamiento de recursos, de los que sólo hemos mencionado aquí unos ejemplos, se incluyen en los diversos subsistemas pues, como mencionamos, no se persiguen en forma aislada e independiente, y es más conveniente incorporarlos a los subsistemas con los que están más directamente relacionados.

En lo que se refiere a las medidas de actuación de los objetivos indicados, ver § 8.4 .

c) Determinación de los Subsistemas.

Deseamos determinar un plan estructurado de acciones concretas que se deben realizar en el laboratorio a fin de alcanzar sus objetivos, así como precisar los elementos requeridos para estas acciones.

Dicho plan mostrará la importancia de una serie de actividades que frecuentemente se pasan por alto, y facilitará la detección de los problemas que se presenten y su corrección.

Primeramente vamos a identificar ciertos subsistemas⁺ o grupos de actividades. La definición de éstos no es única, como ya mencionamos, pero una vez hecha, subdividiremos los grupos en otros subsistemas o subgrupos, y luego éstos en "actividades elementales", más simples y específicas, para las cuales quedan mejor definidos la información, recursos y preparación que requieren para ser realizados. Veremos que algunas de las actividades que se deben realizar son de tipo académico, pero en otras predomina el aspecto administrativo, y no requieren para efectuarse de una preparación científica o académica.

La subdivisión de los subsistemas en "actividades elementales" tampoco está determinada en forma única, sino que depende de diversos factores. Para ilustrar este último punto, consideremos un ejemplo de otra temática. Supongamos que se

⁺Una nota sobre nomenclatura. Usualmente nos referiremos a los componentes del sistema global como subsistemas. Sin embargo, a veces también los denominaremos sistemas, ya que a su vez pueden dividirse en componentes. Así, p.ej., nos referiremos indistintamente a "el sistema de información" o "el subsistema de información".

quiere ir en autobús de un punto A a otro B. Esto puede parecer una actividad elemental, pero vemos que a su vez consiste de otras aún más elementales, tales como: llegar a la parada del autobús, identificar el autobús adecuado, comprar el boleto, etc. Este ejemplo puede parecer trivial, pero muestra una situación bien conocida para maestros y educadores.

Si una actividad puede dividirse en otras más sencillas y éstas en otras, se plantea la pregunta de hasta qué punto debe subdividirse y especificarse una actividad. Consideramos que el factor determinante es la preparación de las personas que van a llevarla a cabo, y el nivel de especificación de la actividad deberá estar de acuerdo con ésta. En términos generales, a menor preparación se requerirá mayor especificación de las actividades. Asimismo, a mayor especificación, está mejor definido el tipo de preparación que se necesita.

Se verá en S 8.5 que no es conveniente definir actividades compuestas de partes que requieran de muy diferentes niveles de preparación.

¿Qué subsistemas o grupos de actividades podemos identificar en el caso de un laboratorio de docencia? La actividad fundamental - aunque desde luego, no la única - de un laboratorio de docencia, es la realización de experimentos por los alumnos bajo la dirección o supervisión del profesor, por ser la que se relaciona más directamente con los objetivos del laboratorio. Sin embargo, para que esta actividad se pueda llevar a cabo adecuadamente, es necesario realizar muchas otras. Por ejemplo, se requiere de cierta preparación por parte de los involucrados. Parte de esta preparación es

específica para cada experimento y otra parte es general para el curso. También se requieren material y equipo adecuado, que deben haberse obtenido con anterioridad en la cantidad y con las características requeridas, y estar en buenas condiciones de funcionamiento. Esto implica un trabajo previo de diseño o selección de los experimentos, que a su vez depende de los temas que se desean tratar y los objetivos del laboratorio. La selección de experimentos, contrariamente a lo que se observa frecuentemente, no debe hacerse una sola y única vez. Para evitar la obsolescencia y tomar en cuenta los avances científicos y técnicos en el área, se requiere hacer periódicamente una revisión y actualización de los experimentos.

Respondiendo al requerimiento que mencionamos en II.a de definir medidas de actuación para los diversos objetivos del sistema, es conveniente establecer un sistema de evaluación, así como un sistema de información, necesario tanto para la evaluación como para muchas otras actividades.

También debe elaborarse un presupuesto, así como acordar diversos procedimientos para situaciones que se presentan con frecuencia (e.g., préstamo de equipo, recepción de equipo nuevo, etc.).

En relación con el objetivo de aprovechar en forma óptima los recursos, destaca la conveniencia de tener un programa de seguridad.

Una vez definidos los subsistemas y las actividades que los componen, éstas últimas deben asignarse a las personas indicadas. Para el mejor desempeño de sus funciones, es

conveniente que dicho personal⁺ cuente con canales adecuados de comunicación.

En resumen, identificamos los siguientes subsistemas o grupos de actividades:

- S 1. Definición de los Objetivos del Laboratorio.
- S 2. Diseño o Selección de los Experimentos.
- S 3. Plan de Seguridad.
- S 4. Instrucciones Generales.
- S 5. Instalaciones, Equipo y Material.
- S 6. Realización del Experimento.
- S 7. Actualización.
- S 8. Administración.
 - S 8.1. Sistema de Información.
 - S 8.2. Procedimientos.
 - S 8.3. Presupuesto.
 - S 8.4. Evaluación y Corrección.
 - S 8.5. Asignación de Actividades.
 - S 8.6. Comunicación.

Vemos que se requieren realizar muchas actividades además de la labor de supervisión del profesor durante el desarrollo del experimento.

No hemos mencionado el aspecto de diseño y construcción de equipo por no ser una actividad que se lleve a cabo

+ Por personal nos referimos no sólo al personal remunerado sino también a los alumnos y, en general, a quienes colaboran directamente en las actividades del laboratorio.

en todos los laboratorios, pero, en caso de realizarse, debe incluirse como un subsistema más.

Antes de desglosar los subsistemas indicados, y obtener las actividades que componen a cada uno, debe hacerse notar que, aún cuando la problemática de los laboratorios de docencia es similar, existen diversos factores y modalidades que determinan las características particulares de cada uno, por lo que no es posible diseñar un programa de actividades que sea aplicable exactamente a cada laboratorio. El que se muestra aquí se presenta como una guía, pero cada laboratorio deberá hacer su propio plan de actividades, atendiendo a sus circunstancias, recursos y restricciones. Además, no se trata de un producto terminado; la experiencia irá indicando las adiciones y modificaciones que hayan que hacerse para mejorarlo.

Señalaremos a continuación algunos de los factores y modalidades mencionados. Unos son impuestos por condiciones externas, otros pueden seleccionarse.

- Nivel del curso (i.e., si es a nivel universitario, de escuela media, de qué año, etc.).
- Cantidad de fondos disponibles, y de recursos en general.
- Motivación del personal académico.
- Capacitación de los instructores[†].
- Facilidad de acceso a personal académico capacitado.

[†] Se utiliza indistintamente el término instructores o profesores de laboratorio.

- Facilidad de acceso a centros de información.
- Madurez y motivación de los alumnos.
- ¿Se imparte un sólo curso en el laboratorio o varios diferentes?
- ¿Se desea que haya sincronización de las clases de laboratorio con las de teoría en cuanto a los temas que se ven, o que sean independientes entre sí?
- ¿Los alumnos del curso pertenecen a una misma carrera o especialidad, o no?
- ¿Se desea que en las sesiones de laboratorio todos los estudiantes realicen el mismo experimento?
- ¿Se utilizará un sistema de prácticas prediseñadas o de diseño libre?
- ¿Se va a seguir un sistema que requiere de estudio o planeación previo a la realización del experimento?
- ¿Los experimentos serán demostrativos o cuantitativos, o de ambos tipos?
- ¿Hay un programa de prácticas obligatorias o hay experimentos optativos?
- ¿Hay facilidades para diseño y construcción de equipo?
- ¿La dirección del curso de laboratorio depende principalmente de la coordinación o de los instructores?
- ¿Se seguirá el sistema de surtir el laboratorio permanente con los materiales necesarios para realizar cualquier práctica, o se adquirirán los materiales según se vayan necesitando para las prácticas?

Los factores indicados pueden influir solamente en uno o más de los grupos de actividades, o bien en todo el

conjunto. Entre las modalidades más importantes, está el seguir el sistema de prácticas prediseñadas o bien de diseño libre. En este trabajo suponemos el primer caso. Esto significa que el curso se basa fundamentalmente en un conjunto de experimentos previamente seleccionados según la temática que se desea abarcar y para los que con anterioridad se ha obtenido el equipo y el material necesario. Este sistema, en el que pueden incluirse experimentos operativos, en forma alguna es sinónimo con el de las prácticas tipo "receta de cocina", que ha sido, con razón, sumamente criticado. El sistema de experimentos de diseño libre, en el que el diseño del experimento es parte del mismo curso, puede ser recomendable a ciertos niveles, pero en general consideramos que tiene la desventaja de resultar demasiado lento, incluso para alumnos motivados. Para estudiantes poco motivados, se corre el riesgo de que realicen un trabajo muy pobre durante el curso, con aprovechamiento escaso o nulo. En todo caso, una posibilidad más recomendable sería combinar ambos sistemas en el curso.

En las secciones siguientes analizamos los subsistemas, de acuerdo al siguiente orden general. Para cada grupo o subsistema se define primeramente el objetivo general, así como su importancia y problemas típicos, las modalidades de interés, en caso de haberlas, y se indican los subgrupos de que consta. Esencialmente se repite el proceso para cada subgrupo, mencionando las actividades de que se compone y una descripción de éstas. Para la determinación

de dichas actividades nos basamos en:

- El enfoque de sistemas.
- Los objetivos del subsistema.
- Nuestra experiencia con los laboratorios.
- Condiciones imperantes en nuestro medio, como limitaciones de recursos, escasez de personal capacitado, etc.
- Separar, en lo posible, las actividades de tipo académico, de las administrativas.
- No mezclar, en una misma actividad, funciones que requieren de niveles de preparación muy distintos.
- Similitud con procedimientos para el caso de una empresa, cuando éste es el caso.

Por último, para cada actividad se indica lo siguiente. Primeramente, el carácter predominante de la actividad, según el tema de que trata o a la preparación que se requiere para efectuarla. Por ejemplo, decimos que es académica cuando la preparación requerida es un conocimiento general de la materia del curso; administrativa, cuando se trata sobre contabilidad, personal, organización, etc. No se señala el tipo de actividad cuando no requiere de preparación especializada. Posteriormente, se indican la información y la preparación que se necesitan para realizarla. Asimismo, se señalan criterios para la evaluación de la misma, qué datos deben registrarse como producto de la actividad, así como procedimientos que se requieren.

Se obtiene así un programa de actividades que, se espera, sea una guía para la administración eficaz del laboratorio.

S 1. Definición de los Objetivos del Laboratorio

Obj. 1. Determinar los objetivos del curso de laboratorio, criterios de evaluación para dichos objetivos, y niveles de desempeño deseados.

Esta actividad generalmente se pasa por alto o se realiza en forma incompleta. A veces se precisan algunos objetivos para el laboratorio, pero rara vez se proponen mecanismos para determinar en qué medida son alcanzados. O bien se definen objetivos pero no hay relación entre ellos y las actividades regulares del laboratorio.

A continuación señalamos las actividades para este subsistema.

A 1.1 Determinar los objetivos del laboratorio.

Algunos aspectos relacionados con esta actividad fueron mencionados en II.a. En II.b señalamos varios de los objetivos más comunes para el laboratorio. Pueden omitirse algunos o incluirse otros.

Una vez definidos los objetivos conviene jerarquizarlos de algún modo, i.e., señalar el grado de importancia que se les concede.

A 1.2 Detallar los objetivos escogidos.

Por ejemplo, si se pretende que los alumnos "aprendan a manejar ciertos aparatos y técnicas", especificar qué aparatos y técnicas se desea que conozcan. En el caso de "aprender a reportar un experimento", definir qué habilidades se

pretende que desarrollen (e.g.: "formular conclusiones", "descripción correcta del equipo y procedimiento experimental", "presentación de resultados experimentales", etc.) o, si se quiere que los alumnos aprendan a hacer los reportes en cierta forma, indicar las características de ésta.

A 1.3 Asignar criterios de evaluación para los objetivos.

Estrictamente, esta actividad forma parte del S 8.4 (A 8.4.2 y A 8.4.3) pero por su importancia se presenta aquí separadamente.

Se señaló en II.a que es importante determinar criterios de evaluación para los objetivos y, si es posible, establecer el nivel de actuación deseable para cada objetivo.

Frecuentemente los objetivos pueden utilizarse directamente como criterios de evaluación, aunque a veces se requiere definir criterios más específicos.

Por ejemplo, en relación con el objetivo "Optimar el uso de recursos materiales y humanos", algunos criterios podrían ser:

- ¿Cuántos alumnos aprueban el curso de laboratorio?
- ¿Qué tanta deserción hay?
- ¿Se realizan los experimentos que se tienen preparados?
- ¿Se aprovecha el equipo existente en el laboratorio? (i.e., ¿Hay equipo que no se usa o se usa muy poco?).

En cuanto al mecanismo de evaluación (ver S 8.4) para determinar si ocurre esta situación, la familiaridad con el movimiento en el laboratorio proporciona una indicación

sobre ello. Para tener una información más exacta, se requieren datos sobre la utilización del equipo (ver S 8.1), que pueden recolectarse en el curso de las actividades del S 6.

El que haya equipo que no se usa puede indicar que se compraron demasiadas réplicas del mismo equipo, o equipo que no es de interés, o que se desconoce su existencia o para qué o cómo usarlo.

Otros criterios de evaluación relacionados con el aprovechamiento de recursos se mencionan posteriormente en diversos subsistemas.

S 1. Evaluación (ver S 8.4)

Algunos criterios básicos de evaluación para este sub sistema son:

- ¿Se definieron los objetivos del laboratorio?
- ¿Se definieron parámetros o criterios de evaluación para los objetivos?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación
1.1 Determinar objetivos del laboratorio.	académica	Objetivos de la institución y del plan de estudios.	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos de la materia. - Conocimientos de pedagogía. - Experiencia en enseñanza de laboratorio.
1.2 Detallar objetivos.	académica		<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos de la materia. - Conocimientos de pedagogía. - Experiencia en enseñanza de laboratorio.
1.3 Asignar criterios de evaluación.	académica		<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos de pedagogía. - Experiencia en enseñanza de laboratorio.

S 2. Diseño o Selección de los Experimentos.

Obj. 2. Diseñar o seleccionar, de acuerdo a los lineamientos que se especifican a continuación, los experimentos que serán realizados en el laboratorio, obtener el equipo y el material necesarios para llevarlos a cabo, y elaborar los correspondientes instructivos⁺ para los alumnos.

Se requiere que:

- Los experimentos contribuyan a lograr los objetivos del laboratorio.
- Resulten de interés para los alumnos.
- No sean sobre temas obsoletos.
- Su grado de dificultad esté de acuerdo con la preparación de los alumnos.
- Formen un conjunto balanceado (i.e., que se cubran los diversos temas del curso).
- No se repitan los experimentos de cursos anteriores.
- Sea correcto el análisis presentado en los instructivos.
- Sean pedagógicos los instructivos.
- Sea factible obtener los resultados deseados del experimento, considerando la preparación de los alumnos y el equipo de que se dispondrá.
- El costo de montar el experimento sea razonable (de acuerdo con los beneficios esperados y las posibilidades del laboratorio).

⁺Estos instructivos son distintos a los instructivos del equipo. Los primeros se refieren a una guía para la realización del experimento, y los segundos contienen especificaciones de los aparatos e indicaciones para su manejo.

Este subsistema en general es descuidado. El conjunto de experimentos de un curso de laboratorio suele ser resultado de diversas circunstancias y casualidades, más que de un plan deliberado. No siempre se reconoce que el diseño de las prácticas es una actividad específica y diferente de la de impartir las clases de laboratorio. Frecuentemente, en especial en escuelas de nivel medio y medio-superior, los instructores de laboratorio no tienen la preparación ni el tiempo necesario para llevar a cabo esta labor.

Algunas de las fallas más frecuentes del programa de experimentos son: las prácticas tratan tópicos obsoletos, faltan temas de interés actual o son poco motivantes para los alumnos, se repiten experimentos de otros cursos, falta de balance (muchos experimentos sobre un tema y poco o nada de otros), etc.

Este subsistema lo vamos a dividir en los siguientes grupos de actividades:

- S 2.1 Determinar Lista de Temas.
- S 2.2 Proponer Experimentos Específicos.
- S 2.3 Prueba Piloto.
- S 2.4 Obtención de Equipo.
- S 2.5 Elaboración de Instructivos.

S 2.1 Determinar Lista de Temas

Obj. 2.1. Especificar una lista de temas sobre los cuales realizar experimentos, considerando los criterios señalados en el Obj. 2.

A 2.1.1 Escoger los temas en los que se quiera realizar experimentos, según el programa del curso, si es que el laboratorio está asociado a un curso de teoría, o según los lineamientos generales del curso de laboratorio, y de acuerdo a lo indicado en el Obj. 2.

Si el curso cubre varios tópicos, es conveniente señalar no sólo los temas generales, sino también los específicos. Por ejemplo, en un curso de física general, podría indicarse: Tema general: calor, tema específico: dilatación de sólidos.

También puede incluirse en la lista de temas el uso de ciertas técnicas o instrumentos.

Se debe considerar el número de sesiones disponibles y aproximadamente cuantos experimentos van a hacerse en el curso. También hay que tomar en cuenta si los estudiantes son de la misma carrera o especialidad, o no.

S 2.2 Proponer Experimentos Específicos.

Obj. 2.2. Describir experimentos específicos sobre los temas propuestos en S 2.1, considerando el Obj. 2, e indicando, para cada experimento: objetivos pedagógicos y técnicos, descripción del experimento, tipo de equipo necesario, y análisis que requiere el experimento.

Se debe definir si los experimentos van a ser demostrativos, realizados por el profesor o los alumnos, o cuantitativos, o de varios tipos.

Conviene aquí hacer una aclaración sobre los objetivos

del experimento. Cada experimento debe contribuir a alcanzar uno o varios de los objetivos del laboratorio (31). Por ejemplo, el objetivo puede ser que el alumno aprenda a manejar algún instrumento. A éste puede llamársele el objetivo pedagógico del experimento. Pero usualmente un experimento persigue otro objetivo más inmediato, como determinar algún parámetro, o verificar una teoría. A éste le llamamos el objetivo técnico del experimento.

A 2.2.1 Localizar fuentes de información sobre experimentos que puedan ser de interés.

Hay diversas posibilidades que pueden explorarse, varias de las cuales frecuentemente no se aprovechan. Por ejemplo: Revistas, especialmente las orientadas a la docencia, del área correspondiente (e.g., en el caso de física, *American Journal of Physics*, *Physics Teacher*; en el de química, *Journal of Chemical Education*, etc); libros sobre experimentos de laboratorio; tesis profesionales; catálogos publicados por fabricantes de equipo de laboratorio; registro de proposiciones de prácticas (ver sistema de información, 8.1).

En caso que el laboratorio no pueda adquirir los libros y revistas de su interés, es conveniente primeramente localizar una biblioteca a la que se pueda tener acceso, y en la que se encuentre el material requerido. Las bibliotecas de las universidades pueden ser un buen punto de partida.

Asimismo, es posible obtener información de otros laboratorios o instituciones similares.

A 2.2.2 Proponer o seleccionar un conjunto de experimentos específicos relacionados con los temas señalados en 2.1, con base en la experiencia y conocimientos propios, y en las fuentes de información localizadas en la actividad anterior.

Para cada experimento, efectuar las cinco actividades siguientes.

Indicar:

A 2.2.3 Los objetivos de laboratorio que se persiguen;

A 2.2.4 El tipo de equipo necesario;

A 2.2.5 El análisis que, por parte de los alumnos, requiere la práctica.

A 2.2.6 Elaborar un reporte que contenga la información resultante de las actividades 2.2.3 - 2.2.5.

A 2.2.7 Revisión del experimento propuesto (con base en el Obj. 2).

S 2.3 Prueba Piloto

Obj. 2.3: Determinar, por medio de una prueba del experimento, si se obtienen los resultados esperados, si el experimento está al alcance de los alumnos, y problemas que se presentan en el desarrollo del mismo. Elaborar un reporte de la prueba para referencia y decidir, con base en los resultados obtenidos, si se incorpora el experimento propuesto al conjunto de prácticas del laboratorio.

La prueba del experimento tiene los propósitos siguientes: a) Determinar si se obtienen los resultados esperados y qué precisión de los mismos es factible obtener, b) Ver si los alumnos tienen la habilidad y preparación

requeridas para realizarlo, c) Detectar dificultades inesperadas que podrían complicar o hacer poco conveniente la realización del experimento, tales como: gasto excesivo de algún recurso o material, uso de alguna sustancia de problemática adquisición, difícil observación del fenómeno, etc. Consideramos que a estos aspectos, en particular al punto (a), no se les ha dado la importancia debida.

Una vez hecha la prueba, se puede decidir, con base en los puntos anteriores, si se incorpora el experimento al conjunto de prácticas del laboratorio.

La prueba piloto es importante para evitar el malgasto de recursos en que a veces se incurre, cuando se adquieren réplicas de equipo que posteriormente no son usadas, al encontrarse que el experimento presenta problemas o inconvenientes para su realización.

A 2.3.1 Precisar equipo y material necesarios para el experimento, con sus especificaciones.

Las especificaciones deben incluir la sensibilidad y/o precisión que debe tener el equipo.

A 2.3.2 Determinar si se puede obtener el equipo requerido, cómo y dónde, costo y condiciones.

Primeramente se debe considerar la posibilidad de usar o modificar equipo existente en el laboratorio, para la prueba. En caso de que se requiera de equipo no disponible en el laboratorio, lo deseable es conseguirlo sin tener que hacer una compra definitiva, por lo que puede intentarse obtener el

equipo del proveedor por un periodo de prueba, o recurrir a un préstamo de equipo por parte de un laboratorio similar, o realizar la prueba en sus instalaciones. Cuando no sea posible efectuarla sin adquirir el equipo, pero se decide hacer la adquisición con base en la información disponible, examinar las distintas posibilidades existentes (ver A 2.4.2).

A 2.3.3 Seleccionar la mejor alternativa y obtener físicamente el equipo.

A 2.3.4 Realizar prueba, considerando los puntos (a), (b) y (c) mencionados anteriormente.

Hacer un reporte indicando: quién hizo la prueba y cuándo, objetivos del experimento, material y equipo necesario, resultados, conocimientos teóricos y análisis que se requieren, tiempo aproximado para desarrollar el experimento. El reporte podrá ser posteriormente de utilidad para los profesores de laboratorio, y como referencia acerca del experimento (ver sistema de información, 8.1) .

A 2.3.5 Decidir si el experimento propuesto se incorpora a las prácticas del laboratorio.

S 2.4 Obtención del Equipo.

Obj. 2.4. Obtener el equipo requerido para las prácticas.

A 2.4.1 Determinar cuántas réplicas del equipo para cada experimento se requieren.

A veces hay una cantidad insuficiente, y en otras excesiva, y por tanto desaprovechada, de réplicas del equipo para un experimento. El número óptimo dependerá de varios factores, entre ellos, el número de alumnos, y de si aplica el sistema en que todos los alumnos realizan en una sesión la misma práctica. Este sistema tiene sus ventajas pero impone una carga mayor en cuanto a la cantidad de equipo requerido.

A 2.4.2 Analizar las posibilidades existentes para la obtención del equipo.

Por ejemplo: diseño y construcción en talleres asociados al laboratorio, o en talleres externos pero con el diseño hecho en el laboratorio, o compra de equipo. En este último caso, una vez localizados los proveedores, examinar las condiciones que ofrecen considerando: cotización, calidad, tiempo de entrega, servicio, refacciones, garantía, etc., a fin de obtener las mejores condiciones posibles.

Otra posibilidad que frecuentemente se desaprovecha, principalmente por falta de información, es la de donaciones, a través de universidades, embajadas, fundaciones, algunas empresas, etc.

A 2.4.3 Seleccionar la alternativa más favorable y obtención del equipo.

Los trámites para autorizaciones y la obtención física del equipo pueden canalizarse a través de S 5.8 (Compras).

A 2.4.4 Recepción de equipo nuevo.

Es recomendable establecer un procedimiento para esta actividad. Se debe revisar si el equipo está completo, con todas sus partes y accesorios, instructivos, etc. y funcionar correctamente. En caso necesario, preparar un instructivo adecuado para los alumnos, en español, con la información más importante y procedimientos de seguridad. Hacer las anotaciones correspondientes en el registro de equipo (ver S 8.1). En caso de equipo construido expresamente, señalar en dicho registro sus especificaciones.

S 2.5 Elaboración de Instructivos.

Obj. 2.5: Elaborar los instructivos de las prácticas en forma que: a) se promuevan los objetivos del laboratorio, b) su nivel sea acorde con la preparación de los alumnos, c) sea correcta la información y el análisis que contienen, d) sean pedagógicos, e) señalen las medidas de seguridad que deben tomarse en el experimento.

Instructivos bien elaborados pueden contribuir en forma importante a alcanzar los objetivos del laboratorio. Este aspecto suele descuidarse. Los defectos más comunes que se encuentran en los instructivos son: a) poca claridad en la exposición, b) estilo "receta de cocina", i.e., se detallan todos los pasos por seguir, sin que el alumno comprenda el porqué de ellos, c) no motivan al alumno, d) el análisis que presentan es incorrecto.

Aunque frecuentemente se piensa que instructivo es sinónimo de "receta de cocina", esto no necesariamente debe ser así. Existen distintas formas y métodos de elaboración

de instructivos (ver, p.ej. (20,21)), pero aquí no vamos a profundizar en este tema. Sólo mencionaremos que, en nuestra opinión, el instructivo debe incluir los puntos siguientes: a) qué se pretende con el experimento (i.e., el objetivo técnico (ver 5 2.2)), b) efecto o fenómeno en que se basa el experimento, c) puntos finos de la práctica, sean conceptuales o experimentales, d) orientación sobre temas que se sugiere estudiar al alumno antes de efectuar la práctica (puede incluir preguntas específicas sobre el experimento), e) procedimientos de seguridad durante el experimento.

Los mismos alumnos pueden desarrollar algunos de los puntos anteriores, así como otros que no cubre el instructivo, p.ej.: número de repeticiones del experimento, valores de las variables independientes que se van a considerar, etc. Otros puntos que pueden incluirse en el instructivo son: material y equipo requerido, esquema del dispositivo experimental, tipo de resultados que se esperan, sesiones requeridas para la realización del experimento, etc.

En este subsistema también puede incluirse el revisar si los manuales del equipo que van a usar los alumnos les son accesibles. Puede ser necesario elaborar manuales en español, o más breves, o que enfatizen los procedimientos de seguridad, en caso de equipo delicado o que se descompone con frecuencia.

Algunas modalidades relevantes aquí son:

- ¿Los instructivos son por escrito o se comunican verbalmente?
- ¿Se usa un mismo formato para todos o no?

- ¿Qué tan detallado es el procedimiento que se señala a los alumnos?

Mientras mayor sea la madurez de éstos, se necesita especificar menos.

- ¿Se sigue un sistema de preparación previa al experimento o no?

Según este sistema, se entrega a los alumnos material escrito (p.ej., una serie de preguntas específicas relacionadas con el experimento, y que pueden ser parte del mismo instructivo) para que analicen y adquieran conocimientos sobre el experimento con anterioridad a su realización (p.ej., una semana antes).

- ¿Los instructivos son elaborados por los profesores de laboratorio o por la coordinación del mismo?

Aún en el caso de que haya varios profesores de laboratorio y éstos deseen instructivos diferentes (para una misma práctica), puede ser útil elaborar un instructivo tipo como guía.

A 2.5.1 Determinar formato (en caso de que se opte por que todos los instructivos tengan el mismo).

Consideramos conveniente desde el punto de vista pedagógico que los instructivos tengan un formato similar, que incluya los puntos mencionados en la página anterior.

A 2.5.2 Elaboración del instructivo, con base en el formato especificado y en los criterios indicados en el Obj 2.5. El reporte de la prueba (A 2.3.4) puede ser una referencia

útil.

A 2.5.3 Revisión del instructivo (con base en el Obj.2.5).

Incorporar el instructivo al registro correspondiente (ver sistema de información, 8.1).

A 2.5.4 Revisión de los manuales del equipo y, en su caso, elaboración de manuales adecuados.

S 2. Evaluación (ver S 8.4).

A continuación señalamos algunos parámetros o criterios de evaluación correspondientes a los subgrupos del S 2. La mayoría se basan en consideraciones pedagógicas y otros en el buen uso de los recursos (ver II.2). Los mecanismos para determinar dichos parámetros que probablemente más se usarán aquí son: encuestas o cuestionarios a los instructores, a los alumnos y a los profesores de los cursos correspondientes de teoría, así como el análisis de información específica (ver S 8.4). Se indican los mecanismos sugeridos (M) en algunos casos.

S 2.1 Determinar Lista de Temas.

- ¿No son temas obsoletos?
- ¿Son de interés para los alumnos?
- ¿Es factible realizar experimentos en esos temas?
- ¿Hay tópicos importantes para el curso que no se cubren?

S 2.2 Proponer Experimentos Específicos.

- ¿El experimento es de interés para los alumnos?
- ¿No repite experimentos de un curso anterior?
- ¿Contribuye a los objetivos del laboratorio?
- ¿Los alumnos tienen la capacidad para realizarlo y analizarlo?
- En caso de requerirse equipo costoso, ¿se justifica el costo con los beneficios que se esperan?

S 2.3 Prueba Piloto.

- ¿Se realizó la prueba (incluyendo las actividades 2.3.1

a 2.3.4) en un plazo razonable?

- ¿Es confiable el resultado de la prueba?

M: Una posibilidad es la de repetirla, de preferencia con otro experimentador.

- ¿Se usó la mejor opción para conseguir el equipo?

M: Este punto es difícil de establecer. Posiblemente el mecanismo más adecuado sea mediante la opinión de una persona experimentada en esta actividad.

S 2.4 Obtención del Equipo.

- ¿Se escoge la mejor opción entre las posibilidades existentes? En particular, ¿se analiza la posibilidad de usar equipo existente antes de adquirir nuevo?

M: Aquí se aplica el mismo comentario que se hizo en el punto anterior.

- ¿Es adecuada la calidad del equipo?

M: Puede ser útil recurrir a la información sobre descomposturas y fallas de equipo (ver S 8.1).

- ¿Se verifica que el equipo funcione correctamente y esté completo?

- ¿Se determinan los procedimientos de seguridad y de mantenimiento del equipo al adquirirse éste?

- ¿Se tiene el número adecuado de réplicas del equipo? ¿Hay equipo que no se esté utilizando?

M: Es conveniente disponer de información sobre la utilización del equipo (ver S 8.1).

- ¿Se consigue el equipo en un plazo razonable?

S 2.5 Elaboración de Instructivos.

- ¿Proporcionan una orientación adecuada para el desarrollo de la práctica?
- ¿Promueven los objetivos del laboratorio (S-1)?
- ¿Son acordes con la preparación de los alumnos?
- ¿La información y el análisis que contienen son correctos?

R: Es conveniente recurrir a la revisión del instructivo por una persona preparada.

- ¿Señalan las medidas de seguridad que deben tomarse?
- ¿Son accesibles los manuales del equipo para los alumnos?

Actividad	Tipo de activ.	Información requerida	Preparación	Registrar Procedimientos
2.1.1 Escoger temas	Académica	<ul style="list-style-type: none"> -Programa del curso -Objetivos del laboratorio (A 1.1) -Num. aprox. de experimentos que se harán en el curso. -Instrumentos y técnicas estudiados en cursos anteriores (para no repetir). 	<ul style="list-style-type: none"> -Conocimiento de la materia -Algo de experiencia en el laboratorio. -Estar al tanto de avances en la materia. 	Lista de temas
2.2.1 Localizar fuentes de información	Académica-administrativa		<ul style="list-style-type: none"> -Saber hacer una búsqueda bibliográfica -Conocimientos de inglés 	
2.2.2 Selección de experimentos	Académica	<ul style="list-style-type: none"> -Lista de temas (A 2.1.1) -Info. generada en A 2.2.1 -Objetivos del laboratorio (A 1.1) -Experimentos de otros cursos (para no repetir) -Nivel de alumnos (temas que han estudiado) 	<ul style="list-style-type: none"> -Conocimiento de la materia -Conocimientos de instrumentación y técnicas de laboratorio. 	

Actividad	Tipo de act.	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
2.2.3 Indicar objetivos de laboratorio seguidos	Académica	Objetivos del laboratorio (A 1.1)	-Conocimiento de la materia -Conocimientos de pedagogía -Experiencia en el laboratorio		
2.2.4 Indicar tipo de equipo requerido	Académica		-Conocimientos de instrumentación y técnicas de laboratorio.		
2.2.5 Indicar análisis que requiere el experimento	Académica		-Conocimiento de la materia		
2.2.6 Elaborar reporte	Académica		-Conocimiento de la materia	Reporte	
2.2.7 Revisión del experimento	Académica	Misma que para A 2.2.2	-Conocimientos de la materia -Conocimientos de instrumentación		
2.3.1 Determinar equipo y material necesario	Académica	Información generada en A 2.2.2 y 2.2.4	-Conocimientos de instrumentación -Experiencia en laboratorio		

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
2.3.2 Cómo y dónde obtener el equipo	Administrativa	-Equipo existente en el laboratorio -Información sobre proveedores y fabricantes -Información sobre equipo existente en otros laboratorios de la institución			
2.3.3 Obtención de equipo	Administrativa	-Información generada en A 2.3.2		Datos del equipo	Para equipo nuevo
2.3.4 Prueba del experimento y reporte	Académica	-Instructivos o especificaciones del equipo	-Conocimientos de la materia -Experiencia de laboratorio	-Reporte de la prueba -Tiempo transcurrido (de A 2.3.1 a A 2.3.4)	
2.3.5 Decidir si incorporar experimento al laboratorio	Académica	-Reporte prueba (A 2.3.4) -Nivel preparación alumnos -Costo equipo (A 2.3.3)			Sobre incorporación de nuevas prácticas
2.4.1 Determinar número de réplicas	Administrativa	-Número de equipos de alumnos -Sobre utilización del equipo			

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
2.4.2 Analizar posibilidades de adquisición	Administrativa	Sobre proveedores y fabricantes, y posibles donantes			
2.4.3 Obtención equipo	Administrativa	Información generada en A 2.4.2			
2.4.4 Recepción equipo nuevo	Administrativa-técnica		-Conocimientos de instrumentación y experiencia en el laboratorio -Conocimientos de inglés	Datos del equipo	Recepción equipo nuevo
2.5.1 Determinar formato instructivos	Académica		-Experiencia en clases de laboratorio -Conocimientos de pedagogía		
2.5.2 Elaboración instructivos	Académica	-Objetivos de laboratorio -Reporte de la prueba del experimento (A 2.3.4) -Manuales del equipo -Procedimientos de seguridad en el uso del equipo	-Conocimientos de la materia -Experiencia en clases de laboratorio -Conocimientos de pedagogía		
2.5.3 Revisión instructivos	Académica	Objetivos de laboratorio	-Conocimiento de la materia -Experiencia en clases de laboratorio -Conocimientos de pedagogía	Instructivo	

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
2.5.4 Revisión de manuales	Académica		-Conocimientos de instrumentación -Experiencia en clases de laboratorio -Conocimientos de inglés		

S 3. Plan de Seguridad

Obj. 3: Diseñar e implantar un plan de seguridad con objeto de: a) evitar accidentes en el laboratorio, b) estar preparados para los que llegaran a ocurrir, c) evitar pérdidas de equipo.

A 3.1 Determinar los riesgos existentes y el tipo de accidentes que pudieran presentarse.

Deben analizarse riesgos y accidentes a personas y a equipo. Estos van a depender del tipo de laboratorio de que se trate. Así, laboratorios de química, de electricidad, de óptica, etc. presentarán situaciones distintas.

Puede requerirse de información especializada para esta actividad (p.ej.: una sustancia puede ser tóxica en cierta forma, o a partir de cierta concentración, o periodo de exposición a ella, etc.). Guy (15) describe ciertos tipos de riesgos (explosión de vidrio, radiación, mercurio, etc.). Ver también (22).

A 3.2 Establecer las precauciones que deben tomarse.

Se trata aquí de neutralizar los riesgos previstos en A 4.1. También puede ser necesaria información especializada y/o asesoría para efectuar esta actividad. Las precauciones más comunes se referirán a: a) procedimientos apropiados en el uso de material y equipo, b) equipo de protección (p.ej., guantes, goggles, etc.), c) estado del equipo y material (p.ej., conexiones eléctricas, cables, en buen estado), d) equipo e instrumental apropiado para

el manejo de ciertos materiales (e.g.: recipientes adecuados para almacenar sustancias riesgosas).

Los procedimientos mencionados en (a) se refieren tanto a aparatos específicos, como a recomendaciones de tipo general (p.ej., solidez de los montajes, apagar aparatos antes de conectarlos, etc.).

Para que el plan de seguridad sea verdaderamente efectivo se requiere, aparte del conocimiento de los riesgos especializados, que esté integrado a las actividades del laboratorio en general, y que todo el personal contribuya a él. Para lograr esto, es fundamental fomentar una conciencia sobre la seguridad por parte del personal en su conjunto, y en especial de los alumnos, y que se evite la negligencia y el descuido en todas las facetas del trabajo. Por ejemplo, en lo que a los alumnos se refiere, puede pedírseles, como parte de la preparación de la práctica, que analicen los riesgos que presenta un experimento y las precauciones que deben tomarse para evitarlos.

Si se piensa que las pérdidas de equipo pueden constituir un problema, también deberán revisarse las medidas relacionadas con la seguridad del almacén, personal autorizado para entrar en el mismo, préstamo de equipo, etc.

A 3.3 Determinar cómo proceder en caso de ocurrir un accidente.

Considerando los riesgos existentes (3.1), analizar la respuesta para casos de accidente, a fin de minimizar los efectos del mismo. Las acciones por efectuar típicamente

requieren de personal capacitado y equipo para emergencias (materiales de primeros auxilios, extinguidores, etc.). Asimismo, disponer de la información relevante para estos casos (e.g.: números telefónicos y localización de servicios médicos cercanos).

Se deben registrar los accidentes que ocurran, indicando los datos relevantes.

A 3.4 Obtener los equipos de protección (A 3.2) y de emergencia (A 3.3), y determinar la frecuencia con que deben revisarse.

Seguir el procedimiento establecido en 8.5.8 (Compras).

A 3.5 Efectuar la capacitación de personal con las características requeridas en A 3.3.

Un ejemplo es la capacitación en primeros auxilios.

Es importante que la capacitación la obtenga personal que usualmente se encuentre cerca del área donde pueden ocurrir los percances. Si puede capacitarse a más de uno, mejor. Debe estimularse este tipo de preparación entre el personal (ver A 8.5.6).

A 3.6 Informar al personal indicado, principalmente alumnos y profesores de laboratorio, de un extracto de las actividades 3.1, 3.2 y 3.3. En el caso de aquellos que no tengan la preparación para enfrentarse directamente a un percance, indicarles a quién dirigirse en caso de ocurrir éste.

Es recomendable incluir la información de las actividades mencionadas en el manual de alumnos, en caso de haberlo (ver S 4), o bien, preparar un folleto con dicha información. Los procedimientos de seguridad directamente relacionados con experimentos específicos, mencionarlos en los instructivos correspondientes (S 2.5)

También es importante que los procedimientos sugeridos (A 3.2) no sólo sean recomendados verbalmente, sino mostrados mediante el ejemplo de los profesores.

A 3.7 Efectuar periódicamente revisiones de los equipos de protección (A 3.2) y emergencia (A3.3), así como de las condiciones de seguridad del equipo de laboratorio.

El último de los puntos mencionados puede incluirse en la revisión del equipo considerada en S 5.4.

Asimismo, revisar periódicamente el plan de seguridad.

S 3. Evaluación (ver S 8.4)

Algunos criterios para la evaluación son:

- ¿Hay un plan de seguridad?
- ¿Se analizaron los riesgos existentes en el laboratorio?
- ¿Hay el equipo de protección necesario?
- ¿Existe el equipo de emergencia requerido para el caso de ocurrir un accidente?
- ¿Se revisa periódicamente dicho equipo?
- ¿Existe personal capacitado, que se encuentra en, o cercano a, el área de laboratorio, que sepa cómo proceder en caso de accidente?
- ¿Reciben los alumnos información sobre las precauciones que deben tomar en el manejo del equipo y los procedimientos de laboratorio?
- ¿Conocen los instructores los procedimientos de seguridad?
- ¿Se revisa periódicamente el equipo de laboratorio en lo referente a sus condiciones de seguridad?
- ¿Se lleva un registro de los accidentes?
- ¿Se están evitando los accidentes?
- ¿Hay pérdidas de equipo?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
3.1 Determinar riesgos y accidentes posibles	Académica-técnica	-Experimentos existentes -Material y equipo existente -Información ad-hoc	-Amplia experiencia en el laboratorio	Conclusiones de la actividad	
3.2 Precauciones	Académica-técnica	-Información generada en A 3.1 -Información ad-hoc	-Amplia experiencia en el laboratorio	Conclusiones de la actividad	
3.3 Respuesta casos accidente	técnica	-Información generada en A 3.1	-Experiencia en el laboratorio -Preparación ad-hoc		
3.4 Obtener equipo de protección	Administrativa	-De A 3.2			
3.5 Efectuar capacitación	Técnica	-De A 3.3	Ad-hoc	A quién se impartió	
3.6 Informar a personal	Comunicación	-Información generada en A 3.1, A 3.2 y A 3.3			
3.7 Revisión equipo protección, emergencia y de laboratorio	Técnica	-Información generada en 3.2 y 3.3	Cierto conocimiento del equipo que se va a revisar	Resultado de la revisión	

S 4. Instrucciones Generales.

Obj.4: Informar al personal del laboratorio y, especialmente, a los alumnos, sobre sus funciones, forma de trabajo, procedimientos y, en general, sobre aquello que les permita tener un rendimiento más efectivo en el laboratorio y contribuir a los objetivos de éste.

A fin de que los alumnos y las personas asociadas al laboratorio puedan lograr su mejor desempeño, es importante que cada uno sepa los objetivos que se persiguen, qué se espera de él, y qué puede hacer para contribuir al mejor funcionamiento del laboratorio, cómo está organizado éste, etc.

Que esta actividad se dirija especialmente a los alumnos se debe a que, por lo general, son el elemento humano dentro del laboratorio que se renueva con mayor frecuencia y en forma periódica. Sin embargo, para el buen funcionamiento del laboratorio, no sólo los alumnos sino todo el personal relacionado con el laboratorio, debe recibir la información apropiada.

En las instrucciones para los alumnos se sugiere tocar los puntos siguientes:

1. Objetivos del laboratorio (ver S 1).
2. Elementos del método experimental.

Un problema serio que se presenta con frecuencia es que los alumnos no tienen una preparación adecuada en aspectos básicos del procedimiento experimental, p.ej.: cómo

analizar un experimento, fuentes de error, presentación de una tabla de datos, propagación de errores, cómo llevar un cuaderno de laboratorio, etc.

Lo ideal es que los alumnos hayan llevado, previamente al ingreso al laboratorio, un curso sobre estos temas. De no ser así, es recomendable que, dentro del curso de laboratorio, se dediquen una o varias sesiones, según la disponibilidad, para presentar una introducción a dicho tema, complementada con material de referencia para estudio. Esta solución no va a sustituir plenamente a un curso en forma, pero contribuirá a remediar las deficiencias más notorias de los alumnos.

3. Sobre la forma de trabajo en el laboratorio.

Se tratan puntos como el número de experimentos que se van a realizar, el tiempo asignado para los mismos, el tipo de instructivos que se usarán, si la investigación sobre los experimentos se iniciará con anterioridad a su realización, si se va a trabajar en equipo, etc.

4. Procedimientos de seguridad, y recomendaciones para el trabajo de laboratorio.

En el S 3 se analizó el aspecto de la seguridad. Aquí se comunica a los alumnos un resumen de los procedimientos y las medidas sugeridos. Asimismo, recomendaciones tendientes a conservar las instalaciones en buen estado, y a evitar el desperdicio innecesario de recursos (materiales de laboratorio, agua, combustible, etc.)

5. Reporte del experimento.

Usualmente se pide a los alumnos que elaboren un reporte del experimento realizado. Dicho reporte puede ser de distintas formas: de formato libre, con un formato general para todos los experimentos, reporte en el que se pide la contestación de preguntas específicas para cada experimento, etc. En caso de optarse por un formato general, especificar éste. Por ejemplo, partes típicas de un reporte son:

- Objetivo
- Resumen
- Teoría
- Procedimiento experimental
- Datos experimentales
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones

6. Referencias y bibliografía.

Relacionadas con diversas facetas del laboratorio y que sean de utilidad e interés para los estudiantes.

7. Información disponible en el laboratorio.

Indicar a los alumnos qué información hay disponible en el laboratorio, y cómo consultarla. P.ej.: experimentos que se pueden hacer, equipo existente, instructivos, etc.

8. Forma de evaluación del trabajo de los alumnos.

9. Funciones de los alumnos y procedimientos de interés para ellos.

Los alumnos pueden contribuir en forma significativa a la mejora del laboratorio. Por ello es importante indicarles a quien pueden dirigirse para reportar fallas que detecten, o presentar alguna sugerencia, y en qué forma hacerlo.

Procedimientos de interés para los alumnos pueden ser los relacionados con el trabajo fuera de clase, el préstamo de equipo, la responsabilidad en casos de rotura o descompostura por negligencia, qué hacer en casos de descompostura de equipo, de falta de material o material inadecuado, etc. Asimismo, indicar a los alumnos evaluaciones en que participarán, cómo está organizado el laboratorio y la forma de comunicación entre los alumnos y los demás integrantes del laboratorio.

Las actividades de este subsistema pueden definirse así:

A 4.1 Preparación del contenido de las instrucciones generales.

Si, p.ej., se siguen los puntos 1-9 que hemos mencionado, varios se tratan en otros subsistemas (objetivos, seguridad, procedimientos, etc.) por lo que esta actividad se simplifica.

A 4.2 Impartir las instrucciones.

En el caso de los alumnos, puede prepararse un folleto o manual que contenga la información relevante.

S 4. Evaluación (ver S 8.4).

- ¿Se imparten las instrucciones generales?
- ¿Conocen los alumnos los objetivos de laboratorio?
- ¿Saben los alumnos qué información de interés para ellos hay disponible?
- ¿Conocen los alumnos los procedimientos de interés para ellos?
- ¿Es adecuada la preparación de los estudiantes en las bases del método experimental?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
4.1 Preparar instrucciones	Pedagógica-académica	Información generada en subsistemas 1,3, 8.1 y 8.2	<ul style="list-style-type: none"> -Conocimientos de pedagogía -Conocimientos de procedimientos experimentales -Experiencia en el laboratorio 		
4.2 Impartir instrucciones	Comunicación	Información generada en A 4.1	<ul style="list-style-type: none"> -Experiencia en el laboratorio 		

S 5. Instalaciones, Equipo y Material.

Obj. 5: Que se disponga de instalaciones adecuadas, y del equipo y material, completo y en buen estado, que se requiere para los experimentos.

Los problemas de falta de material, equipo incompleto o descompuesto, son de los más comunes que se presentan en los laboratorios de docencia en nuestro medio. Dificultan el proceso de aprendizaje y ocasionan desperdicio de recursos. Para hacer frente a estos problemas agrupamos las actividades de este sistema como sigue:

- S 5.1 Instalaciones.
- S 5.2 Almacenaje.
- S 5.3 Existencia de Material.
- S 5.4 Estado del Equipo.
- S 5.5 Mantenimiento Preventivo.
- S 5.6 Limpieza.
- S 5.7 Reparación.
- S 5.8 Compras.

S 5.1 Instalaciones.

Obj. 5.1 Disponer de las instalaciones y la infraestructura necesarias para trabajar en el laboratorio en forma efectiva y segura.

Nos referimos aquí a elementos tales como: mesas adecuadas de trabajo, instalaciones eléctricas e hidráulicas ,

iluminación apropiada, mobiliario para almacenar el equipo, etc., que cumplan con los requisitos necesarios de funcionalidad y seguridad.

Mencionamos el tema de las instalaciones por completitud pero, como señalamos en la Introducción, no profundizaremos aquí en este aspecto. La solución a deficiencias de instalaciones, a menos que se trate de problemas menores, usualmente trasciende a las posibilidades del personal de laboratorio, aunque sí está a su alcance el determinar si las facilidades disponibles son adecuadas y señalar sus deficiencias.

Las referencias (9,15,23) tratan con mayor extensión este tema.

A 5.1.1 Revisar las instalaciones disponibles, y señalar sus deficiencias.

El propósito de indicar las deficiencias es, desde luego, que sean posteriormente corregidas, aunque esto en general ya no estará dentro del radio de acción de la organización del laboratorio.

Es conveniente que la revisión se haga periódicamente.

S 5.2 Almacenaje.

Obj. 5.2: Usar un sistema de almacenaje adecuado a las características y al uso del equipo y el material, a fin de evitar deterioros de éstos, y de localizar con facilidad los

objetos deseados.

Algunos problemas que se presentan en relación con este aspecto son: No hay instalaciones, mobiliario o equipo adecuados para el almacenaje, por lo que los objetos sufren deterioro por causa de polvo, golpes, humedad, etc.; los objetos se almacenan sin orden y no se encuentran al necesitarse, etc.

A 5.2.1 Determinar un sistema para almacenar el equipo y el material, así como herramientas, instructivos y otros objetos relacionados con el laboratorio (catálogos, libros, documentación, etc.) Definir también los requerimientos de mobiliario, contenedores, recipientes, equipo de protección, etc., para el almacenaje adecuado de los objetos del laboratorio.

Aquí se define si se va a seguir algún sistema u orden determinado para almacenar el equipo y el material. Es conveniente tener secciones reservadas para equipo que debe revisarse, así como para equipo que requiere reparación. Puede ser útil marcar los estantes, gavetas, etc. para facilitar la localización de los objetos. Si existen varias réplicas de un aparato, es conveniente marcar cada una para diferenciarlas. Para más información sobre este tema, ver (15).

Si existe una cantidad sustancial de material y equipo, es conveniente registrar por escrito el sistema que se vaya a seguir para almacenarlos, para el caso de falta del almacenista.

Se debe determinar qué equipo o material, debido a su

costo, fragilidad, etc. requiere de protección especial. En particular, las sustancias tóxicas, corrosivas, etc. deben recibir un tratamiento adecuado, tanto en su almacenaje como en su manejo.

A 5.2.2 Obtener el mobiliario y equipo determinado en la actividad anterior.

Seguir el procedimiento indicado en S 5.8 .

A 5.2.3 Implementar el sistema definido en A 5.2.1 .

S 5.3 Existencia de Material.

Obj. 5.3: Que se disponga, al necesitarse, del material adecuado para realizar las prácticas.

La falta de material es uno de los problemas que con más frecuencia se presentan. Puede deberse a varias razones, p.ej., el no detectar la falta del material oportunamente, sistema de compras deficiente, etc.

El problema de mantener existencias adecuadas de material en un laboratorio es similar al que se presenta en una fábrica, en la que también se necesita disponer de un nivel determinado de componentes y materias primas para el proceso de manufactura. En el estudio de la administración de empresas se han desarrollado sofisticadas técnicas de control de inventarios para mantener, con un costo mínimo, un nivel adecuado de existencias (24,25). Sin embargo, en el laboratorio de docencia, a diferencia de una empresa, el

costo de los materiales consumidos es en general una pequeña fracción de los gastos totales, por lo que no será necesario usar las técnicas más sofisticadas de control de inventarios y bastará con utilizar algunos conceptos sencillos para tener un nivel de existencias apropiado.

A 5.3.1 Estimar la demanda o consumo de los diversos materiales (i.e., cantidad requerida en un lapso de tiempo). Determinar para cada uno el "nivel de escasez" o "cantidad mínima", que indica, al ser alcanzado, que debe hacerse un resurtido. Estimar el tiempo de reposición para cada material (i.e., el tiempo que tarda en obtenerse, a partir de la solicitud del material).

El nivel mínimo debe ser, por lo menos, igual al producto del tiempo de reposición por la demanda.

Es conveniente llevar un registro de los materiales (ver S 8.1) en el que se asienten las cantidades mencionadas (demanda, nivel mínimo, tiempo de reposición), así como otros datos relevantes (precio, información sobre proveedores, etc.)

Al estimar el consumo de los materiales, deben incluirse aquellos que sin ser propiamente consumidos, requieren reponerse por el desgaste que experimentan.

A 5.3.2 Determinar el sistema de reorden que se va a seguir.

Por ejemplo, si se va a hacer en tiempos fijos (e.g., cada mes) o por cantidades fijas. Por otra parte, ¿se va a

requerir que el laboratorio esté permanentemente surtido de todos los materiales, o que se consigan éstos solamente cuando se vayan a usar? La segunda opción, que requiere de una organización más elaborada, es necesaria para materiales de rápido deterioro.

A 5.3.3 Detectar cuándo se llega al nivel mínimo de un material.

Si se lleva un inventario o registro de existencias del material, puede realizarse esta actividad por medio de la revisión del registro. Otra posibilidad es por medio de revisiones físicas periódicas, o por el sistema de reservas, que consiste en tener una existencia o "stock" normal y otra de reserva para cada material (no es necesaria la separación física, un señalamiento puede bastar). Al acabarse la primera, es indicio de que se requiere la reposición.

Para el material que experimenta desgaste, es conveniente la revisión periódica.

A 5.3.4 Pedido y compra de los materiales.

Ver S 5.8.

A 5.3.5 Recepción del material.

Corroborar que el material recibido tenga las características especificadas.

S 5.4 Estado del Equipo.

Obj. 5.4: Detectar descomposturas de equipo y partes o

instructivos faltantes; conocer el estado real del equipo. Corregir deficiencias.

Frecuentemente se ignora el estado real del equipo del laboratorio y qué aparatos están descompuestos o inservibles. Más aún, nos encontramos con que no se sabe qué equipo hay en el laboratorio, o bien para qué o cómo usarlo, pues el personal que lo adquirió ha dejado el laboratorio y no se dispone de los instructivos y especificaciones correspondientes.

Por lo anterior, es conveniente realizar revisiones periódicas del equipo.

A 5.4.1 Definir la frecuencia de las revisiones y en qué van a consistir.

Los puntos básicos son: a) Determinar si el equipo funciona correctamente, b) si está completo, c) si no presenta riesgos de seguridad (e.g.: cables eléctricos expuestos), d) si se tienen los instructivos y especificaciones correspondientes, e) si no hay equipo faltante (e.g.: equipo prestado y no devuelto). Asimismo, notar en qué casos se desconoce cómo o para qué utilizar algún aparato. Aún el equipo construido internamente debe contar con sus especificaciones (e.g., plano del diseño, materiales usados en su construcción, etc.).

La verificación de la calibración puede incluirse aquí o en S 5.5 .

A 5.4.2 Realizar revisiones periódicas del equipo (según

A 5.4.1).

Es conveniente hacer un reporte del resultado de la revisión. Asimismo, es deseable que exista un registro del equipo (ver S 8.1) en el cual anotar las fallas encontradas en los aparatos. El mismo registro también podrá indicar en qué experimentos se usa cada aparato.

A 5.4.3 Reponer o elaborar instructivos, especificaciones y partes faltantes.

Para el equipo descompuesto, ver S 5.7.

Puede darse el caso de que, aún existiendo el manual o instructivo, este sea poco accesible para los alumnos, por lo que será necesario elaborar un instructivo simplificado, o en español o, en el caso de equipo que se descompone con frecuencia, que enfatice las precauciones que deben tomarse.

S 5.5 Mantenimiento Preventivo.

Obj. 5.5: Mediante un programa de mantenimiento periódico, conservar el equipo en buen estado y prolongar su vida útil.

En el departamento de producción de las empresas manufactureras, el programa de mantenimiento de maquinaria es de la mayor importancia. Dicho programa evita o minimiza la suspensión de actividades por fallas de la maquinaria, así como las pérdidas consiguientes. Asimismo, si no se detecta y se repara un desperfecto pequeño, probablemente habrá que incurrir después en un gasto mucho mayor.

Estas ideas sobre el mantenimiento preventivo también

son aplicables en el contexto de los laboratorios, aunque no revistan el mismo grado de importancia que para las empresas manufactureras, en que el equipo es principalmente de tipo mecánico y de uso intensivo. Aún así, consideramos que el mantenimiento preventivo del equipo de laboratorio redundará en un mejor aprovechamiento de los recursos, al disminuir tanto los gastos de reparación, como el tiempo perdido por causa de fallas imprevistas del equipo.

En el mantenimiento preventivo son típicas las operaciones de limpieza y, para aparatos mecánicos, de lubricación. También es conveniente incluir en el programa de mantenimiento la calibración de los aparatos, ya que es frecuente en los laboratorios encontrar equipo sin la calibración adecuada.

A 5.5.1 Determinar qué equipo va a requerir mantenimiento, de qué tipo y con qué frecuencia; en su caso, materiales que vayan a necesitarse. Con base en esto, elaborar un plan de mantenimiento preventivo. Determinar si se puede llevar a cabo internamente.

Es posible incluir en el programa de mantenimiento al mobiliario e instalaciones, aunque frecuentemente esto cae fuera del ámbito del personal del laboratorio.

A 5.5.2 Llevar a cabo el programa definido en A 5.5.1.

Indicar, en el registro de equipo, las operaciones efectuadas.

S 5.6 Limpieza.

Obj. 5.6: Que estén limpios equipo e instalaciones.

Nos encontramos con frecuencia con el problema de mesas, estantes y equipo que se encuentran sucios, así como con la falta de materiales de limpieza.

En estas condiciones puede ocurrir lo siguiente:

- El trabajo es desagradable y desmotivante para el alumno.
- Alteración de los resultados del experimento.
- Deterioro del equipo.

A 5.6.1 Determinar la frecuencia con que se debe realizar la limpieza del equipo, así como el equipo que precisa de tratamiento especial, y materiales necesarios al efecto. Obtener dichos materiales mediante el S 5.8 .

A 5.6.2 Realizar las actividades señaladas en 5.6.1.

Es importante el manejo cuidadoso del equipo en el curso de esta actividad.

S 5.7 Reparaciones.

Obj. 5.7: Que el equipo descompuesto sea reparado adecuadamente, en un plazo y a un costo razonables.

El aspecto de las reparaciones es uno de los más problemáticos en nuestro medio.

Algunos problemas típicos son:

- No se marca y/o se separa el equipo descompuesto, por lo que no se sabe qué aparatos se encuentran en este

estado.

- Existe una cantidad excesiva de equipo descompuesto.
- No hay quien se encargue de las composturas.
- No hay fondos para las reparaciones.

A 5.7.1 Detección de la descompostura.

Lo más común es que la descompostura se detecte al estar usando el equipo o intentar hacerlo o durante una revisión periódica. Cuando esto suceda, es importante reportar el hecho a quien corresponda, precisando el problema y aparato de que se trata, a fin de que se revise éste y se tomen las medidas necesarias para su reparación. Es recomendable marcar el equipo descompuesto de alguna forma, indicando el tipo de problema, y separándolo del resto.

A 5.7.2 Revisión.

A veces, una aparente falla del equipo se debe al desconocimiento de su manejo, por lo que aquí se trata de establecer si el aparato realmente sufre una descompostura, y de qué tipo es ésta. Una vez determinado lo anterior, indicar en el registro de equipo (ver S 8.1) el problema y causa probable. Este tipo de información es útil para detectar descomposturas frecuentes o uso descuidado del equipo.

A 5.7.3 Estimar costo de reparación.

Determinar si la reparación se puede hacer internamente o se debe realizar fuera del laboratorio. En este último caso se requiere localizar a proveedores del servicio.

Estimar el costo de la compostura.

A 5.7.4 Determinar si se va a hacer la reparación y dónde.

En función del costo estimado de la reparación y del precio y la utilidad del equipo, decidir si es conveniente realizar la reparación.

Para el envío del equipo, recolección y pago, usar el mecanismo establecido en S 5.8.

A 5.7.5 Revisión.

Revisar si el equipo fue reparado correctamente.

S 5.8 Compras.

Obj. 5.8: Comprar los materiales y el equipo requeridos. Que tengan las especificaciones señaladas y se consigan a un costo y en un tiempo razonables.

Un buen sistema de compras es esencial para que haya existencias adecuadas de materiales. El aspecto de las compras es similar al que se presenta en las empresas comerciales. Tanto en éstas como en los laboratorios se busca obtener los materiales adecuados con oportunidad y en condiciones favorables.

Los problemas más frecuentes con este sistema son lentitud excesiva en la obtención de los artículos, así como adquisición de material inadecuado (i.e., que no se conforma a las características requeridas).

A 5.8.1 Verificar que el artículo solicitado: a) efectivamente no lo haya, o esté al nivel mínimo, b) no esté ya pedido. Si el costo es sustancial ver, además, si no se tiene acceso a él en otra forma (p.ej., préstamo de otro laboratorio).

A 5.8.2 Localización de proveedores de materiales o equipo, o de servicios.

A 5.8.3 Determinar características de los materiales disponibles con los distintos proveedores, así como precios y otras condiciones (de pago, descuentos, servicio, garantía, tiempo de entrega, etc.).

A 5.8.4 Seleccionar entre las alternativas.

Tomar en cuenta las experiencias previas con los proveedores.

A 5.8.5 Hacer pedido; recoger, en su caso; pago.

A 5.8.6 Revisión de los artículos recibidos.

S 5. Evaluación (ver S 8.4).

Indicamos los criterios de evaluación para los subgrupos de S 5. Los mecanismos más apropiados para realizar la evaluación son: encuestas a profesores y/o alumnos, revisiones directas, consultas con las personas involucradas, así como revisión de información específica. Para ejemplificar, se indica el mecanismo sugerido (M) en algunos casos.

S 5.1 Instalaciones.

- ¿Son funcionales?
- ¿Son adecuadas desde el punto de vista de seguridad?

S 5.2 Almacenaje.

- ¿Hay deterioro del equipo por deficiencias en su almacenaje?
- ¿Son adecuadas las instalaciones, el mobiliario y el equipo para el almacenaje del material y los aparatos?
- ¿Se guarda el material en forma satisfactoria para su manejo? (E.g., en caso de líquidos, en recipientes apropiados).
- ¿Se localizan los objetos con facilidad?
- ¿Se encuentran los objetos en el lugar que les corresponde?

M: Revisión directa.

S 5.3 Existencia de Material

- ¿Falta material que se requiere para los experimentos frecuentemente?

M: Revisión de los reportes de falta de material (ver S 8.2).

- ¿Tiene el material la calidad y las características requeridas y está en buen estado?
- ¿Hay materiales en cantidades excesivas o que no se usan?

M: Con base en los registros de las existencias de material (ver S 8.1).

S 5.4 Estado del Equipo.

- ¿Se encuentra frecuentemente el equipo que se desea usar descompuesto o en mal estado?

M: Basado en reportes de equipo descompuesto (ver S 8.2).

- ¿Se encuentra con frecuencia que falta equipo que se desea utilizar, o que faltan partes o accesorios del mismo?

M: De reportes de falta de equipo.

- ¿Hay pérdidas de equipo?
- ¿Se conoce el estado real del equipo? (I.e., qué está en buen estado, qué no).
- ¿Se dispone de instructivos y especificaciones del equipo?
- ¿Es adecuada la frecuencia de las revisiones?
- ¿Se reponen los instructivos y las partes faltantes en un plazo razonable?
- ¿Hay equipo del cual se desconoce cómo o para qué se utiliza?

- ¿Algún equipo experimenta deterioro o se descompone con demasiada frecuencia?

Esto podría ser indicativo de equipo de mala calidad o de manejo negligente del mismo, o de falta de instructivos adecuados para su uso, o de mantenimiento o almacenaje inadecuados.

M: Con base en información sobre descomposturas.

S 5.5 Mantenimiento Preventivo.

- ¿Hay un programa de mantenimiento?
- ¿Se está realizando el programa?

S 5.6 Limpieza.

- ¿Se encuentran limpios el equipo, los materiales, los estantes, el mobiliario?
- ¿Se cuenta con el material de limpieza requerido?
- ¿Es adecuada la frecuencia con que se realiza la limpieza del equipo?

S 5.7 Reparación.

- ¿Hay una cantidad excesiva de equipo descompuesto?
- M: De reporte del estado del equipo (A 5.4.2).
- ¿Se repara adecuadamente el equipo descompuesto, en un plazo y a un costo razonables?

M: Análisis de información generada en el mismo subsistema (S 5.7).

S 5.8 Compras.

- ¿Se consigue lo requerido con prontitud?

M: De la información generada en el mismo subsistema (ver también S 8.1).

- ¿Se obtiene el material especificado, con la calidad requerida, a precio adecuado?
- ¿Se procura aprovechar donaciones?
- ¿Se compra material o equipo innecesario (que no se requiere, que ya existe, o al cual se tiene acceso en otra forma)?
- ¿No se incurre en adquisiciones excesivamente costosas?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
5.1.1 Revisar instalaciones	Técnica		Alguna experiencia en trabajo de laboratorio	Resultado de la revisión	
5.2.1 Determinar sistema de almacenaje y equipo requerido	Administrativa	Sobre equipo y material existente	Algún conocimiento del uso del equipo y del movimiento del laboratorio	Sistema que se sigue	
5.2.2 Obtener mobiliario y equipo para almacenaje	Administrativa	Información generada en A 5.2.1			
5.2.3 Implementar sistema de almacenaje		De A 5.2.1	Conocer nombres de aparatos y materiales		
5.3.1 Estimar consumo de materiales, nivel mínimo y tiempo de reposición	Administrativa	-Sobre existencias de material en un lapso de tiempo -Sobre proveedores (tiempo de entrega)	Conveniente alguna experiencia en el laboratorio	-Materiales requeridos -Demanda -Nivel mínimo -tiempo de reposición	
5.3.2 Determinar sistema de reorden	Administrativa	Información generada en A 5.3.1	Descable alguna experiencia en el laboratorio		

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
5.3.3 Detectar nivel mínimo	Administrativa	Sobre existencias de materiales			
5.3.4 Pedido y compra	Administrativa	De A 5.3.3		Datos de pedido	
5.3.5 Recepción del material	Administrativa-técnica	Especificaciones del material (A 5.3.4)	Algo experiencia en el laboratorio	Datos de entrega	
5.4.1 Determinar frecuencia de revisiones	Técnica		Algo experiencia en el laboratorio		
5.4.2 Realizar revisiones periódicas	Técnica	-Sobre equipo del laboratorio -Manuales de los aparatos	Conocimiento del equipo	Resultado de la revisión (descomposuras, faltantes, etc.)	
5.4.3 Reponer instructivos, partes, etc.	Administrativa	-De proveedores -De asesores (sobre instrumentación) -Información generada en A 5.4.2			
5.5.1 Programar mantenimiento preventivo	Administrativa	-Sobre el equipo	-Conocimientos de instrumentación -Algo experiencia laboratorio -Conocimientos inglés	Programa de mantenimiento	

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
5.5.2 Realizar mantenimiento preventivo	Técnica	Sobre el equipo	Algo conocimientos instrumentación	Operaciones realizadas	
5.6.1 Determinar frecuencia de limpieza y materiales requeridos	Administrativa		-Conocimiento equipo -Algo experiencia en el laboratorio		
5.6.2 Realizar actividades de limpieza		Precauciones que deben tenerse con el equipo			
5.7.1 Detección de desconposturas	Académica-administrativa				Para caso de notar una desconpostura
5.7.2 Revisión	Académica-técnica	Manual del aparato	Conocimientos instrumentación	Resultado de la revisión	
5.7.3 Estimar costo reparación	Técnica-administrativa	Sobre proveedores del servicio	Conocimientos instrumentación	Costo estimado	
5.7.4 Decidir si reparar y dónde	Administrativa	-De A 5.7.3 -Sobre proveedores del servicio		Datos envío (fecha, costo, etc)	

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
5.7.5 Revisión	Técnica	Instructivos equipo	Conocimiento del equipo	Datos sobre reparación	
5.8.1 Verificar falta materiales	Administrativa	-Existencias de material y equipo -Pedidos hechos -Material y equipo disponible de otros laboratorios			
5.8.2 Localización de proveedores	Administrativa	Especificaciones de equipo y materiales			
5.8.3 Revisar opciones presentadas por proveedores	Administrativa	-Sobre proveedores -Especificaciones de equipo y materiales			
5.8.4 Elegir entre alternativas	Administrativa	-Información generada en 5.8.3			
5.8.5 Pedido, recoger, pago.	Administrativa	-De A 5.8.4		Datos del pedido y la compra (proveedor, precio, etc.)	Para recepción de material y/o equipo
5.8.6 Revisión	Técnica		Algún conocimiento del material y el equipo		

3 6. Realización del Experimento.

Obj. 6: Que los alumnos, con la preparación requerida, lleven a cabo los experimentos del curso, bajo la supervisión del profesor, realicen las observaciones y medidas correspondientes y efectúen el análisis de los resultados.

Este sistema es el fundamental del laboratorio. También es el que más problemas presenta, pues en él se manifiestan muchas deficiencias originadas en los demás subsistemas, p.ej.:

- Falta material (o es inapropiado) para hacer los experimentos.
- Los experimentos no se pueden realizar debido a que el equipo está descompuesto o en mal estado.

Problemas propios de este sistema son:

- Los alumnos no tienen claro qué hay que hacer, o no están motivados.
- No se aprovecha íntegramente el tiempo de laboratorio, por impuntualidad del profesor o de los alumnos, por tardanza excesiva en entrega o colocación del equipo, etc.
- Frecuentes descomposturas del equipo por los alumnos.
- El almacenista no sabe qué equipo o material hay.

Algunas modalidades de importancia relacionadas con este sistema son:

- ¿Todos los alumnos realizan el mismo experimento en una determinada sesión, o no?

- ¿El tiempo asignado para cada experimento es fijo o no?
- ¿Hay un sólo instructor de laboratorio o varios?
- ¿Hay posibilidad de trabajar fuera del horario de clase o no?

Las actividades de este sistema las agrupamos como sigue:

- S 6.1 Elección de la Práctica.
- S 6.2 Preparación de la Práctica.
- S 6.3 Instrucciones a Alumnos.
- S 6.4 Entrega del Material y Equipo.
- S 6.5 Montaje, Observaciones y Medidas.
- S 6.6 Limpieza, Recolección, Revisión y Almacenaje.
- S 6.7 Análisis del Experimento y Reporte.

S 6.1 Elección de la Práctica.

Obj. 6.1: Seleccionar el experimento que se va a realizar en una fecha determinada.

La selección anticipada de la práctica permite una mejor preparación de ella, especialmente por parte de los alumnos.

La complejidad del experimento deberá estar en relación con la capacitación de los alumnos. Esto no necesariamente significa que deben haber estudiado previamente en las clases de teoría todos los conceptos que vayan a requerirse para la comprensión o el análisis del experimento, pues a

veces el mismo experimento es el que proporciona el estímulo para profundizar en el tema (ver, p.ej.,(26)).

Algunas modalidades relacionadas con este sistema son:

- ¿Se va a requerir sincronización de las clases de teoría con las de laboratorio o no?
- Planeación anticipada de todo el programa del curso, o práctica por práctica.
- El tiempo asignado para cada experimento se fija de antemano o bien según lo requiera el progreso del experimento.
- La elección del experimento es hecha por la coordinación del laboratorio, los instructores o los mismos alumnos.

A 6.1.1 Determinar con qué anticipación se va a seleccionar el experimento.

Esto, en caso de que no haya una programación anticipada de todo el conjunto de experimentos.

A 6.1.2 Verificar el avance del curso correspondiente de teoría.

Esto, en caso de que se requiera la sincronización de los temas de teoría con los del laboratorio. Aunque usualmente se supone que esto es recomendable, se sugiere consultar la Ref.(26) para un punto de vista diferente.

Esta actividad se facilita si existe una programación previa de los temas del curso de teoría.

A 6.1.3 Seleccionar con la anticipación determinada el experimento e informar a los involucrados (instructores, alumnos y, en su caso, a los responsables de conseguir los materiales).

S 6.2 Preparación de la Práctica.

Obj. 6.2: Adquirir los conocimientos necesarios para una mejor comprensión de los procedimientos en el curso del experimento (en el caso de los alumnos).

Una efectiva preparación del experimento puede traducirse en un incremento sustancial del aprendizaje y es, por lo tanto, de gran importancia. No obstante, es una actividad frecuentemente descuidada. Se tiene entonces que los alumnos se presentan en el laboratorio sin saber qué hacer o el porqué de ciertas operaciones, para no mencionar su desconocimiento de los puntos finos del experimento.

La preparación del experimento, en el caso de los alumnos, se refiere al estudio y análisis de puntos relacionados con el mismo. Enfatizamos que esto debe hacerse con anterioridad a la realización del experimento. Una forma de lograrlo es entregando anticipadamente a los alumnos un cuestionario con ciertos temas y preguntas, que deben investigar y responder.

Hasta aquí, nos hemos referido únicamente a la preparación de la práctica por parte de los alumnos. Sin embargo, también pueden ser necesarias actividades de preparación por parte de otros elementos del personal. Se supone que el

profesor de laboratorio está familiarizado con los experimentos, pero puede ser recomendable que efectúe una revisión del experimento programado. Por otra parte, si el laboratorio no está permanentemente surtido de los materiales requeridos para el experimento, la preparación también implica el conseguir dichos materiales por los encargados.

En resumen las actividades son:

A 6.2.1 Comunicar a los alumnos, con la anticipación requerida, los temas que deben analizar, o el cuestionario por resolver.

En caso de un cuestionario extenso, es recomendable entregarlo por escrito.

A 6.2.2 Preparación.

Para los alumnos, investigar los temas indicados y/o responder al cuestionario.

Revisión del experimento, por parte del profesor.

En su caso, obtención de materiales, por los responsables.

§ 6.3 Instrucciones a Alumnos.

Obj. 6.3: Comunicar oportunamente a los alumnos las instrucciones para el desarrollo del experimento.

La elaboración de los instructivos ya se trató en § 2.5.

Más que instrucciones detalladas, paso por paso, se

requiere de una guía u orientación para el experimento, dependiendo el grado de especificación del nivel y la madurez de los alumnos.

Las instrucciones pueden anotarse en el pizarrón; entregarse por escrito, antes o al tiempo del experimento; estar incluidas en un manual que consulten los alumnos, etc. Si el tiempo asignado al laboratorio es escaso, debe seleccionarse un mecanismo expedito, o bien efectuar esta actividad fuera de la sesión regular del laboratorio.

A 6.3.1 Comunicar las instrucciones para el desarrollo del experimento a los alumnos.

Esta actividad puede unirse con A 6.2.2.

S 6.4 Entrega del Material y el Equipo.

Obj. 6.4: Que los alumnos dispongan del equipo y material necesario para el experimento.

La entrega del material y el equipo tal vez parezca una actividad trivial, pero pueden surgir acá varios problemas, algunos originados en otros sistemas. Por ejemplo, aunque haya el material, los alumnos pueden no disponer de él, porque no se encuentra, o el almacenista no sabe que existe, o no lo conoce por su nombre.

También suele ocurrir que se lleva demasiado tiempo esta actividad. Para evitarlo, puede colocarse el equipo en las mesas de trabajo previamente a la sesión de laboratorio, o haber libre acceso al almacén para los alumnos, etc.

Otras modalidades aquí son:

- ¿Hay un almacenista o no?
- ¿Todos los alumnos realizan la misma práctica en la misma sesión o no?
- Los alumnos arman el dispositivo experimental o realizan el experimento con un dispositivo ya montado previamente.

Las actividades en este subsistema son:

A 6.4.1 Asistencia y puntualidad del almacenista (en caso de haberlo).

A 6.4.2 Localizar y entregar material solicitado.

Si se va a recoger información sobre el uso del equipo o el consumo de algún material (ver S 8.1), anotar la cantidad de material entregada o el equipo utilizado.

S 6.5 Montaje, Observaciones y Medidas

Obj. 6.5: Que los alumnos monten el dispositivo experimental, y realicen las observaciones y medidas requeridas, bajo la supervisión del profesor.

Podemos afirmar que las actividades de este subsistema son las básicas del laboratorio. Casi todas las fallas de los demás subsistemas se manifiestan en éste. Inversamente, si se han efectuado apropiadamente las demás actividades, prácticamente se asegura que las de este subsistema se realizarán exitosamente.

Algunos problemas comunes aquí son:

- Ausentismo o impuntualidad del profesor y/o los alumnos.
- Supervisión inadecuada de los alumnos por el profesor.
- Falta de precaución en el manejo del equipo; como consecuencia, descomposturas o accidentes.
- Desperdicio de materiales.

Algunos problemas típicos originados en otros subsistemas (indicados entre paréntesis) son:

- Los alumnos no tienen una idea clara de qué hacer y cómo proceder (S 6.2).
- Avance muy lento en el desarrollo del experimento (S 6.2)
- Equipo en mal estado (S 5.4, S 5.7, etc.), falta de instructivos o especificaciones (S 5.4).
- Material faltante o inadecuado (diversos).

Distinguimos las siguientes actividades:

A 6.5.1 Asistencia y puntualidad de los alumnos y el profesor.

A 6.5.2 Montaje del experimento por los alumnos, que manejen apropiadamente el equipo, con las precauciones debidas, y realicen las observaciones y mediciones necesarias.

Es importante que deficiencias tales como faltas de material, equipo o instructivos; material inadecuado; equipo descompuesto, etc., sean reportadas (por los alumnos o el

profesor) en la sesión en que se detecten, y conforme a un procedimiento establecido (S 8.2), con el objeto de analizar porqué ocurrieron y evitarlas en el futuro.

A 6.5.3 Supervisión de los alumnos por el profesor.

Por ejemplo, ver que no realicen procedimientos manifiestamente incorrectos, que tomen las precauciones debidas, etc.

S 6.6 Limpieza, Recolección, Revisión y Almacenaje del Equipo.

Obj. 6.6: Guardar el equipo y el material, en condiciones para ser utilizados nuevamente, y detectar descomposturas que hubiesen ocurrido.

A 6.6.1 Limpieza del equipo y las mesas de trabajo.

Puede ser realizada por los mismos alumnos o por el almacenista o persona ad-hoc. Se requieren materiales de limpieza adecuados.

A 6.6.2 Recolección del equipo y material, y revisión.

Puede aprovecharse la recolección del equipo para detectar desperfectos del equipo ocurridos durante el experimento, aunque difícilmente es posible realizar más que una revisión somera.

En caso de que se desee cuantificar la cantidad utilizada de algún material de consumo, registrar dicha cantidad al recoger el material.

A 6.6.3 Almacenaje del equipo y el material.

S 6.7 Análisis del experimento y Reporte.

Obj. 6.7: Que los alumnos analicen los datos obtenidos, presenten una discusión de los resultados, obtengan conclusiones y, en su caso, propongan un modelo teórico y realicen la comparación teoría-experimento. Que elaboren un reporte sobre el experimento y su análisis.

Esta actividad es de la mayor importancia, sobre todo en experimentos cuantitativos. A pesar de esto, es común que no se le preste la atención debida. Es frecuente encontrar numerosas deficiencias en los análisis de los experimentos y los reportes, en los aspectos de: interpretación de los resultados, tratamiento de errores, presentación de los datos, comparación teoría-experimento, justificación de las discrepancias entre los resultados obtenidos y los aceptados, etc. También es común la extracción incompleta de la información contenida en los datos experimentales. Aunque se hayan obtenido buenas mediciones en el laboratorio, si no se hace un análisis adecuado del experimento, no se podrán alcanzar muchos de los objetivos del laboratorio.

Consideramos que una de las razones principales para que se presenten los problemas mencionados es que frecuentemente los alumnos tienen una preparación insuficiente en aspectos básicos del método experimental (algunos mencionados

en el párrafo anterior). En S 4 hay una mención sobre este punto.

Puede haber varios tipos de reportes (ver S 4), pero estimamos que se fomenta una discusión más completa cuando se requiere que el reporte tenga cierta estructura o formato y se hacen preguntas específicas sobre el experimento.

A 6.7.1 Que los alumnos analicen los datos obtenidos de las mediciones, realicen la comparación de la teoría con el experimento, y obtengan conclusiones.

A 6.7.2 Que elaboren un reporte en el que presenten la descripción del experimento, así como su análisis y discusión.

La llamada "calificación" del reporte por el profesor, la incluimos en la evaluación de este subsistema.

S 6. Evaluación (ver S 8.4).

Señalamos algunos criterios de evaluación para los subgrupos de S 6. Los mecanismos más utilizados para hacer la evaluación son: encuesta a alumnos, consulta o encuesta al instructor, evaluación por el instructor según su criterio, análisis de información específica. En algunos casos, se indica el mecanismo propuesto (N).

S 6.1 Elección de la Práctica.

- ¿Es suficiente la anticipación con que se hace la selección?
- ¿Es acorde el nivel de la práctica con la preparación de los alumnos?
N: Encuesta a alumnos, opinión del instructor.

S 6.2 Preparación de la Práctica.

- ¿Reciben los alumnos indicaciones adecuadas sobre los puntos que deben investigar?
N: Encuesta a alumnos.
- ¿Están disponibles los manuales de los aparatos y los entienden los alumnos?
- ¿Realizan los alumnos el trabajo de preparación?
N: Evaluación por el instructor. Una posibilidad es que dicho trabajo de preparación, o un resumen de él, lo entreguen los alumnos por escrito.
- ¿Prepara el profesor las prácticas?
N: Encuesta a alumnos.

S 6.3 Instrucciones a Alumnos.

- ¿Se comunican oportunamente?
- ¿No se lleva un tiempo excesivo esta actividad?
M: Opinión del instructor.
- Ver también evaluación de S 2.5.

S 6.4 Entrega del Material y Equipo.

- Asistencia y puntualidad del almacenista (en caso de haberlo).
M: Registro de asistencia.
- ¿Se realiza en forma expedita esta actividad?
- ¿Existe el material pero por algún motivo no se puede disponer de él?
M: De reportes de falta de material.

S 6.5 Montaje, Observaciones y Medidas.

- Asistencia y puntualidad de alumnos.
M: Control de asistencia.
- Asistencia y puntualidad del instructor.
M: Registro de asistencia, encuesta a alumnos.
- ¿Se cuenta con el equipo y material necesario, en buen estado?
M: De reportes de equipo o material faltante o deficiente.
- ¿Se cuenta con los manuales y especificaciones de equipo requeridos, y los entienden los alumnos?
- ¿Hacen correctamente los montajes los alumnos?

- ¿Manejan adecuadamente el equipo y con las precauciones debidas?
- ¿Saben qué hacer y cómo tomar las mediciones?
M: Evaluación del instructor.
- ¿Es adecuada la supervisión por el profesor?
- ¿Hay descomposturas frecuentes de equipo y/o accidentes?
- ¿Hay desperdicios de materiales?
M: De información sobre consumo de material; opinión de instructor, almacenista.
- ¿Se cuidan adecuadamente las instalaciones?
- ¿Les parece satisfactoria la clase a los alumnos?
- ¿Se aprovechan adecuadamente las sesiones de laboratorio?

S 6.6 Limpieza, Recolección, Revisión y Almacenaje.

- ¿Se realizan adecuada y oportunamente estas actividades?
M: Revisión directa.
- ¿Existen los materiales de limpieza requeridos?

S 6.7 Análisis del Experimento y Reporte.

- ¿Es correcto y completo el análisis de los datos?
M: Revisión del reporte por el instructor o corrector.
- ¿Es clara la presentación de los datos y resultados?
- ¿Son adecuadas la discusión, la comparación con la teoría, las conclusiones?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
6.1.1 Definir con qué <u>anticipación</u> seleccionar experimento	Adminis- trativa				
6.1.2 Verificar avance de la teoría	Adminis- trativa	Sobre avance de la teoría			Para verifi- car avance
6.1.3 Seleccionar experimento e <u>informar</u>	Académica- adminis- trativa	Sobre prácticas que se pueden hacer	Conocimientos de la materia		
6.2.1 Comunicar a alumnos el material de estudio	Comunica- ción	-Experimento seleccionado (A 6.1.3) -Temas de estudio o cuestionario o instructivo			
6.2.2 Preparación (alumnos)	Académica	- De A 6.2.1 - Manuales del equipo	Bases teóricas	Resultado de la evaluación (ver S 6 Evaluación)	
6.2.2 Preparación (profesor)	Académica	-Manuales del equipo -Reporte de la prueba del experimento (A 2.3.4) -Instructivo del experimento (A 2.5.2)	Conocimiento del experimento y la teoría		

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
6.3.1 Comunicar instrucciones a alumnos	Comunicación	Información generada en A 2.5.2	Conocimiento del experimento y el equipo		Para comunicar instrucciones
6.4.1 Asistencia y puntualidad del almacenista				Asistencia almacenista	
6.4.2 Localizar y entregar material		-Práctica que se va a hacer y material y equipo requerido -Sobre materiales y equipo existentes en el laboratorio (ver S 8.1)	Conocimiento de denominación y ubicación de materiales y equipo	-Equipo y (opcional) cantidad de material entregado -Falta de material y/o equipo	Procedimiento de préstamo Para reportar falta o deficiencias de material o equipo
6.5.1 Asistencia y puntualidad de los alumnos y el profesor				Asistencia alumnos y profesor	
6.5.2 Montaje del experimento, manejo del equipo, observaciones y mediciones	Académica	-Instructivo (A 2.5.2) -Manuales y especificaciones de aparatos	-Conocimientos de <u>mé</u> todo experimental (medición, errores, etc.) -Conocimiento de <u>pun</u> tos relacionados con el experimento (A 6.2.2)	-Experimentos realizados -Evaluación trabajo alumnos	-Para casos de descompostura -Para casos de accidente
(continúa)					

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
6.5.2 (continuación)			Conocimiento de precauciones en el uso de equipo y materiales	-Descomposturas de equipo y accidentes	
6.5.3 Supervisión	Académica	Manuales y especificaciones de los aparatos	-Conocimiento de la materia y el experimento -Experiencia en el laboratorio -Conocimiento de procedimientos de seguridad y precauciones en el uso del equipo y los materiales		
6.6.1 Limpieza del equipo y mesas					
6.6.2 Recolección del equipo y revisión	Manual-técnica		Cierto conocimiento del equipo y el material	-Descomposturas detectadas -(Opcional) Cantidad de material utilizado	Para caso de descomposturas, faltantes, etc.
6.6.3 Almacenar			Conocer el sistema para almacenar (S 5.2)		

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
6.7.1 Análisis datos	Académica	De A 6.5.2	-Conocimiento de la teoría correspondiente -Conocimiento de métodos de laboratorio (ver S 4, #2)		
6.7.2 Elaborar reporte	Académica	-Información generada en A 6.7.1 -En su caso, instrucciones sobre la estructura del reporte (ver S 4, #5)	Estudio del experimento y teoría relacionada con el mismo	Resultado de la evaluación del reporte	

3 7. Actualización

Obj. 7: Que el conjunto de prácticas y el equipo estén actualizados, i.e, no estén desligados de los avances y nuevas tendencias que surgen en el tema. Asimismo, que el personal académico actualice sus conocimientos con regularidad.

Este sistema es muy descuidado, a pesar de su importancia, y es poco común en nuestro medio encontrar un laboratorio que tenga un programa regular de actualización de experimentos y equipo.

Debido a esto, es frecuente observar una situación de estancamiento en los laboratorios. Por ejemplo, se hacen las mismas prácticas que diez o veinte años atrás; no se toman en cuenta nuevos temas y tendencias, ni tampoco desarrollos en instrumentación, aún cuando estos influyan ampliamente en el campo; hay mucho equipo obsoleto en el laboratorio, etc. Aún en el caso de que se quiera hacer algo al respecto, suele suceder, sobre todo a nivel medio o medio superior, que el personal de laboratorio no posea la preparación necesaria para llevar a cabo las medidas requeridas.

Cuando el laboratorio no cae en una situación de estancamiento total, lo más probable es que se proceda en forma de acción por crisis (27). Esto es, después de varios años de no hacer nada, el personal del laboratorio se da cuenta de que éste se ha vuelto obsoleto, por lo que emprende una reforma más o menos amplia, y se actualiza en cierta medida el laboratorio. Después, otra vez no se hace ninguna modificación por

largo tiempo, hasta que se repite la situación anterior. Es decir, predomina la inmovilidad pero intercalada con arranques esporádicos. Este sistema es preferible al estancamiento total, pero no tan deseable como el avance gradual y sistemático. Como en otros aspectos que hemos señalado anteriormente, se presenta aquí una analogía entre la situación de los laboratorios y la de una empresa. En el caso de ésta, es bien conocido el problema que se le presenta por la actualización de la línea de productos. Periódicamente debe revisarla y actualizarla a fin de tomar en cuenta las innovaciones y adelantos en el campo. La importancia de un plan de actualización está relacionada con el ritmo al que se presentan las innovaciones en el área, el cual varía sustancialmente de una industria a otra. En algunos casos puede no ser necesario realizar revisiones frecuentes, pero sin llegar a prescindir de ellas. En los laboratorios la situación es similar, ya que la velocidad de las innovaciones también es variable de un área a otra, pero en todos los casos, con mayor o menor frecuencia, debe seguirse un programa de actualización. El lapso de un año entre revisiones periódicas para analizar el estado del laboratorio, será adecuado en muchos casos.

La actualización no significa que el laboratorio deba contar con los aparatos más modernos y desechar constantemente equipo en favor del más novedoso, sino que se tomen en cuenta los avances en el campo, especialmente los que signifiquen cambios cualitativos, y no se caiga en la obsolescencia.

A 7.1 Determinar la periodicidad con que se va a revisar el estado del laboratorio.

Esta depende del área de que se trate. Por ejemplo, para un laboratorio de electrónica es conveniente que las revisiones sean más frecuentes que para uno de mecánica o calor.

La revisión de equipo y la de los experimentos no necesariamente deben realizarse con la misma frecuencia.

A 7.2 Actualización del personal académico.

Es recomendable que los profesores de laboratorio y el personal que realiza funciones de coordinación de tipo académico, actualicen sus conocimientos con regularidad. Esto es especialmente necesario para quienes vayan a realizar la revisión periódica de los experimentos y el equipo.

Es importante revisar periódicamente la literatura (revistas, libros) relacionada con el tema. Si el material de interés para el laboratorio se concentra en unas pocas revistas a las que el personal del laboratorio no tiene fácil acceso, puede ser recomendable que el laboratorio o la institución en que se encuentra obtenga una suscripción a ellas. Asimismo, es deseable la asistencia a conferencias o congresos o, al menos, obtener el material producido en ellos, así como estar en contacto con otros laboratorios similares, y con proveedores de equipo científico.

A 7.3 Obtener información sobre avances en el tema.

Esto no es necesario si quien va a efectuar la revisión

de los experimentos (A 7.4) ha seguido las indicaciones mencionadas en A 7.2 y "está al día" en la materia. En caso contrario, se debe hacer una revisión de la literatura (revistas, libros) relacionada con el tema, que cubra el período transcurrido desde la revisión anterior. También puede recurrirse a otros laboratorios similares y a los proveedores de equipo.

A 7.4 Revisión de los experimentos del laboratorio.

En caso de que el personal del laboratorio no esté capacitado para realizar esta actividad, una alternativa es recurrir a un asesor (p.ej., personal adscrito a una universidad o centro de investigación).

Se deben considerar los siguientes puntos:

- ¿Hay experimentos que por ser obsoletos o de poco interés convendría descartar o reemplazar por otros?
- ¿Hay temas de interés en la materia, en especial que hayan surgido recientemente, que son ignorados en el laboratorio? ¿Sería factible realizar experimentos sobre dichos temas?
- Si el laboratorio está asociado a un curso de teoría, ¿ha habido cambios en la clase de teoría que hayan ocasionado una desconexión con la clase de laboratorio? En caso de que las clases de teoría y laboratorio formen una unidad, es preferible que la revisión y la actualización se apliquen al conjunto.

Es conveniente realizar un reporte sobre el resultado de esta revisión.

A 7.5 Proponer nuevos experimentos.

En caso de que se haya detectado (en A 7.4) la necesidad de proponer nuevos experimentos, la forma de realizar esto y los criterios para seleccionar los experimentos, son los que ya se explicaron en S 2.

A 7.6 Revisión del equipo.

Si esta actividad la hace una persona cuyos conocimientos sobre instrumentación no estén suficientemente actualizados es conveniente, como en A 7.3, que primeramente efectúe una revisión de la información sobre avances en equipo e instrumentación. También puede recurrirse a una asesoría.

En la revisión se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Detectar si hay equipo obsoleto que conviene descartar o reemplazar.

No es el objetivo sustituir el equipo automáticamente cada vez que aparezca otro más moderno, pero sí es conveniente que los alumnos puedan familiarizarse con técnicas de instrumentación cuyo uso se generalice por ser superiores a las anteriores. Debido a las tradicionales limitaciones presupuestales en nuestro medio, es problemática la renovación del equipo, pero debe intentarse conforme a las posibilidades y las prioridades.

- ¿Qué equipo debe reponerse por el desgaste experimentado?

Como en A 7.3, es recomendable realizar un reporte de los resultados de la revisión del equipo.

En cuanto a la obtención del equipo que se decida adquirir, se sigue el procedimiento descrito en S 2.4

S 7. Evaluación (ver S 8.4)

Algunos criterios de evaluación son:

- ¿Se está llevando a cabo el programa de actualización?
- El conjunto de experimentos del laboratorio, ¿toma en cuenta las tendencias y los avances más importantes en la materia?
- ¿Se están considerando los avances y tendencias más importantes en instrumentación?
- ¿Hay mucho equipo obsoleto?
- ¿Se utilizan los libros, revistas, etc., pedidos?
- Además de los anteriores, en caso de proponerse experimentos nuevos, los criterios de evaluación indicados en S 2.

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
7.1 Determinar periodicidad de revisiones	Académica		<ul style="list-style-type: none"> -Conocimiento de la materia -Algún conocimiento de los avances que ocurren en la materia 		
7.2 Actualización del personal académico	Académica	<ul style="list-style-type: none"> -Revistas y libros adecuados -Información proveniente de los proveedores de equipo -De otros laboratorios similares -Sobre congresos y conferencias y material generado en éstos 	Conocimiento de la materia		
7.3 Obtener información sobre avances	Académica	<ul style="list-style-type: none"> -Revistas y libros adecuados -De proveedores de equipo -De otros laboratorios similares 	Conocimiento de la materia		
7.4 Revisión experimentos	Académica	<ul style="list-style-type: none"> -De A 7.3 -Experimentos que se realizan en el laboratorio -Experimentos que se efectúan en otros cursos -Programa curso de teoría -Sobre asesores 	Conocimiento actualizado de la materia	Resultado de la revisión	
7.5 Proponer nuevos experimentos	Académica	Ver S 2	Ver S 2	Ver S 2	

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
7.6 Revisión del equipo	Académica	Equipo existente	-Conocimiento de la materia -Conocimiento actualizado de equipo e instrumentación	Resultado de la revisión	

S 8. Administración

Al denominar "Administración" al presente sistema hemos procedido en forma convencional y esto no significa que las actividades de administración del laboratorio sean privativas de dicho sistema. Más bien, hemos incluido aquí diversos subsistemas relacionados con tareas que tradicionalmente son consideradas de tipo administrativo.

Dividimos este sistema como sigue:

S 8.1 Sistema de Información

S 8.2 Procedimientos

S 8.3 Presupuesto

S 8.4 Evaluación y Corrección

S 8.5 Asignación de Actividades

S 8.6 Comunicación

S 8.1 Sistema de Información

Obj. 8.1: Establecer un sistema que proporcione la información requerida para las actividades de los diversos subsistemas, así como para las evaluaciones de éstos, y para la toma de decisiones en general.

Hemos visto en las secciones anteriores que para la realización adecuada de las actividades de los subsistemas, se requiere contar con información específica. Además, el contar con un sistema de información permite:

- Determinar sobre bases objetivas el nivel de actuación del sistema, i.e., su evaluación, a fin de proceder

posteriormente a la corrección de sus fallas.

- Registrar la experiencia acumulada en el laboratorio, y aprovechar ésta en situaciones posteriores.
- Que aún con cambios en el personal que dirige el laboratorio, no se produzca la desorganización, y el laboratorio pueda seguir funcionando normalmente.
- Una mejor toma de decisiones.

A pesar de la utilidad de este sistema, no se le ha dado la importancia que merece y es raro que se lleve un buen sistema de información, aún sobre los puntos más importantes.

Es común que la información relacionada con el laboratorio sólo la conozcan una o dos personas y el resto del personal la ignore, aún aquella disponible.

Es interesante hacer notar que, en el contexto de las empresas de negocios, Terry (16, p.24) señala el "Omitir llevar registros y reportes suficientes y adecuados" entre los principales errores causantes del fracaso de una empresa.

El sistema de información se compone de varios registros, en cada uno de los cuales hay datos sobre un área específica.

¿Qué registros se necesitan? Estos no se escogen al azar, sino que responden a requerimientos de información de diversas actividades y de la evaluación de los subsistemas. En general, un registro será de utilidad para más de una actividad.

A continuación, presentamos una lista de algunos registros que se sugieren. Esta se ha obtenido fundamentalmente de los requerimientos de información de las actividades de los subsistemas, mencionados en las secciones anteriores. La lista puede parecer algo extensa pero hay que tomar en cuenta que no toda la información es de interés para todo el personal, ni se va a usar todo el tiempo. La experiencia señalará qué registros son útiles. En situaciones particulares, algunos se pueden omitir, o bien se requerirán otros. Según se definan los procedimientos, los parámetros de evaluación, etc., pueden surgir nuevas necesidades de información.

1. Objetivos del laboratorio.
2. Programa del curso de teoría.
3. Materias cursadas por los alumnos con anterioridad, y temas estudiados.

Es útil para determinar el nivel de preparación de los alumnos.

4. Experimentos realizados, e instrumentos y técnicas estudiados en cursos de laboratorio anteriores.

Es útil para evitar repeticiones.

5. Equipo existente en el laboratorio.

Se sugiere que, para cada aparato, contenga los datos siguientes:

- Nombre y descripción breve del aparato.
- Número de identificación en el laboratorio (en caso de haber varios aparatos iguales).
- Datos de la adquisición (quién lo pidió y para qué uso, fechas de pedido y recepción, precio, datos del proveedor y el fabricante, garantía, proveedor del servicio, etc.)
- En qué experimentos se utiliza.
- Precauciones que se deben tomar para su uso.
- Tipo de mantenimiento que requiere, y frecuencia del mismo.
- Hoja con datos del estado actual del equipo y operaciones realizadas (si está descompuesto o se envió a reparación; operaciones de mantenimiento o reparaciones realizadas; resultados de las revisiones periódicas; en cada caso, indicar detalles relevantes, p.ej., en el caso de una reparación, en qué consistió, dónde se hizo y cuándo, costo, etc.).
- Valor actualizado.

Es conveniente, además, tener una versión abreviada del registro de equipo, que contenga únicamente el nombre de los aparatos y su descripción breve.

En caso de haber material didáctico como películas, hacer un directorio de éstas, incluyendo una breve descripción de cada una.

6. Material.

Se sugiere que contenga la información siguiente, para cada sustancia o artículo:

- Nombre y especificaciones del material.
- En su caso, precauciones para su uso.
- Información sobre el consumo del material (cantidad en un lapso de tiempo).
- Nivel mínimo recomendado (antes de resurtir).
- Datos del proveedor (incluir tiempo de entrega).
- Datos de la adquisición (fecha, precio, etc.)
- Cantidad en existencia.
- Si se ha hecho un pedido, datos relevantes.
- En caso de practicarse revisiones periódicas, indicar resultado.

7. Instructivos y especificaciones del equipo.

Contiene los manuales del equipo proporcionados por el fabricante, así como instructivos breves elaborados en el mismo laboratorio (ver § 2.5) y las especificaciones del equipo construido ex-profeso, punto este último frecuentemente ignorado.

8. Equipo existente en otros laboratorios de la institución.

Contribuye a una mejor utilización de los aparatos y evita las duplicaciones innecesarias. Puede constituirse si cada laboratorio obtiene copias de los registros (abreviados) del equipo (ver #5) de los demás laboratorios.

9. Experimentos que se pueden realizar en el laboratorio.

Puede incluir la información siguiente:

- Tema y objetivo de la práctica.

- Quién diseñó el experimento y cuándo, o referencia en la que está basado.
- Propuesta del experimento (A 2.2.6) y reporte de la prueba piloto (A 2.3.4).
- Material y equipo requeridos para el experimento.
- Esquema del montaje.
- Procedimiento sugerido.
- Resultados típicos obtenidos.
- Instructivo del experimento (S 2.5); quién lo hizo y revisó.

Esto, cuando haya un instructivo único, i.e., que no cada profesor prepare sus propios instructivos.

Este registro puede ser útil en varias situaciones, e.g.:

- Para intercambiar información sobre experimentos con otros laboratorios.
- Para que profesores de teoría, o instructores recién ingresados al laboratorio, se enteren de qué prácticas se pueden hacer en el laboratorio, y el tipo de resultados que se obtienen.
- Si, p.ej., un profesor propone un experimento, se facilita que los demás se enteren y puedan utilizarlo en sus cursos.
- Para la asesoría externa.

También es recomendable hacer una versión abreviada de este registro, que contenga solamente el título del experi-

mento y una descripción breve.

10. Experimentos propuestos.

Contiene descripciones de experimentos que se han propuesto, pero que no se han incorporado a las prácticas del laboratorio.

En caso de que después de realizar la prueba de un experimento, se decida no incorporarla a las prácticas del laboratorio por no obtenerse los resultados esperados, o resultar un fenómeno de difícil detección, o alguna otra razón, la información sobre la propuesta y los resultados de la prueba también pueden incluirse aquí, a fin de contar con una referencia en caso, por ejemplo, de proponerse nuevamente dicho experimento para el laboratorio.

11. Proveedores y fabricantes.

Incluir también información sobre proveedores de servicios (e.g., reparaciones) y posibles donantes de equipo.

12. Asesores del laboratorio.

Indicar especialidad y datos para su localización.

13. Faltas de material.

Se refiere a situaciones en que se vio afectada la realización del experimento por haber faltado algún material. La información se obtiene de los reportes de falta de material. Su objeto es el de detectar fallas en el sistema de provisión de materiales.

aspectos más importantes, etc.

20. Seguimiento.

En actividades que constan de varios pasos (e.g.: compras, reparaciones, etc.) es conveniente conocer las etapas que ya se realizaron y en qué tiempo. Esto permite, por un lado, estimar el tiempo faltante para la conclusión de la actividad y, por otra, establecer si las actividades se llevan a cabo en un lapso de tiempo aceptable. Un problema que se presenta frecuentemente en nuestro medio es que este tipo de actividades se realizan con excesiva lentitud.

21. Registros diversos.

Por ejemplo, de asistencia de profesores, del almacenista, etc.; equipo por reparar; equipo en reparación; programa de mantenimiento de equipo, etc.

Asimismo, puede ser de interés tener información sobre la utilización del equipo, que permitiría determinar, por ejemplo, si hay equipo que no se usa, o se usa muy poco, etc.

También puede ser útil llevar un diario, en el que se anoten, cronológicamente, sucesos tales como pedidos o entregas de material, descomposturas, equipo enviado a reparación, etc.

El sistema de información se puede expandir ilimitadamente, pero hay que buscar un equilibrio y no caer en

aspectos más importantes, etc.

20. Seguimiento.

En actividades que constan de varios pasos (e.g.: compras, reparaciones, etc.) es conveniente conocer las etapas que ya se realizaron y en qué tiempo. Esto permite, por un lado, estimar el tiempo faltante para la conclusión de la actividad y, por otra, establecer si las actividades se llevan a cabo en un lapso de tiempo aceptable. Un problema que se presenta frecuentemente en nuestro medio es que este tipo de actividades se realizan con excesiva lentitud.

21. Registros diversos.

Por ejemplo, de asistencia de profesores, del almacenista, etc.; equipo por reparar; equipo en reparación; programa de mantenimiento de equipo, etc.

Asimismo, puede ser de interés tener información sobre la utilización del equipo, que permitiría determinar, por ejemplo, si hay equipo que no se usa, o se usa muy poco, etc.

También puede ser útil llevar un diario, en el que se anoten, cronológicamente, sucesos tales como pedidos o entregas de material, descomposturas, equipo enviado a reparación, etc.

El sistema de información se puede expandir ilimitadamente, pero hay que buscar un equilibrio y no caer en

el extremo de acumular información excesiva que sea poco útil o irrelevante.

Es deseable que el sistema de información sea lo más abierto posible, i.e., que pueda ser consultado por cualquier interesado. Para que el sistema sea aprovechado plenamente, es importante que las personas asociadas con el laboratorio sepan el tipo de información que existe y cómo consultarla, por lo que debe informárseles ampliamente al respecto (ver A 8.5.4).

Las actividades relacionadas con este subsistema son:
 A 8.1.1 Definir los registros que van a conformar el sistema de información.

Para cada registro se debe determinar lo siguiente:

- a) La información que va a contener.
 Aparte de los datos específicos para cada caso, se recomienda indicar, siempre que sea posible, la fecha en que se registra la información y el periodo de vigencia de la misma.
- b) ¿Para qué se necesita esa información?
- c) ¿Cómo se va a generar la información requerida?
- d) ¿Cuándo y cómo se revisa o modifica la información?
- e) ¿En qué forma se va a almacenar la información (hojas, tarjetas, cinta magnética, etc.) y dónde se va a localizar?
- f) ¿Va a haber copias del registro?
- g) ¿Cómo se consulta la información y quién tiene acceso a ella?

A 8.1.2 Implantar el sistema de información.

En algunos registros la información se va generando gradualmente (e.g., faltas de material). Otros (e.g.: equipo existente) deben incluir todos los datos desde que se implanta el sistema, y en este caso la presente actividad incluye la obtención de la información requerida.

A 8.1.3 Actualización del sistema de información.

Periódicamente se debe revisar y actualizar según sea necesario y de acuerdo a lo establecido en A 8.1.1 (d), la información del sistema.

S 8.1 Evaluación (ver S 8.4).

Algunos criterios de evaluación son:

- ¿Hay la información que se necesita?
- ¿Es confiable?
- ¿Se localiza con facilidad?
- ¿Está clasificada en forma conveniente? ¿Es adecuado el formato de los registros?
- ¿Sabcn los interesados qué información hay disponible?

Este punto en rigor corresponde a A 8.5.4 .

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
8.1.1 Definir registros	Académica-administrativa	Requerimientos de información de las actividades, evaluación y procedimientos de los demás subsistemas	Conocimiento del funcionamiento del laboratorio	Resultado de la actividad	
8.1.2 Implantar el sistema	Académica-administrativa	De A 8.1.1	Conocimiento del laboratorio		
8.1.3 Actualización del sistema	Académica-administrativa	Diversa	Conocimiento del laboratorio		

S 8.2 Procedimientos

Obj. 8.2: Definir los procedimientos que se utilizan en los diversos subsistemas.

En el curso de las actividades del laboratorio se presentan ciertas situaciones que se repiten con frecuencia, y en estos casos es conveniente actuar según procedimientos previamente definidos. Esta situación es común en muchas instituciones, p.ej., en las empresas de negocios se ha extendido el uso de los llamados manuales de procedimientos. La definición de procedimientos permite, entre otras cosas, obtener una mayor coordinación entre los diversos subsistemas, e incorporar las experiencias adquiridas para lograr un mejor funcionamiento del sistema. Al determinar los procedimientos se debe especificar en qué consisten y en qué condiciones se aplican. Típicamente, las partes del procedimiento incluyen comunicaciones, requisitos y autorizaciones, registros de datos, etc. Se debe procurar que los procedimientos no resulten engorrosos en su aplicación.

Del análisis de las actividades que se hizo en las secciones anteriores vemos que es conveniente determinar procedimientos para las situaciones siguientes:

- Recepción de equipo nuevo (revisión, determinar mantenimiento que requiere, precauciones en su manejo, etc.)
- Recepción de material.
- Casos en que se detecte falta de material, o material inadecuado (cómo y a quién reportar, procesamiento de los reportes, etc.)

- Casos en que se detecten descomposturas o defectos del equipo.
- Responsabilidad en casos de daño al equipo por negligencia.
- Préstamo de equipo a alumnos.
- Préstamo de equipo a otros laboratorios.
- Trabajo fuera del horario de clase.
- Casos de accidente.
- Determinación del avance del curso de teoría.
- Impartición de las instrucciones sobre el experimento a los alumnos.
- Etc.

La experiencia en el laboratorio dirá si los procedimientos se definieron en forma adecuada, y si otros casos aparte de los señalados requieren de ellos. La descripción de los procedimientos puede incluirse en el registro de organización del laboratorio (ver S 8.1).

A 8.2.1 Determinar en qué situaciones se va a requerir contar con un procedimiento.

A 8.2.2 Especificar el procedimiento para cada caso señalado en A 8.2.1 .

En cuanto a la evaluación de este subsistema (8.2), consideramos que la evaluación de los procedimientos no es una actividad independiente, sino que se realiza a través de la evaluación de las actividades y los subsistemas en que son utilizados.

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
A 8.2.1 Determinar situaciones en que se requiere de un procedimiento	Administrativa	Actividades del laboratorio	Conocimiento del funcionamiento del laboratorio		
A 8.2.2 Especificar procedimientos	Administrativa		Conocimiento del funcionamiento del laboratorio	Resultado de la actividad	

S 8.3 Presupuesto

Obj. 8.3: Elaborar un presupuesto para el laboratorio.

Por no realizarse adecuadamente esta actividad, frecuentemente se presenta el problema de no poder efectuar compras u otras acciones que se requieren, ya sea por no haberse previsto dicho concepto o por no haber calculado adecuadamente los fondos necesarios.

A 8.3.1 Determinar los conceptos para los que se requieren fondos.

Una forma de hacer esto es utilizar la división tradicional de:

- Sueldos
- Aparatos y equipo
- Materiales de consumo
- Mantenimiento y reparaciones
- Mobiliario
- Viáticos y pasajes
- Etc.

También es posible basarse en las actividades determinadas en los subsistemas anteriores, considerando los requerimientos de cada una, o bien, en la experiencia histórica.

A 8.3.2 Determinar los fondos que se requieren para cada concepto.

Una posibilidad es utilizar las actividades definidas previamente (y listadas en S 8.5) como guía, así como la

experiencia histórica, para estimar los insumos que requiere cada una. Una vez establecidas las cantidades necesarias de insumos, obtener las cotizaciones correspondientes para determinar los requerimientos de fondos.

S 8.3 Evaluación (ver S 8.4)

Algunos criterios básicos son:

- ¿Se agotan los fondos antes de la fecha calculada?
- ¿Es frecuente la suspensión o posposición de actividades o compras por falta de fondos?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
8.3.1 Definir conceptos para presupuesto	Administrativa	Subsistemas y actividades del laboratorio	Experiencia en la administración del laboratorio	Resultado de la actividad	
8.3.2 Determinar requerimientos de fondos	Administrativa	-Datos de la demanda de materiales -Sobre proveedores	Experiencia en la administración del laboratorio	Resultado de la actividad	

S 8.4 Evaluación y Corrección

Obj. 8.4: Determinar, en la forma más objetiva posible, si el laboratorio y sus subsistemas están funcionando satisfactoriamente o no y, en su caso, detectar las deficiencias que existan y tomar medidas para corregirlas.

La evaluación responde a la necesidad, que se mencionó en el Cap. II, de conocer el nivel de actuación del sistema y de saber en qué medida se están alcanzando los objetivos del laboratorio. A través de la evaluación se puede sustituir la percepción intuitiva sobre el buen o mal funcionamiento del sistema, por una determinación objetiva de la situación, con base en la cual pueden realizarse acciones específicas para corregir las deficiencias detectadas. Esto está estrechamente relacionado con la fase del control en el proceso administrativo (II.a).

La evaluación del aprendizaje y el trabajo de los alumnos es generalmente practicada y, ocasionalmente, la evaluación del desempeño de los profesores (28), pero rara vez se toma en cuenta que la evaluación se debe aplicar a todo el sistema y a sus componentes, y no sólo a algunas personas. El sistema de evaluación es más extenso de lo que comúnmente se supone.

En el curso de este trabajo hemos mencionado diversos criterios de evaluación. Estos, que son parte de este subsistema, han sido incluidos en las secciones anteriores para que se viera con más claridad su relación con los subsistemas

correspondientes.

A continuación señalamos los pasos que, en términos generales, van a constituir el proceso de evaluación.

Hay que hacer notar que la evaluación se aplica a muchos subsistemas y actividades, por lo que los pasos que mencionaremos, más que acciones que pueden ser asignadas a una persona, como la mayoría de las que hemos considerado anteriormente, representan más bien conjuntos de actividades y, dependiendo de la situación, serán realizadas por el coordinador, el profesor de laboratorio, los alumnos, etc.

A 8.4.1 Determinar qué subsistemas, objetivos, actividades y/o personas se van a evaluar, y cada cuándo se va a hacer esto.

Desde luego, es fundamental la evaluación del sistema (laboratorio) en su conjunto.

La periodicidad de la evaluación va a depender de cada caso. Por ejemplo, la evaluación del trabajo de los alumnos es conveniente hacerla en forma casi continua.

A 8.4.2 Determinar qué criterios y/o parámetros de evaluación se van a utilizar en cada caso.

Podemos decir que, en general, los criterios de evaluación están determinados por los objetivos del sistema o subsistema aunque puede ser necesario definir criterios que sean más específicos que los objetivos y los aclaren (ver, p.ej., A 1.3).

Esta actividad ya se llevó a cabo, en buena medida, en

las secciones anteriores, en que sugerimos criterios de evaluación para diversos subsistemas.

A 8.4.3 Para cada parámetro definido en A 8.4.2, determinar, si es posible, el nivel deseado de actuación, con el propósito de que sirva como referencia para comparar los resultados que se obtengan de la evaluación.

A 8.4.4 Seleccionar un método o mecanismo para determinar los parámetros definidos (en A 8.4.2).

Una vez definidos los parámetros o criterios de evaluación, se deben determinar éstos mediante algún procedimiento. Algunos métodos están esencialmente basados en opiniones o juicios personales (sean de una o varias personas), como las consultas directas o encuestas a alumnos o profesores, y son indicados en ciertas situaciones. Una forma común de evaluar objetivos pedagógicos es a través de criterios del profesor basados en sus conocimientos y su experiencia. Aún en estos casos puede intervenir una mayor o menor subjetividad. Por ejemplo, parece ser menos problemático determinar si se cumplió el objetivo "Aprender a manejar ciertos aparatos y técnicas", que "Aprender a reportar un experimento" .

La evaluación del aprendizaje es uno de los problemas centrales de estudio de la pedagogía y existe abundante literatura sobre el tema (29-31).

En el caso de otros objetivos, por ejemplo, "Motivar al alumno para el estudio de los temas", lo más indicado

parece ser recurrir a la opinión de los mismos alumnos, por ejemplo, mediante una encuesta. También se pueden recabar opiniones de los alumnos a través de los reportes que realizan sobre los experimentos. Por ejemplo, ahí pueden indicar si faltó material, si les pareció de interés el experimento, etc.

En otros casos, la evaluación puede hacerse sobre bases más objetivas, siempre y cuando se disponga de la información adecuada. Por ejemplo, para determinar si en el programa de experimentos del laboratorio no se repiten prácticas de cursos anteriores, es útil contar con la información sobre las prácticas que se realizan en dichos cursos. Este tipo de evaluación tiene la ventaja de una mayor objetividad, pero a veces puede no disponerse de la información requerida o ser ésta difícil de obtener. Puede ser necesario modificar el sistema de información para generar la información requerida. Por ejemplo, si uno de los criterios de evaluación es ¿Se aprovecha el equipo existente en el laboratorio?, para darle respuesta sobre bases objetivas sería necesario generar la información correspondiente (veces que se usa el equipo, en qué experimentos, etc.). Por otra parte, este tipo de métodos no son apropiados para criterios de evaluación que sean básicamente subjetivos.

En ciertos casos es posible aplicar un método de uno u otro tipo.

Si en los casos de falta de material o equipo, descompostura, o de algún problema o queja, se hace un breve reporte del hecho, dichos reportes pueden ser útiles para la evaluación

de varios subsistemas. Este tipo de reportes deben verse como un mecanismo para el mejoramiento del laboratorio, más que como quejas.

A 8.4.5 Obtener la información necesaria.

A veces es posible obtener la información requerida para la evaluación con relativa rapidez, pero en otros casos puede ser necesario generar la información a través de un lapso de tiempo. Dicho mecanismo de obtención de información puede incorporarse al sistema de información (S 8.1).

Esta actividad incluye realizar las encuestas o consultas que se requieran.

A 8.4.6 Hacer la evaluación propiamente dicha, y comparar los resultados con el nivel de referencia (A 8.4.3).

Señalar en qué áreas los resultados no son satisfactorios.

A 8.4.7 Informar a las personas involucradas o interesadas.

Para que la evaluación sirva para el mejoramiento del laboratorio, es importante informar a las personas involucradas de los resultados obtenidos de la misma. Cuando éstos no son satisfactorios, es con el fin de que noten en qué áreas hay deficiencias y mejoren su desempeño en las mismas, y cuando sí lo son, significa un reconocimiento.

A 8.4.8 Cuando los resultados de la evaluación no sean satisfactorios, investigar las posibles causas. Señalar deficiencias detectadas.

Hay que hacer notar que un mismo problema puede tener varias causas diferentes, y que la deficiencia originada en un subsistema puede manifestarse en otro. Por ejemplo, en el caso de frecuentes faltas de material, esto puede deberse a que: a) No se encuentran los materiales por no estar almacenados donde les corresponde, b) No se detectó la escasez de los materiales a tiempo, c) El sistema de compras es muy lento; etc.

En general, causas comunes de fallas son: la persona que debe realizar cierta actividad no tiene la preparación requerida; actividades programadas no se realizan adecuadamente; ciertas situaciones no están previstas (i.e., fallas del sistema más que de personas); etc.

A veces es posible detectar una falla sin tener que realizar un proceso elaborado de evaluación. Para la detección de deficiencias, no se debe desaprovechar la colaboración que pueden prestar los alumnos.

A 8.4.9 Corrección.

Una vez localizado el origen del problema (A 8.4.8), se procede a tomar las medidas correctivas.

Evaluación de S 8.4

El sistema de evaluación también puede ser, a su vez, evaluado. Hemos visto que la evaluación se aplica a diversos elementos, pero la mayor importancia la tiene la evaluación del sistema en su conjunto, i.e., determinar si se están alcanzando los objetivos del laboratorio, así como otros aspectos generales de aprovechamiento relacionados, por ejemplo, con porcentajes de aprobación, deserción, etc.

La evaluación de los demás subsistemas es de importancia en cuanto a que no disponer de la información correspondiente puede impedirnos detectar un problema que afecta al funcionamiento del sistema en su conjunto.

Algunos posibles criterios de evaluación para este subsistema (8.4) son:

- ¿La evaluación nos está dando una buena idea del funcionamiento del laboratorio?
- ¿La evaluación está produciendo información útil?
- ¿Hay aspectos que deberían ser evaluados pero no lo son?
- ¿Se tiene la información requerida para llevar a cabo la evaluación?
- ¿Son confiables los resultados de la evaluación?
- ¿Nos ha servido para detectar fallas o deficiencias?
- ¿Se toman medidas para corregir las deficiencias encontradas?
- ¿Tienen éxito las medidas correctivas tomadas?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
8.4.1 Decidir <u>ag</u> actividades, <u>subs</u> temas, etc. por evaluar	Académica-administrativa	Descripción de <u>subs</u> temas, objetivos y <u>ac</u> tividad	Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo		
8.4.2 Determinar criterios de evaluación	Académica-pedagógica-administrativa		Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo	Resultado de la actividad	
8.4.3 Determinar nivel deseado de actuación	Pedagógica-administrativa		Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo	Resultado de la actividad	
8.4.4 Cómo determinar parámetros	Administrativa	De A 8.4.2	Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo		
8.4.5 Obtener información	Administrativa			Resultado de la actividad	
8.4.6 Hacer evaluación	Administrativa	De A 8.4.2 y A 8.4.5		Resultado de la actividad	
8.4.7 Informar	Administrativa	De A 8.4.6			
8.4.8 Investigar fallas	Pedagógica-administrativa	De A 8.4.6	Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo		
8.4.9 Corrección	Pedagógica-administrativa	De A 8.4.8	Experiencia en enseñanza de laboratorio y en el funcionamiento del mismo		

S 8.5. Asignación de Actividades

Obj. 8.5: Asignar las actividades al personal.

Una vez definidas las actividades que se deben llevar a cabo en el laboratorio, se plantea la cuestión de quién va a realizarlas, lo cual corresponde a la fase de organización en el proceso administrativo (II.a).

Asignar las actividades en una forma sistemática facilita lo siguientes: solucionar los problemas que surgen al haber cambios de personal; determinar la preparación que requiere cada persona para desempeñar su trabajo; preparar programas de capacitación; etc.

Puede procederse según uno de los sistemas siguientes: Asignar las actividades a las personas disponibles (que ya están asociadas al laboratorio), procurando que las funciones recaigan en las personas más idóneas, i.e., que tengan la preparación requerida por las actividades, o bien, según el sistema más utilizado en las empresas, consistente en agrupar primeramente las actividades para crear puestos y, posteriormente, encontrar a las personas, de dentro o fuera del laboratorio, que puedan ocuparlos. Este método es más recomendable que el primero pero, cuando hay limitaciones económicas, puede resultar menos factible de llevar a cabo.

Las fallas más comunes que se cometen en el curso de esta actividad son:

- Incorporar personal sin definir con claridad sus funciones.
- Designar personal para desempeñar funciones para las

que no tiene la preparación adecuada. Por ejemplo, los profesores de laboratorio en escuelas de nivel medio en general no tienen la preparación necesaria para diseñar experimentos o actualizarlos.

- Mezclar en un mismo puesto funciones para las que se requieren niveles de preparación muy distintos. En este caso, si la preparación de la persona es adecuada a la función más sencilla, no podrá desempeñar la función de mayor nivel, y si tiene la capacitación para realizar ésta, le resultará de poco interés la primera.
- Suponer que la problemática del laboratorio se puede solucionar por medio de un "encargado del laboratorio", que supuestamente podrá ocuparse de todas las funciones.
- No se considera correctamente el tiempo requerido para las actividades.
- Falta de servicios de apoyo (secretarial, mensajería, copiado, etc.)
- Falta de programas de capacitación. En nuestro medio, la preparación del personal es generalmente baja, por lo que se requieren este tipo de programas.

Dentro de este subsistema las principales actividades son:

A 8.5.1 Listar las actividades por realizar, definiendo claramente cada una, especificando el tipo de actividad y la preparación que requiere, y si precisa de algún apoyo adicional

(e.g., de tipo secretarial). Estimar el tiempo que requiere cada actividad.

El análisis mencionado ya se realizó en lo fundamental en las secciones previas.

La estimación del tiempo que requiere la actividad es útil para calcular la carga de trabajo que ésta significa para quien vaya a desempeñarla. En dicha estimación hay que tomar en cuenta qué tan frecuentemente va a efectuarse la actividad.

Aunque la mayoría de las actividades pueden ser realizadas por una sola persona, no siempre es éste el caso, pues algunas, más que acciones aisladas, en realidad representan a un conjunto de éstas. Por ejemplo, A 8.4.6 (Hacer la evaluación) incluye: evaluar los reportes de los alumnos, el desempeño de los profesores, la reparación del equipo, etc., por lo que en un caso será realizada por el profesor de laboratorio, en otro por el coordinador, etc.

A 8.5.2 Definir puestos.

En caso que se opte por esta modalidad para asignar las funciones, agrupar las actividades para configurar puestos. Como se mencionó, es recomendable no asignar al mismo puesto funciones que requieran de niveles de preparación muy diferentes. También debe tomarse en cuenta al definir un puesto el tipo de elementos disponibles en el medio. Esto es, no debe especificarse un puesto que requiera personal que, por sus características, sea casi imposible de conseguir. Una

vez definidas las funciones correspondientes a los puestos, determinar la preparación que se requiere para cada uno.

Al examinar las síntesis de actividades que se presentan al final de los subsistemas correspondientes vemos que muchas actividades son del tipo de coordinación y organización, lo cual sugiere definir una coordinación del laboratorio para encargarse de ellas. Esto no significa que una sola persona tenga que realizarlas todas. La coordinación puede estar compuesta de más de una persona, p.ej., una para las funciones académicas y otra para las administrativas, así como personal de apoyo (p.ej., secretarial).

Aparte de los puestos básicos en que están concentradas la mayoría de las actividades y que probablemente requieran ser de tiempo completo, puede haber colaboradores que desempeñen funciones de tiempo parcial, u ocasionales, en el laboratorio. Es posible que algunos de estos últimos, sobre todo si están dentro de la misma institución, no tengan que ser remunerados.

También se deben especificar los servicios auxiliares o de apoyo, así como otros recursos, que requiere el puesto.

Una vez hecho lo anterior, se pueden concretar las necesidades de personal del laboratorio. El número de personas con remuneración que pueda ocupar el laboratorio desde luego dependerá de los recursos monetarios con que se cuente. En algunos casos tal vez sólo puedan contratarse a uno o dos profesores de laboratorio. En otros, pueden satisfacerse con más amplitud las necesidades de personal. Podría tenerse

entonces una situación que representamos esquemáticamente en la figura (pag. siguiente).

A 8.5.3 Seleccionar las personas que ocuparán los puestos.

En caso de que se distribuyan las funciones entre el personal existente y no se definan puestos tipo, esta actividad corresponde a la distribución de las funciones.

Se debe verificar que las personas tengan la preparación adecuada al puesto o a las funciones que deben desempeñar, i.e., que su preparación no sea ni inferior ni muy superior a lo que se requiere. En el primer caso, no podrán desempeñarlas y, en el segundo, les resultarán de poco interés.

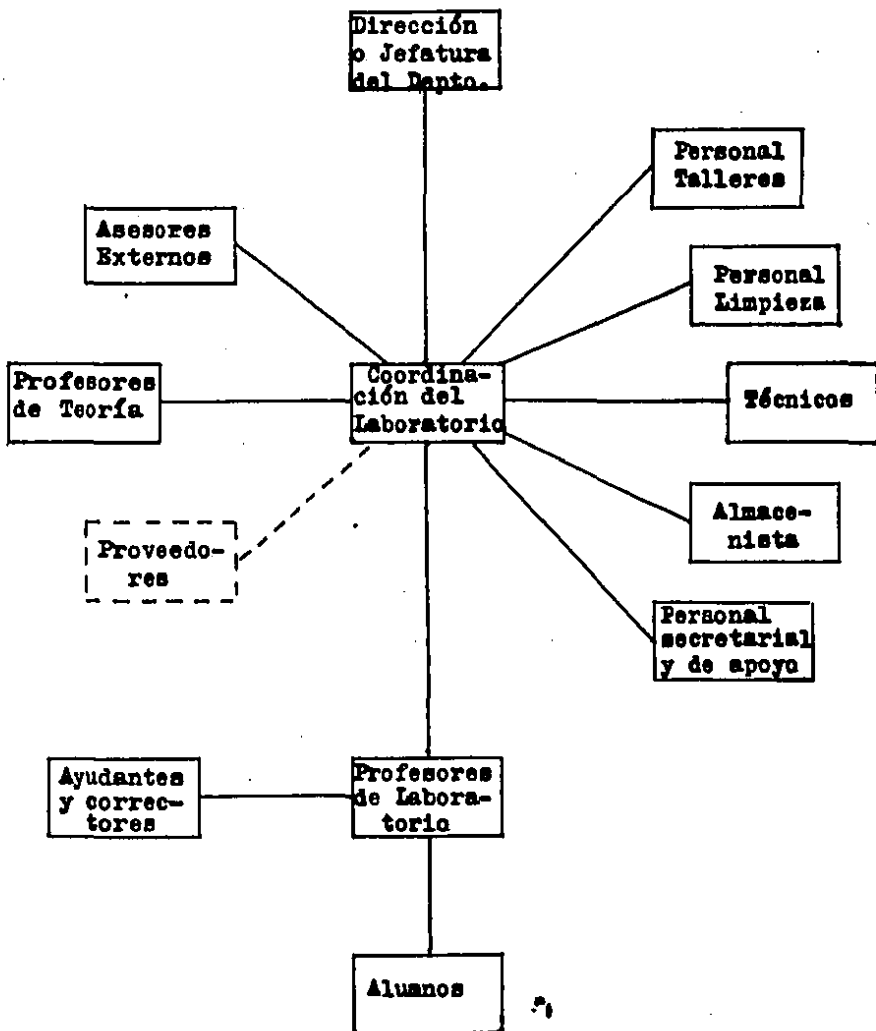
Si la persona a la que se ha asignado una función no puede hacerse cargo de ésta en su conjunto, pero sí de partes de ella, puede intentarse redefinir y reasignar algunas actividades. En otras situaciones puede ser útil la capacitación.

En ciertos casos, algunas funciones podrán ser mejor desempeñadas por varias personas conjuntamente que por una sola.

A 8.5.4 Informar al personal de sus funciones.

Es importante informar adecuadamente a las personas seleccionadas de las funciones que les corresponden. Además de las funciones específicas, hay otras generales para el personal, como reportar descomposturas de equipo y otras fallas y deficiencias que se detecten, cuidar las instalaciones, etc. Asimismo, se debe indicarles en qué forma pueden contribuir al mejoramiento del laboratorio (p.ej., sugerir

Personal Asociado con el Laboratorio



nuevas prácticas).

También se debe informar al personal sobre los procedimientos que les conciernen, información disponible que puede ser de su interés, etc.

En el caso de los alumnos, esta actividad es cubierta por el S 4.

A 8.5.5 Determinar capacitación requerida.

En caso de que la preparación del personal sea inadecuada para desempeñar sus funciones, una posibilidad es recurrir a la capacitación, aspecto que también ha sido descuidado en nuestro medio. La capacitación es importante sobre todo cuando se asignan funciones a personal ya incorporado al laboratorio, pero que carece de la preparación necesaria.

Se debe determinar quienes requieren de capacitación y sobre qué puntos. Por ejemplo, en el caso de un almacenista, la capacitación puede incluir: nomenclatura del material y el equipo, procedimientos y organización del laboratorio, procedimientos de seguridad en el uso de los aparatos, uso de equipo didáctico (p.ej., proyectores), etc.

Los programas de capacitación pueden realizarse en forma periódica.

A 8.5.6 Impartir capacitación.

Al personal y sobre los temas establecidos en A 8.5.5.

A 8.5.7 Motivación.

Si el personal asociado al laboratorio ha de desarrollar sus capacidades al máximo, es recomendable motivarlo

mediante diversos estímulos. Algunas posibilidades son:

- Asistencia a congresos o conferencias.
- Reuniones entre los profesores de laboratorio, o entre éstos y los profesores de teoría, con el fin de intercambiar experiencias e ideas.
- Reconocimientos.
- En el caso de los alumnos, exposiciones periódicas ante sus compañeros de los experimentos realizados. Esto es de interés sobre todo cuando no todo el grupo ha realizado los mismos experimentos, p.ej., cuando se hacen prácticas optativas.
- Facilidades a los alumnos para que desarrollen experimentos.
- Informar a los involucrados sobre los resultados de evaluaciones que se les hayan hecho.

Una falla común es que se habla de estimular al personal pero en realidad no existe ningún estímulo.

También es conveniente que existan estímulos para motivar al personal a que se capacite.

S 8.5. Evaluación (ver S 8.4).

Algunos criterios para la evaluación de este subsistema son:

- ¿Están bien definidos los puestos?
 Por ejemplo, ¿No le corresponden a un mismo puesto funciones que requieren niveles de preparación muy distintos? ¿Es compatible la carga de trabajo del puesto con el tiempo disponible? ¿Es posible obtener personal con las características requeridas por el puesto?
- ¿El personal del laboratorio tiene la preparación adecuada?
- ¿Conoce el personal sus funciones?
- ¿Hay las facilidades, medios y servicios de apoyo requeridos para que el personal desarrolle sus funciones?
- ¿El personal realiza adecuadamente las funciones que tiene asignadas?
 Hasta ahora hemos considerado esencialmente la evaluación de las actividades y los subsistemas, pero también puede evaluarse el desempeño del personal.
- ¿Hay ausentismo e impuntualidad?
- ¿Se imparte capacitación al personal que la requiere?
- ¿Hay estímulos tendientes a motivar al personal?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
8.5.1 Listar actividades	Administrativa	Actividades definidas en los subsistemas			
8.5.2 Definir puestos	Administrativa	De A 8.5.1	Experiencia en el laboratorio	Resultado de la actividad	
8.5.3 Determinar quienes ocuparán puestos	Administrativa	Preparación que requieren los puestos y preparación del personal considerado	Conocimiento del funcionamiento del laboratorio		
8.5.4 Informar al personal	Administrativa	Funciones que corresponden al puesto o al personal			
8.5.5 Determinar capacitación	Administrativa	Preparación del personal y preparación requerida			
8.5.6 Impartir capacitación	Pedagógica	De A 8.5.5	Ad-hoc		
8.5.7 Motivación	Administrativa				

S 8.6 Comunicación

Obj. 8.6s. Establecer mecanismos adecuados de comunicación entre las personas asociadas con el laboratorio.

En el laboratorio se presentan diversas situaciones que requieren de comunicación entre el personal. Por ejemplos:

- Informar a instructores y alumnos sobre equipo y/o experimentos nuevos.
- Impartir instrucciones a alumnos.
- Comunicación sobre los procedimientos del laboratorio.
- Reportar falta de material.
- Sugerir nuevas prácticas.
- Obtener opinión de los alumnos sobre los instructores.
- Etc.

Algunos requerimientos de comunicación se presentan en forma periódica (e.g.: impartición de las instrucciones de la práctica a los alumnos); otros, en forma ocasional (e.g.: quejas, sugerencias, etc.). En todos los laboratorios se da la comunicación en alguna forma, pero rara vez se aborda este aspecto en un modo sistemático, especialmente en lo que se refiere a la comunicación irregular u ocasional.

Para el buen funcionamiento del laboratorio, y para detectar fallas o deficiencias que lo afectan, se requieren mecanismos adecuados de comunicación, y que no sólo se dependa de la que se produce en forma espontánea. Al no haber canales

definidos, la comunicación sólo se efectúa cuando la persona que la inicia tiene la suficiente motivación pero, si existe algún obstáculo para realizarla expeditamente, puede diluirse el impulso inicial y no producirse la misma; asimismo, en caso de reportarse alguna deficiencia, las personas que se consideren afectadas por dicho reporte pueden suponer que se trata de una acción agresiva y fuera de lo común en su contra, en vez de un procedimiento normal del laboratorio, y pueden producirse fricciones entre los integrantes del sistema.

En las secciones anteriores de este trabajo hemos puesto énfasis en los subsistemas pero, en el caso de la comunicación, ésta se da entre las personas más que entre aquellos. Supongamos que en un laboratorio participan, en grados diversos, las personas siguientes: el director o jefe de la división o departamento en que está el laboratorio, el coordinador del mismo, profesores de laboratorio, almacenista, asesores, profesores de teoría. Habrá necesidades frecuentes de comunicación entre las personas siguientes:

jefe departamento - coordinador (p.ej., informes),
 instructores (profs. de lab.) - coordinador (p.ej., quejas, peticiones),
 alumnos - coordinador (p.ej., peticiones, sugerencias),
 alumnos - instructores,
 coordinador - asesores,
 etc.

En especial, consideramos que el establecer canales de

comunicación adecuados entre los alumnos y la coordinación es un aspecto que ha sido descuidado. Los alumnos pueden desempeñar un papel importante en la mejora del laboratorio si se les indica lo que pueden hacer y en qué forma. Lo mismo se aplica a los profesores de laboratorio.

Aparte de la comunicación verbal, que es la más utilizada, pueden usarse los mecanismos siguientes:

- Encuestas o cuestionarios (entre los alumnos y los profesores).
- Los reportes de los alumnos sobre las prácticas (para informar de problemas en la realización de la práctica, opinión de los alumnos sobre la misma, etc.)
- Formas especiales para reportar faltas de material, descomposturas, accidentes, sugerir nuevas prácticas, etc. Se debe indicar a quienes vayan a hacer uso de estas formas, en dónde obtenerlas y a quien entregarlas.
- Circulares.
- Buzones para que reciban comunicaciones los profesores de laboratorio.
- Tableros de noticias o informes (las sugerencias, peticiones y las respuestas a éstas también pueden aparecer en el tablero).
- Buzón y/o libro de sugerencias.
- Memorandos.
- Folletos o manuales (p.ej., manual de alumnos, procedimientos de seguridad en el uso del equipo, etc.)

Es importante que la coordinación, o a quien corresponda, dé respuesta a las críticas o sugerencias que se le hagan.

Las actividades correspondientes a este subsistema son:

A 8.6.1 Analizar los requerimientos de comunicación de los diversos integrantes del laboratorio (tipos de situaciones, de quién a quién se dirige la comunicación, etc.) y determinar los canales sugeridos para cada caso.

El canal o mecanismo apropiado depende , entre otras cosas, de quién inicia la comunicación y a quién se dirige. Por ejemplo, si el coordinador desea comunicar a los alumnos la llegada de equipo nuevo, puede hacerlo por medio de una nota en el tablero; si los alumnos quieren reportar al coordinador la falta de material podría ser más conveniente hacerlo mediante una forma o memorandum ad-hoc.

También puede incluirse aquí establecer un programa de comunicación con otros laboratorios similares, que puede consistir, por ejemplo, de intercambio de información o de visitas recíprocas periódicas.

A 8.6.2 Implantar el sistema seleccionado (en 8.5.1).

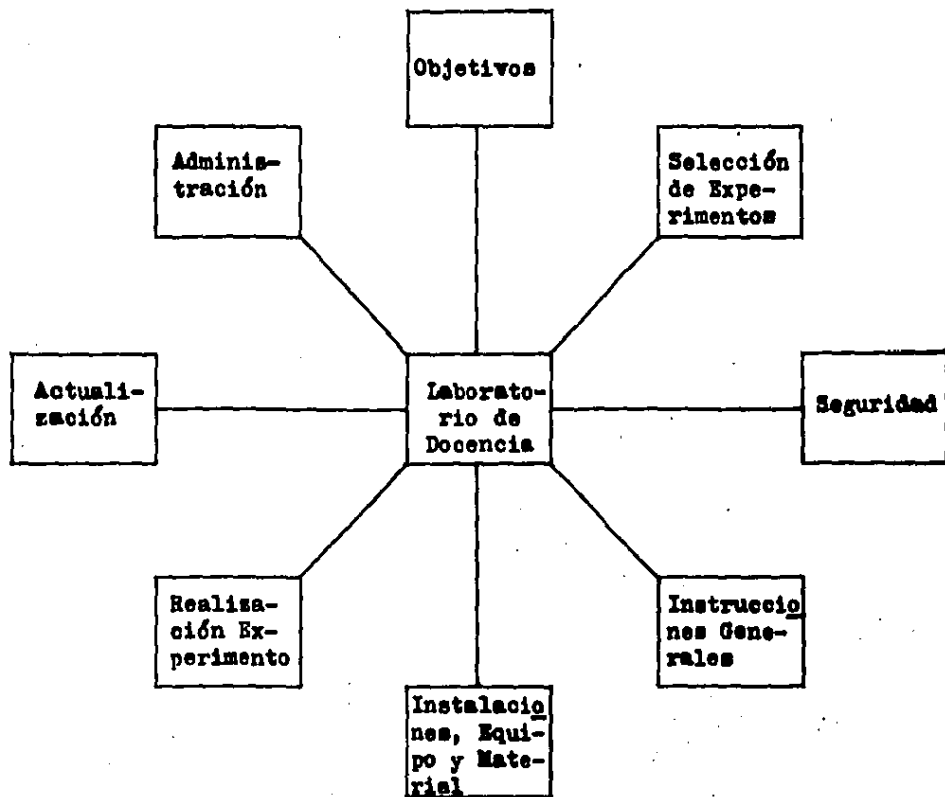
A 8.6.3 Informar a los participantes en el laboratorio de los canales que son de su interés.

§ 8.6. Evaluación (ver § 8.4).

Algunos criterios de evaluación son:

- ¿Existen canales o mecanismos para las necesidades de comunicación que se presentan en el laboratorio?
- ¿Conocen los participantes en el laboratorio los mecanismos de comunicación que les corresponden?
- ¿Consideran los participantes en el laboratorio que la comunicación de ellos hacia el resto, y viceversa, es satisfactoria?

Actividad	Tipo de actividad	Información requerida	Preparación	Registrar	Procedimientos
8.6.1 Analizar requerimientos de comunicación	Adminis- trativa	Descripción del puesto o funciones de la persona	Experiencia en la <u>en</u> <u>señanza</u> del laborato <u>r</u> <u>io</u> y el <u>funcionamien</u> <u>to</u> del mismo		
8.6.2 Implan- tar el sistema	Adminis- trativa	De A 8.6.1			
8.6.3 Informar a participan- tes en el labo <u>r</u> <u>atorio</u>	Comunica <u>ción</u>	De A 8.6.1 y A 8.6.2			



Subsistemas del Laboratorio

CONCLUSIONES

A partir de los objetivos del laboratorio y sus funciones básicas hemos propuesto ocho subsistemas principales para el laboratorio (ver esquema pag. anterior). Del análisis de éstos, hemos identificado unas ciento diez actividades para el laboratorio. Examinando éstas, vemos que existen muchas otras actividades además de las tradicionales de impartir clase y las que se relacionan directamente con ésta, que constituyen sólo una fracción del total, aunque frecuentemente el laboratorio se restringe a ellas. Algunas de las actividades que se señalan son bien conocidas y se realizan en casi todos los laboratorios, pero otras se descuidan o pasan por alto, p.ej., las que corresponden a los subsistemas de Actualización, Diseño, Comunicación, Información, etc.

También vemos que además de las actividades de carácter académico, hay un gran número de actividades de tipo administrativo (relacionadas con funciones de compras, contabilidad, organización, etc.), así como otras de carácter técnico, pedagógico, de comunicación, etc. Dentro del esquema de repartición de funciones, la mayoría de las actividades corresponde a la coordinación del laboratorio, por lo que es necesario contar con una buena coordinación, que realice funciones tanto de tipo académico como administrativo, y que puede estar a cargo de una o varias personas, según las posibilidades del laboratorio.

El esquema presentado aquí deberá usarse como una guía, y ser adaptado conforme a las peculiaridades de cada laboratorio y mejorado según la experiencia lo vaya indicando.

Pensamos que también un laboratorio pequeño, con escasos recursos, puede estar actualizado y bien manejado, y realizar casi todas las actividades que aquí se proponen, dentro de sus limitaciones. Lo que puede variar de un caso a otro, según los medios que se tengan, es la amplitud con que se efectúan las actividades. Por ejemplo, en lo referente a la actualización del personal académico, mientras que un laboratorio podrá enviar a su personal a congresos o cursos, otro deberá restringirse a realizar revisiones de la literatura o a llevar correspondencia con otros laboratorios.

Consideramos que el análisis que se presenta aquí será de utilidad, más que para planear un laboratorio desde sus inicios, para contribuir a mejorar laboratorios que ya estén en funcionamiento. Desde luego, no es posible introducir en un laboratorio, de la noche a la mañana, todos los elementos que aquí se señalan. Es recomendable primeramente hacer un diagnóstico o evaluación del laboratorio, tanto global y en lo referente a los diversos subsistemas (pueden usarse, por ejemplo, los criterios de evaluación señalados en el curso del trabajo). Dicha evaluación revelará los aspectos más atrasados o problemáticos. Podrá empezarse por resolver éstos, y así proceder en una forma gradual a la reorganización y mejora del laboratorio.

Creemos que al desempeñar los laboratorios en una forma más efectiva su papel en la enseñanza experimental, no sólo se obtendrán estudiantes mejor preparados en las ramas científica y técnica, sino que se desarrollará su interés por la investigación experimental, por lo que es posible esperar también influencias favorables sobre el sistema de investigadores.

BIBLIOGRAFIA

1. A. Cornejo, Revista Mexicana de Física, 27, 270 (1981).
2. F. Aldape, Revista Mexicana de Física, 30, 384 (1984).
3. Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, no. 1, p. 2 (mayo 1985).
4. A. Calles y E. Yépez, Revista Mexicana de Física, 28, 266 (1982).
5. R. Peralta-Fabi, Revista Mexicana de Física, 29, 290 (1983).
6. F.F. Hill y R. Stollberg, Laboratorio de Física - Fundamentos y Fronteras (Cultural, México, 1969).
7. S. Alvarez Ballesteros, Anteproyecto de un Laboratorio para los Cursos de Física de la ESIME (Tesis, ESIME, México, 1969).
8. F. García Gutiérrez, Proyecto del Laboratorio de Química Aplicada de la ESIME (Tesis, ESIME, México, 1961).
9. F. Cervantes Lee y J.J. Alvarez Paque, Diseño de un Laboratorio de Fisicoquímica e Instructivo de Prácticas (Tesis, Universidad de Guanajuato, México, 1973).
10. E. Contreras Campos, Laboratorio de Química (Herrero, México, 1968).
11. H.J. Barroso Coronado, Guía de Laboratorio para la Enseñanza de los Principios de Física a Nivel Intermedio (Tesis, Universidad Autónoma de Guadalajara, México, 1973).
12. G. Carreón Flores, Proyecto de Organización del Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Universidad de

- Guanajuato (Tesis, Universidad de Guanajuato, México, 1964).
13. M. Delfín Figueroa, Guía de Laboratorio de Química (Porrúa, México, 1964).
 14. J.D. González, Ciencias Informa (Facultad de Ciencias, UNAM), p. 21 (marzo 1985).
 15. K. Guy, Organización y Administración de Laboratorios (Urmo, Bilbao, 1976).
 16. G.R. Terry, Principios de Administración (CECSA, México, 1971).
 17. H. Koontz y C. O'Donnell, Curso de Administración Moderna (McGraw-Hill, México, 1973).
 18. C. West Churchman, El Enfoque de Sistemas (Diana, México, 1973).
 19. R.F. Mager, La Confeción de Objetivos para la Enseñanza (Guajardo, México, 1975).
 20. G. Sotó de la Vega y C. Cárdenas O., Memoria del IX Congreso Nacional de Enseñanza en Física, Sociedad Mexicana de Física, p.22 (1983).
 21. L. Gottdiener, Instructivos para Prácticas de Laboratorio de Calor, Ondas y Fluidos (Facultad de Ciencias, UNAM, 1983; sin publicar).
 22. N.V. Steere (Ed.), Handbook of Laboratory Safety (CRC, Boca Ratón, 1971).
 23. J. Sánchez Basurto, Instalación de Laboratorios de Física y Química (Tesis, Escuela Normal Superior, México, 1967).
 24. L.J. Gitman, Fundamentos de Administración Financiera, p.236 (HARLA, México, 1978).

25. E. Naddor, *Inventory Systems* (J. Wiley, New York, 1966).
26. H.R. Crane, *American Journal of Physics*, 45, 599 (1977).
27. R.L. Ackoff, *Rediseñando el Futuro*, p.30 (Limusa, México, 1979).
28. R. Miller, *Developing Programs for Faculty Evaluation* (Jossey-Bass, San Francisco, 1974).
29. E. Guba, *Effective Evaluation* (Jossey-Bass, San Francisco, 1981).
30. L.J. Karmel, *Medición y Evaluación Escolar* (Trillas, México, 1974).
31. R.F. Mager, *Medición del Intento Educativo* (Guadalupe, Buenos Aires, 1975).