

INFORME ESPECIAL

TENDENCIAS MODERNAS EN EDUCACION Y SU IMPORTANCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

Por John Cowan

M. C., Ph. D., F. I. Struct.,

M. I. C. E.

Unidad de Aprendizaje de

Ingeniería Civil

Hariot-Watt University

Edimburgo, Escocia

Versión: J. Bedoya y C. A. Rojas

1. Introducción General

Es posible estudiar el proceso de aprendizaje en un estudiante en la misma forma como se estudiaría el proceso de deformación en el concreto. La filosofía y los principios básicos son muy similares - y la similaridad se hace más evidente después de que se han tenido experiencias investigativas en ambos campos.

Se pueden observar numerosos paralelismos. Por ejemplo, se puede medir la resistencia del concreto a la deformación, y lo mismo se puede hacer con el aprendizaje; en cada caso, habrá variaciones notables en los resultados medidos, y habrá dudas similares con respecto al significado real de las mediciones tomadas y de su aplicabilidad (al extrapolarlos para otras situaciones). Ambos tópicos tienen aún otra importante característica en común: ninguno de ellos ha sido completamente entendido por los investigadores, ya que los campos son complejos y especializados, y los investigadores necesitan mucho entrenamiento, conocimiento y experiencia antes de que puedan encontrar resultados valiosos.

El lector descubrirá que es difícil preparar un resumen serio de las tendencias actuales y de los resultados en la investigación educativa como lo sería resumir el estado actual del conocimiento de la deformación del concreto. Sin embargo, el autor siente que el objetivo perséguído exige intentar cumplir la primera tarea, como una introducción a la discusión que se desarrollará en este artículo

2. Metas y Objetivos

El diseño sistemático de un curso deberá empezar por una definición de las metas y de los objetivos, según el grupo a quien se dirija. La Tabla 1 muestra algunos ejemplos de metas para un curso. Se observará que estas metas son definiciones generales de propósitos, que se pueden ampliar expresándolas como unas listas detalladas de objetivos (véase Tabla 2), donde éstos especifican resultados esperados en términos de comportamiento. La definición de los objetivos (1) debe describir las habilidades que se espera que el estudiante adquiera y sea capaz de demostrar, dejando poco espacio para dudas y discusiones al confirmar dicho logro. Un objetivo debe estipular el nivel de dominio y (en teoría) las condiciones en que se realizará la tarea - aunque lo último a menudo se deja implícito, y entonces se omite de la definición. La experiencia anterior y la capacidad del estudiante se describen generalmente, en forma separada, como sus conocimientos de pre-requisito.

El uso de objetivos como medios para definir las metas del curso se ha extendido a través de la educación durante los últimos veinte años, y de ninguna manera es escaso en la educación avanzada; cursos completos se han analizado y descrito de esta manera. Los objetivos no pueden ser la panacea para todas las enfermedades, y se debe admitir que hay circunstancias en que la habilidad deseada no se describe bien en términos de objetivos. Sin embargo, es posible identificar, en términos claros, lo que el profesor y entrenador espera que sus estudiantes aprendan; y es entonces correcto discutir racionalmente la importancia de los objetivos sugeridos, significativa y creativamente, para diseñar situaciones de aprendizaje a través de las cuales se puedan obtener los objetivos, y para preparar evaluaciones que midan el éxito en el logro de los objetivos.

Los objetivos se pueden clasificar jerárquicamente. El primer esquema de clasificación que recibió una atención amplia fue diseñado por Bloom (2), quien preparó una "taxonomía de objetivos educacionales para el dominio cognoscitivo" —o, en términos simples, una clasificación ordenada de los tipos de objetivos relacionados con el conocimiento y con el uso de éste. Esquemas similares existen para entrenamientos psicomotores (tales como habilidades para la mano derecha) y para objetivos afectivos (3) que se preocupan por las actitudes (tal como una preocupación real por la seguridad del trabajo). La definición de las metas del curso en la forma de objetivos es un pre-requisito indispensable para un diseño detallado del currículum, o aún para la formulación de los criterios de evaluación, los que son esenciales para la medición del aprendizaje, y de la retención en cortos o largos períodos.

3. Evaluación Comparativa

Durante los últimos veinte años muchos investigadores han estado realizando

evaluaciones de los criterios para estudiar el efecto de experimentos comparativos con pares de grupos. En efecto, quizás muchos investigadores han estado haciendo, justamente eso! La literatura sobre investigación está atestada con informes de experimentos comparativos, en los que dos o más grupos de estudiantes se exponen a situaciones similares, pero con un pequeño cambio en la enseñanza, el cual es sujeto a estudio. En estos experimentos, la diferencia en el aprendizaje de los grupos se ha evaluado por medio de pruebas anteriores y posteriores, que midieron la ganancia en aprendizaje o conocimiento, y que produjeron resultados que se podrían comparar estadísticamente, para determinar el significado de la diferencia (si la hubiere) entre uno y otro método de enseñanza.

TABLA 1: Metas Típicas de un Curso

(Tomado de varios syllabi)

1. Estudiar Hidrostática básica, y su uso en problemas simples.
2. Promover la familiaridad con los principios básicos de la administración de la ingeniería.
3. Alentar la apreciación de los fundamentos de la metodología de la investigación.
4. Mostrar cómo las redes se pueden analizar por medio de varias técnicas iterativas.
5. Suministrar bases para métodos de pruebas no-destructivas.
6. Inducir la comprensión del comportamiento de las estructuras.
7. Explicar cómo diseñar componentes en concreto reforzado sujetos a cargas cíclicas.

TABLA 2: Ejemplos Típicos de Objetivos

(Una selección tomada de varios manuales de cursos de Ingeniería Civil)

Al final del período adecuado de aprendizaje, el estudiante debe estar en condiciones de:

1. **Calcular** los valores extremos y **dibujar** el Diagrama de Momento Flector para cualquier viga estáticamente determinada, con un máximo de

- 3 articulaciones, y cargada con una combinación de cargas concentradas, uniformemente distribuidas y pares.
2. **Identificar**, sin cálculos, el elemento más desfavorablemente cargado a tracción en un entramado articulado, estáticamente determinado, cargado en sus nudos solamente.
3. **Fabricar, curar y ensayar** un cubo de hormigón de 15 cm (6 pulgadas) de acuerdo con el actual Código de Práctica.
4. **Evaluar Críticamente** los métodos disponibles para la estimación de la escorrentía de un área urbana durante una tormenta.
5. **Diseñar** una mezcla de hormigón de resistencia especificada, dadas muestras de la arena, los áridos para usar y acceso a los servicios de laboratorio necesarios.
6. **Explicar** las razones principales para la falla de la pila de escombros de la hullera en Aberfan, Gales del Sur.
7. **Indicar** los métodos actualmente usados para el diseño de ménsulas en hormigón reforzado, y **explicar** cualquier punto de controversia que se desprenda de ellos.

La mayoría de los experimentos de este tipo han llevado a la conclusión de que no se presentan "diferencias significativas" entre un grupo y otro, lo cual difícilmente podría considerarse como un resultado sorprendente. Por cuanto que todos los seres humanos tienen su individualidad, resulta inevitable que se presenten dispersiones en los resultados del análisis de cualquier grupo, sin importar qué tan cuidadosamente se haya escogido. Así, cualquier diferencia entre el promedio de aprendizaje de un grupo y el mismo promedio en otro grupo será insignificante, a menos que el aspecto estudiado se preste para grandes diferencias. Además, los experimentos comparativos generalmente se han conducido por períodos relativamente cortos, lo cual significa que la experiencia de aprendizaje suele ser una novedad para los estudiantes. Por lo demás, es bien conocido que el "efecto Hawthorne" (4) puede producir extraordinarios resultados en cualquier situación novedosa. Por éstas y otras razones resulta difícil justificar la aplicación de resultados extraídos de experimentos comparativos de corta duración a situaciones de la vida cotidiana.

Los experimentos comparativos han perdido algo de favoritismo. Con todo, la edad de las pruebas posiblemente fue una fase útil. Aún en el caso de que muchas de las comparaciones hubieran sido infructuosas, el desarrollo de herramientas de medida, y las pruebas que medirían el aprendizaje, sirvieron

para arrojar luz sobre las debilidades en la forma de instrucción, y a menudo ayudaron a revelar que la evaluación, por parte del profesor, de la cantidad de aprendizaje en sus alumnos fueron completamente erróneas. Tales procedimientos de examinación continúan siendo particularmente útiles para evaluar con seguridad los resultados discernibles de cualquier situación en el aprendizaje o la enseñanza; su desarrollo fue un producto valioso de esta fase de las ciencias de la educación.

4. Evaluación

La investigación en el campo de la educación se ha movido últimamente hacia la fijación de la atención sobre lo que se ha llamado "evaluación": un proceso cuyo dominio requiere hacer un curso entero, o, por lo menos, tener una experiencia prolongada en el aprendizaje, y evaluarlo como una entidad completa. Hay tantos cambios significativos para el estudiante en un período de esta duración, que cualquier ganancia en el aprendizaje que tenga lugar entre un período previo a la prueba y otro después de la misma, sería atribuido a una combinación de causas, entre las cuales el efecto del curso bien podría no ser la predominante. Por lo tanto, se está explorando sobre métodos de evaluación que no dependan exclusivamente de pruebas psicométricas.

Los nuevos enfoques en la evaluación están necesariamente expuestos a la crítica de ser considerados como subjetivos. Pero esto nos conduce a recordar que muchos de los métodos aceptables han sido implementados para llegar a juicios en áreas donde la toma de decisiones es necesariamente subjetiva. Nosotros hemos llegado a reconocerle autoridad evaluativa en apreciación artística, en literatura, en la selección de estudiantes para nombramientos por razones de méritos, y, quizás más significativamente, en las cortes de justicia, donde sentencias muy severas son a menudo decididas y aceptadas sin cuestionamiento. Por lo tanto, no es sano eludir los métodos de juzgamiento subjetivo en la educación por el simple hecho de que no son objetivos.

Una estrategia llamada "evaluación iluminativa" (5) hace uso de datos objetivos para llegar a la evaluación subjetiva. Este método le debe mucho al modelo antropológico, por medio del cual los exploradores pueden "evaluar" una sociedad primitiva (tribu) que hayan tenido la oportunidad de descubrir; ellos lo logran mediante el registro directo de sus costumbres y comportamientos para referirlos después a otros. De manera similar, el evaluador educativo puede registrar todo cuanto ocurra en un curso de pregrado (relativamente desconocido) o en una experiencia docente, y puede escribir sus anotaciones en un formato objetivo que le permita a un lector desprevenido llegar a sus propias conclusiones, sin ser influido por los puntos de vista subjetivos del evaluador. Este proceso es promisorio, como quiera que es un camino creíble y realista para apreciar situaciones mucho más complejas que aquellas

reconocidas por quienes se muestran partidarios de los objetivos y de las pruebas sicométricas por medio del examen de criterios.

5. Planeación y Ejecución de la Investigación y el Desarrollo

El diseño de un curso es un proceso cíclico. De acuerdo con la lógica, éste puede comenzar con la definición y clarificación de metas y objetivos, moverse hacia la escogencia de métodos y situaciones donde tales métodos y objetivos tengan la posibilidad de ser realizadas, continuar con el desarrollo de esquemas pilotos para verificar los propósitos, y luego darles validéz, en situaciones de la vida diaria, usando herramientas de medida diseñadas durante la etapa de planeación. Pero, a menos que el programador sea sumamente afortunado, la validación revelará puntos débiles, problemas y más posibilidades de mejoramiento que no se habían previsto; y así, metas y objetivos deben reconsiderarse y pulirse. A partir de ahí, el proceso de continua revisión será un elemento constante en cualquier programa educativo o de entrenamiento.

Hay que admitir que éste es un proceso exigente, pero ello es así en cualquier actividad de la investigación o del desarrollo de una idea. Quizás una de las tragedias entre quienes se mueven en el campo de la educación consiste en que gente inexperta espera obtener muy buenos resultados con muy poca inversión de esfuerzo y con una gran ignorancia de lo hecho por otros, cosa que no harían si se tratara de investigación en algún aspecto de la ingeniería.

6. Aplicaciones de Investigación Educativa en la enseñanza de la Ingeniería

La aplicación intencional de la investigación educativa nos permite desarrollar, sopesar y modificar cursos de una manera considerablemente más sistemática, rigurosa y exitosa que los métodos que la mayoría de nosotros hemos empleado en el pasado. Esto nos puede conducir a iniciativas enteramente nuevas y a avances significativos tanto en los métodos como en los resultados. Es posible hallar ejemplos de ello en varias ramas de la educación vocacional - tales como en medicina y arquitectura.

En las escuelas de medicina del mundo entero se han hecho avances enormes en este campo. Un programa sumamente ambicioso para la educación "de por vida", en medicina, se encuentra disponible en el Reino Unido y en otras naciones, con duración de más de veinte años; el material que se produce para la enseñanza a distancia es de gran calidad profesional y pedagógica y resulta muy efectivo para el médico - alumno. Muchas de las ideas de investigación que se han publicado en tópicos tales como falta de consistencia y confiabilidad de los exámenes, objetivos del comportamiento, desarrollo de paquetes educativos, y el uso de situaciones de realimentación, han sido desarrollados por investigaciones del campo de la medicina y hay un buen número de departamentos y cátedras de educación médica donde los asuntos que

importan al staff en su investigación y enseñanza no es la medicina como tal, sino la **enseñanza** de la medicina.

En arquitectura el énfasis se ha orientado hacia las áreas del cunículo donde la maestría solamente se puede evaluar con dificultad, y donde los métodos de enseñanza y aprendizaje se preocupan más con el fomento y estímulo de la creatividad que con la adquisición de conocimiento y habilidades. Aquí de nuevo se han hecho enormes adelantos, particularmente en el uso de trabajo en pequeños grupos, en la evaluación de los proyectos, y en el desarrollo de habilidades interpersonales.

Dentro del campo de la ingeniería, los profesores prácticamente han demostrado que la investigación y el trabajo de desarrollo se pueden efectuar de una manera extremadamente valiosa por académicos que no están específicamente y únicamente comprometidos con la disciplina educacional. Pero la situación dentro de la ingeniería es menos dinámica. Los ingenieros rara vez informan de desarrollos educacionales significativos y, en aquella poca compañía, los ingenieros civiles son una minoría! La ingeniería civil muy bien puede haber sido el primer ramo dentro de la profesión de la ingeniería; pero, educacionalmente, ha sido dejada atrás por miembros más jóvenes de las ingenierías. Hay una revista técnica sobre educación en Ingeniería Mecánica que publica regularmente hechos interesantes y valiosos de la investigación educativa efectuada por los ingenieros mecánicos o dentro del campo de la ingeniería mecánica; pero no hay publicación similar para ingeniería civil. La conferencia anual "Fronteras en la Educación" (patrocinada por los ingenieros eléctricos y electrónicos) cruza el Atlántico y ofrece una proporción aceptablemente alta de informes que describen los trabajos desarrollados por las gentes de esas profesiones. Se admite que solamente una minoría de los académicos que practican la ingeniería Eléctrica están involucrados en tal tipo de investigación educativa; pero también solamente una minoría de ingenieros eléctricos necesitan o están involucrados en investigación sobre ingeniería eléctrica. Lo que importa es que el número de practicantes de avanzada sea suficiente para garantizar un progreso razonable; al autor no le parece que la profesión de la ingeniería tenga la vanguardia necesaria en el momento presente.

7. Las posibilidades dentro de la Ingeniería Civil

En 1971, usando una aproximación sistemática al desarrollo curricular, el autor remodeló un curso en "El Diseño de Elementos Estructurales" que se ofrecía a los estudiantes del penúltimo año de pregrado en ingeniería civil en la universidad de Heriot - Watt. (6). El curso revisado tenía los mismos jurados, los mismos moderadores, el mismo sílabus y los mismos auxiliares que su antecesor. Después de los cambios en métodos y aproximación, la tasa de fallas se redujo a la mitad, y los costos para dictar el curso se reduje-

ron en un 150/o. Se anticiparon acusaciones de alimentación a cucharadas, y los evaluadores independientes que no habían sido empleados, ni conocidos, ni supervisados por el autor, fueron invitados a realizar el examen quedando más que satisfechos en ese punto particular (7), pues encontraron que se incluía un mayor enriquecimiento y valor educacional que en el curso anterior. Trabajo posterior ha conducido al desarrollo de nuevas estrategias para la enseñanza y el aprendizaje (8), que han proporcionado una apreciación más profunda del proceso del aprendizaje y de la solución de problemas en ingeniería (9, 10).

El autor ha incluido inmodestamente este relato de pequeño pero valioso desarrollo porque cree que tales resultados son una consecuencia casi inevitable de la aplicación de principios educacionales sanos en un ambiente de enseñanza y aprendizaje, de maestros ordinarios como el autor mismo. Experiencias similares se han reportado en otras disciplinas, en otros lugares y a través de la actividad de otros miembros del Staff de ingeniería (11,12). Debemos por lo tanto mirar al futuro como uno por el cual todos podemos tomar una responsabilidad activa y considerar qué se debería hacer primero.

8. Prioridades Inmediatas:

Al tiempo de este escrito, los pánels moderadores existentes en Gran Bretaña para establecer la calidad del contenido y la enseñanza en los cursos de ingeniería, están empezando a involucrarse en un proceso de evaluación a una escala mucho mayor como nunca se había hecho antes. Esta es una tendencia que seguramente se acelerará en la mayor parte de los países desarrollados del mundo.

La moderación es una forma de evaluación. Recursos limitados restringen las opciones abiertas a consideración; sin embargo, hay campo para el refinamiento de sus métodos recientes, de tal manera que se harán más sistemáticos, comprensivos y profesionales.

Los evaluadores deben ser capaces de hablar extensamente con muestras representativas del "staff" y de los estudiantes seleccionados por los mismos evaluadores, utilizando entrevistas estructuradas. Necesitan realizar evaluaciones propias, en condiciones normales, con el fin de correlacionar los estándares. Deben organizarse para asistir a muchas de las conferencias, ayudas y laboratorios, y para registrar lo que sucede allí — porque, solamente cuando ellos conocen cómo se les ha enseñado a los estudiantes, pueden establecer el criterio de los exámenes y evaluaciones y los trabajos del curso. Ellos pueden aún desear introducir exámenes aleatorios y orales basados en criterios de evaluación reconocidos.

Pero se espera que la primera parte de este trabajo haya mostrado que el mejor punto para empezar tiene que ser encontrado en el mismo comienzo;

de tal manera que la base de la educación de ingeniería se debe reexaminar tan pronto como sea posible, antes de que se le dedique más atención a la evaluación de los cursos. Porque, aunque muchos ingenieros y académicos practicantes han redactado una variedad de las metas de la educación en ingeniería, un reexamen de estas metas revela que hay una divergencia de opinión que requiere ser resuelta, o una discrepancia en los medios de expresar dicha opinión que se debe clarificar. Esta tarea (cualquiera que sea), se debe tomar seriamente y sin ninguna demora. Los académicos e ingenieros practicantes se deben reunir e intentar preparar listas detalladas de objetivos de comportamiento para partes seleccionadas de los cursos de pregrado y para los programas de entrenamiento que se ofrecen dentro de la profesión. Estos grupos deben conformarse principalmente por gente que aprecia tanto las limitaciones del objetivo de comportamiento como de los medios para expresar y reconocer los logros, pero que verán sus discusiones como una primera etapa en el establecimiento de un lenguaje común para la identificación del acuerdo o desacuerdo, un piso común para discusión y un intento común para la educación en ingeniería. Se debería continuar hasta la formulación de evaluaciones e instrumentos que examinen las partes de la maestría que se intenta identificar y describir, y deben utilizar tales evaluaciones como herramientas para identificar áreas débiles en la educación y programas de entrenamiento actuales y sugerir los métodos para eliminar estas debilidades.

De todo esto, la experiencia de otros investigadores en campos similares no se debe descartar hasta que se haya examinado primero y evaluado completamente en un contexto de ingeniería. No hay razón para redescubrir la rueda, cuando hay tantas teorías educacionales nuevas en uso cotidiano. Por ejemplo, las teorías y adelantos educativos en la enseñanza de la medicina se deben estudiar muy cuidadosamente y particularmente orientado hacia el interés en la profesión de la ingeniería para promover entrenamiento en servicio y la continuación de "la educación durante toda la vida" para los ingenieros.

Pero existen otras áreas dignas de atención, donde nosotros podemos comenzar en pie de igualdad, por lo menos, con nuestros colegas, no importa de dónde sean. La tendencia durante los años 70's fue hacia la independencia en el aprendizaje, una aspiración que es sorprendentemente compatible con los puntos de vista de los empleadores y de otras personas relacionadas con la ingeniería, quienes continuamente buscan ingenieros creativos, capaces de resolver problemas y tomar decisiones. Hoy día, algunos estudiantes gozan de la libertad de controlar el ritmo al cual aprenden (13) en lugar de verse restringidos a proceder con la misma velocidad de sus compañeros durante una sesión convencional. En unos pocos centros es posible que los educandos usen diferentes enfoques sobre el tema tratado (14), dependiendo de sus talentos, sus experiencias y sus inclinaciones particulares. Aún se da el caso de que en uno o dos cursos los estudiantes tienen ingerencia en la determinación del contenido de los mismos (15), una responsabilidad que cualquier estudiante

"de por vida" debe eventualmente aceptar alguna vez después de haber dejado la atmósfera paterna de la institución donde ellos recibieron su entrenamiento inicial. Hay un área del desarrollo educacional en la cual los ingenieros han sido sobresalientes. Ahora su iniciativa debe ser aún más estimulada y explotada. Por ello es por lo que nuestra profesión tiene que estar interesada en la independencia y la autonomía como cualquiera otra; hasta ahora, los métodos que tradicionalmente se han usado en la formación de ingenieros han estado bastante alejados de la independencia, y raras veces han sido autónomos.

La atención también está siendo dirigida hacia las diferencias individuales que aparecen entre los estudiantes, hacia los problemas provocados por esas diferencias en situaciones de aprendizaje autónomo, y hacia las implicaciones de esas diferencias en el diseño de programas (9,10) lo que ayudará a cada alumno a desarrollar al máximo sus capacidades. Psicólogos escolares han sido de los primeros en señalar que el esclarecimiento de este extremadamente complejo problema requiere en parte el compromiso de los hombres y las mujeres que han recibido la formación original, por cuanto ellos pueden tener una simpatía verdadera hacia su solución y un entendimiento de los problemas y temas que el estudiante esté tratando de describir y explicar (16).

El proceso de la formación de ingenieros involucra tanto la ingeniería como la educación. Por lo tanto, el mejoramiento de nuestra educación y entrenamiento debe confiarse a personas que tengan el doble compromiso de la educación y la ingeniería. Su número no necesita ser muy grande, pero la importancia de ambos componentes en la estrategia final está fuera de duda.

Sería una tontería intentar mejorar la educación de la ingeniería sin un adecuado conocimiento de la ingeniería, como también lo sería el intentarlo en completa ignorancia acerca de los complicados y refinados elementos que están envueltos en la manipulación de educadores y educandos, dentro de un amplio contexto de ingeniería social.

9. Conclusiones

El autor espera que él haya mostrado que las siguientes conclusiones pueden ser establecidas confiablemente:

- La ingeniería está retrasada con relación a otras disciplinas en lo referente a desarrollo del curriculum e investigación educativa aplicada.
- Un primer paso para mejorar esta situación sería definir objetivos y establecer adecuados criterios de evaluación, procurando que sean de amplia aceptación entre el gremio.

- La responsabilidad principal en cuanto al desarrollo de la educación o formación de ingenieros debe confiarse a personas que posean tanto una sólida experiencia en ingeniería como en la aplicación de los principios pedagógicos, dentro de un contexto de la ingeniería.
- La experiencia que actualmente está siendo acumulada en lo referente al aprendizaje independiente, debe aplicarse lo más rápidamente posible a personal en servicio, a quienes se hallan en plena carrera y a quienes optan por educación "de por vida".

10. Unas palabras finales

La educación en ingeniería en Colombia constituye precioso haber - un nivel de dedicación y compromiso entre los profesores que difícilmente puede hallarse en otra parte. Sería un deseo del autor que este interés pueda equiparse y reforzarse de tal manera que se le pueda dar pleno uso y pueda aún conducir hacia una nueva Colombia.

11. Referencias Bibliográficas

- (1) Meager, R.F. "Preparing Instructional Objectives" Fearon Publishers, Belmont, California. 1962.
- (2) Bloom, B.S. et al "Taxonomy of Educational Objectives - Cognitive Domain" Longmans, Green & Co. New York. 1956.
- (3) Krathwohl, D.R. et al "Taxonomy of Educational Objectives II - Affective Domain" Longmans, Green & Co. New York. 1956.
- (4) Cook, D.L. "The Impact of the Hawthorne Effect in Experimental Designs in Educational Research" U.S. Bureau of Research Project No. 1757 Contract No. OE-3-10-041. 1967.
- (5) Parlett, M. and Hamilton, D. "Evaluation as Illumination" Occ Paper No. 9: Centre for Res. in Ed. Science, University of Edinburgh. 1972.
- (6) Cowan, J., Morton, J. and Bolton, A. "An Experimental Learning Unit for Structural Engineering Studies" Struct. Eng. 51(9) pp337-9. 1973.
- (7) Cowan, J. "Two Case Histories of Curriculum Development" Proc Lehrsysteme '72 Berlin. 1972.
- (8) Cowan, J. "Individualised Learning as a Catalyst of Educational Development" 4th International Conference on Higher Education Lancaster. 1978.

- (9) Cowan, J. "Individual Approaches to Problem Solving" International Conference on Educational Technology, Surrey. 1977.
- (10) Brohn, D.M. and Cowan, J. "Teaching Towards an Improved Understanding of Structural Behaviour" Struct. Eng. 55(1) pp9-17. 1977.
- (11) Fagan, B.M. "Audio-Tutorial: The Challenge of the 70's" Keynote address, Audio-Tutorial Conference, Purdue, Indiana. 1971.
- (12) Mills, G.M. Report on Independent Learning Methods Proc Annual Conference SRHE. Dec. 1973.
- (13) Boud, D. and Bridge, W. Keller Plan: A Case Study in Individualised Learning. Nuffield Group Seminar. 1974.
- (14) Cowan, J. "Individuality in Learning" Closing paper, Central Institution Conference on Educational Technology, Dundee. 1979.
- (15) Cowan, J. "Freedom in the Selection of Course Content" Studies in Higher Education 3(2) pp139-148. 1978.
- (16) Saljo, R. Personal Communication, after Discussions in the Student Learning Working Group at the 4th International Conference on Higher Education Lancaster. 1978.

Edimburgo, 1980 y Medellín, 1981