

Eduardo
ALDANA VALDÉS

En rescate del olvido
Tomo I

**INGENIERÍA
Y ACADEMIA**


Ediciones
Unibagué

EDUARDO
ALDANA VALDÉS

En rescate del olvido
Tomo I

Ingeniería y Academia

Ibagué, 2015

Co864

V357e Aldana Valdés, Eduardo

En rescate del olvido I / Eduardo Aldana Valdés. Ibagué:
Universidad de Ibagué. Rectoría, 2015.
340 p.

ISBN Impreso 978-958-754-162-5

Digital 978-958-754-168-7

Descriptores: Aldana Valdés, Eduardo-Ensayos

©Universidad de Ibagué, 2015

Alfonso Reyes Alvarado

Rector

©Universidad de los Andes, 2015

Pablo Navas Sanz de Santamaría

Rector

© Eduardo Aldana Valdés, 2015

Octubre de 2015

Dirección editorial: Ediciones Unibagüé

ediciones.unibague.edu.co

publicaciones@unibague.edu.co

Universidad de Ibagué

Carrera 22, calle 67. Barrio Ambalá

Teléfono: +57 (8) 2709400

Ibagué, Tolima, Colombia.

www.unibague.edu.co

Diseño, diagramación e impresión

León Gráficas Ltda. PBX 2630088. Ibagué.



En rescate del olvido I by Eduardo Aldana Valdés is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License.

Contenido

Prólogo a la colección	9
Presentación del Tomo I.....	23
1. University of Illinois (1955 a 1958)	31
En defensa de Bogotá.....	33
Analytical studies of the relations among various design criteria for prestressed concrete (Coautor).....	34
2. Universidad de los Andes (1958 a 1960)	41
Pronunciamiento de la Asociación de Antiguos Alumnos sobre creación de Club de Amigos (Coautor).....	43
Estudio preliminar sobre exámenes de admisión	45
Secciones compuestas de hormigón pretensionado	52
Memorándum para el Rector Jaime Samper.....	57
La expansión de la Facultad de Ingeniería	58
Anexo. Respuesta del Rector Jaime Samper.....	60
3. Fuerza Aérea Colombiana (1960 a 1962)	63
Saludo del director a los nuevos cadetes	65
Despedida del director.....	68
Palabras de agradecimiento en la despedida de los colaboradores.....	69
Informe de actividades desde enero de 1960 a mayo de 1962.....	73
Despedida del Comando de la Base Escuela.....	80
Anexo 1. Palabras de despedida al doctor Eduardo Aldana Valdés, por David Herrera Insignares	83
Anexo 2. Condecoración del Mérito Aeronáutico Antonio Ricaurte.....	86
Anexo 3. Condecoración Cruz Fuerza Aérea Categoría Comendador	87

Anexo 4. Mención Honorífica de la Asociación de Oficiales en Retiro de la FAC.....	88
--	----

4. Samel Ingenieros y Universidad de los Andes (1962 a 1968) 89

Programa de expansión de la Facultad de Ingeniería de acción inmediata [Fragmentos] (Coautor).....	91
Ten Year Development Plan (Coautor)	103
Development of the School of Engineering: Application for technical assistance, equipment and facilities required (Coautor)	109
El plan de educación del ingeniero: Objetivo primordial de investigación (Coautor).....	123
Enseñanza de una Ingeniería para el desarrollo y sus relaciones con la comunidad y la profesión	141
La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (Coautor).....	154
Unianandes: Una encrucijada de propósitos.....	161
Nuevo sistema de calificaciones en la Universidad de los Andes.....	172
Carta de renuncia a la decanatura de Ingeniería.....	178
Anexo 1. Eduardo Aldana Valdés: Uno de los diez ejecutivos jóvenes de 1967, Germán Castillo Bernal (Revista Cromos).....	180
Anexo 2. Report to the Ford Foundation on visit to University of the Andes, Dale R. Corson & Rodolfo Low-Maus	182
Anexo 3. Proposición del Consejo Directivo al aceptar la renuncia, Fernando Cepeda Ulloa.....	193
Anexo 4. Agradecimientos del Consejo Directivo, Fernando Cepeda Ulloa.....	194

5. Massachusetts Institute of Technology, MIT (1968 A 1971) 195

Informe de la visita de directivos de MIT a Unianandes	197
Comunicación remisorio y anteproyecto	200
Towards Microanalytic Models of Urban Transportation Demand	207
Microanalysis of urban transportation demand (Coautor)	216
Anexo 1. Invitación MEN. Seminario Ciencia y Tecnología para el Desarrollo y programa tentativo.....	227
Anexo 2. Rector Unianandes sobre visita directivos de MIT	230
Anexo 3. MEN avisa recibo anteproyecto “Fondo para la investigación científica”	232

6. Universidad de los Andes (1971 a 1973)	233
Ingeniería y Sociedad.....	235
Propuesta para la creación de un programa de educación e investigación en sistemas públicos	240
Asociación de exalumnos de la Universidad de los Andes: En torno a la reforma universitaria.....	252
Carta a Ramón de Zubiría sobre proyecto Instituto SER	258
Un índice de pronóstico coronario (Coautor).....	261
Modelos estadísticos	263
Modelos estadísticos en salud.....	275
Modelos microanalíticos en transporte: Una reseña	281
Modelos estadísticos en educación (Coautor).....	291
Votar o abstenerse: Un análisis estadístico (Coautor).....	298
Modelos de ecuaciones estructurales lineales y su análisis: Una reseña	310
Proyectos de grado asesorados o co-asesorados por Eduardo Aldana Valdés, 1971-1977	327
Índice analítico.....	331

Prólogo a la colección

Esta colección incluye en siete tomos –los primeros cinco en medios físico y digital y los dos últimos solamente en medio digital– las conferencias y charlas que he leído ante variadas audiencias y los artículos cortos y los fragmentos de obras más extensas que he publicado en libros, periódicos y revistas desde 1956 a 2014. También incluye documentos de otros autores que participaron en algunos foros y que permiten enriquecer los debates. Si alguno de esos autores no desea que aparezcan sus documentos en esta colección de carácter educativo, le rogamos comunicarlo y con gusto se eliminarán de la versión digital y de cualquier edición impresa posterior. Excluye cuatro libros¹ que ya están con *Licencias Creative Commons* (NC) en el portal de la Universidad de Ibagué y las presentaciones de *PowerPoint* elaboradas como guía de mis clases en la Universidad de los Andes y de muchas conferencias en otros escenarios pero que no dicen mucho por sí solas. Así mismo, se excluyeron por razones de reserva profesional los documentos de asesorías específicas y de talleres de planeamiento estratégico que coordiné para diversas empresas, agencias del Estado y universidades. Le quedo debiendo a la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Ingeniería Industrial de Uniandes varios documentos preparados para discusiones internas. Los documentos incluidos pueden leerse en cualquier orden pues constituyen unidades independientes. Se han ordenado, con ciertas libertades, cronológicamente y por temas o entidades para tratar de eliminar repeticiones. También se ha construido un índice por palabras clave pero no se intentó que este fuera exhaustivo y riguroso.

Me siento muy agradecido y honrado por la iniciativa generosa del rector de la Universidad de Ibagué, Alfonso Reyes Alvarado, a la que se unió con similar gentileza su Consejo Superior, de patrocinar la publicación de estas obras.

¹ *Planeamiento en entidades de Educación Superior*, 1980; *Planeación y Estrategia*, 2001, *Disolver Problemas* (coautoría con Alfonso Reyes), 2004 y *Desarrollo Local para la equidad*, 2012.

El lector encontrará en la colección unos ejes o líneas de pensamiento, más cercanos a supuestos que a principios, que han servido de apoyo a mi aventura vital y sobre los cuales he llegado a algunas conclusiones tentativas. Puede ser mera vanidad pero creo que el rescate de ellos, su examen crítico y una apropiada reformulación por las nuevas generaciones de dirigentes que empiezan a surgir en diversos escenarios nacionales, con mentes agudas y corazones desprevenidos, podrían ayudar en la construcción de un país mejor. Examinemos brevemente lo que pienso hoy en día en relación con una docena de esos supuestos:

Confianza. La franqueza contribuye a construir confianza, cualidad indispensable para crear organizaciones sólidas. *Expresar lo que se piensa y hacer lo que se dice* en la gestión de organizaciones, especialmente de aquellas que tienen la responsabilidad de afianzar el carácter y los valores de sus miembros, como las universidades, forma comunidades solidarias e identificadas con sus propósitos más elevados. Expresar esas opiniones por escrito suele obligar, además, a analizar y tratar de medir las consecuencias de lo que se dice. Eso he hecho desde la primera e ingenua nota que envié a un periódico en la Universidad de Illinois y continué haciéndolo en documentos dirigidos a mis superiores más admirados y a mis amigos más cercanos en muchas instancias de mi vida. Probablemente varios de esas comunicaciones deberían haber sido “suavizadas” pues alguno de esos amigos me califica eufemísticamente como “frentero”. No obstante este tipo de señalamientos, me parece indispensable formar más ciudadanos con juicio crítico, más gracia para expresar sus posiciones que la de este autor y con la convicción de no ser dueños de la verdad, y proceder a rodearlos de una cultura que anime al diálogo generador de acuerdos sinceros.

Visión positiva del futuro. Martin Luther King expresó su creencia en el poder constructivo de una visión compartida y demostró que funciona. Yo lo experimenté por primera vez durante la expansión de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Grandes maestros –encabezados por Tito de Zubiría, rector de los Andes; Álvaro Salgado, decano, y Monsieur Henri Yerlynos abrieron el camino. Pero fuimos los profesores de la Facultad –una banda

de veinteañeros– quienes finalmente logramos superar desafíos² y encontrar caminos creativos porque mantuvimos férreamente un ideal: una escuela de ingeniería similar a las que habíamos conocido en las universidades de investigación norteamericanas y muy especialmente las de Illinois y el MIT. De esta manera se logró el propósito y se reforzó la columna vertebral que sostuvo a la Universidad en su crecimiento. Colombia necesita un sueño así que nos permita a todos, unidos, tejer con fibras irrompibles una “hamaca grande en donde el pueblo colombiano meciéndose en ella cante”. ¿Cómo podemos, quienes no tenemos poder, convencer a nuestros dirigentes que se debe superar el cortoplacismo y colocar los intereses del país por encima de los propios? En un país con culturas y ambientes tan diversos como Colombia, esa tarea –como muchas otras– debe adelantarse desde lo local, asociando localidades para formar regiones y conectando regiones para construir naciones y, finalmente, supra naciones en donde las fronteras pierdan sentido.

Equidad. Tanto la equidad social como la territorial son propósitos fundamentales para el desarrollo sostenible de una nación. La evolución biológica no parece promover la justicia: algunos individuos se adaptan ventajosamente a su ambiente y tienden a avasallar a los demás. La evolución cultural ha tratado de contrarrestar esta falla a través de instituciones democráticas y progresistas. Pero, los bienes heredados y la educación de la familia también conceden ventajas a los beneficiados sobre sus congéneres. Una de las grandes preocupaciones de la filosofía política contemporánea es la de cómo proteger a los más vulnerables con políticas basadas en la “condición” de la persona –necesidad, potencialidad, trabajo, etc.– y de su núcleo familiar y no asignar beneficios por concursos basados exclusivamente en “méritos”. De manera similar, las tendencias en la ocupación del territorio producen desigualdades perniciosas tanto para las grandes ciudades que no pueden adaptarse a crecimientos desbordados como a las provincias que ven emigrar a sus jóvenes más talentosos y carecen de los bienes y servicios indispensables para ofrecer un nivel de vida digno a sus habitantes. Todos sabemos que estas dinámicas que conducen a la inequidad no son sostenibles y algunos perciben su perversidad pero los intereses de unos pocos dilatan las soluciones

² Ver el Informe de los doctores Corson y Low Maus para apreciar los retos que se enfrentaban en 1964.

adecuadas. La advertencia de John Kennedy es oportuna: “Si una sociedad libre es incapaz de ayudar a los muchos pobres tampoco podrá salvar a los pocos ricos”³.

Gobernabilidad. Barbara Tuchman muestra con maestría cómo ciertos dirigentes no logran dominar el arte de gobernar y se niegan a escuchar y aprender. Ello los lleva a querer perpetuarse en el poder y terminan por tomar decisiones desastrosas:

La insensatez es hija del poder. Todos sabemos, por el muy conocido aforismo de Lord Acton, que el poder corrompe. Pero percibimos menos que engendra insensatez; que el ejercicio de la autoridad suele afectar el raciocinio; que la responsabilidad en el uso del poder se desvanece conforme éste se incrementa⁴.

Algunos filósofos de la antigüedad usaban las palabras líderes y maestros como sinónimos. Su principal función es, entonces, educar a la población, para que ésta desarrolle su capacidad de gobernarse a sí misma (auto-gobernabilidad), propiciar la formación de muchos líderes en potencia y crear los espacios para que el pueblo escoja bien a sus sucesores. Recordemos que algunos de nuestros más admirados estadistas han recibido el apelativo de maestro o profesor, como Darío Echandía. Lao Tze, el autor del Tao Te Ching, preceptúa: “El buen liderazgo consiste en hacer menos y en ser más”.

De acuerdo con este criterio, ¿no sería más trascendental para un dirigente ser un paradigma de virtudes que aspirar a reelecciones o periodos más largos para el ejercicio del poder? Los medios masivos de comunicación tienen una elevada responsabilidad en la creación de estas imágenes de “dirigentes imprescindibles”. Ojalá recordaran que este tipo de renuncia al deber de informar con imparcialidad y orientar sabiamente a la ciudadanía ha llevado en el mundo a las más abyectas de las dictaduras.

Solidaridad. Desde la educación a todos los niveles se promueve la competencia: Las becas son para los que tienen los mejores puntajes en una deter-

³ “If a free society cannot help the many who are poor, it cannot save the few who are rich.”

⁴ “[F]olly is a child of power. We all know, from unending repetitions of Lord Acton’s dictum, that power corrupts. We are less aware that it breeds folly; that the power to command frequently causes failure to think; that the responsibility of power often fades as its exercise augments.” The March of Folly.

minada prueba, las calificaciones se basan en la comparación de los estudiantes entre sí, los honores en la graduación son para los estudiantes con los más altos promedios. En otros sectores sucede algo semejante: Los jueces son seleccionados por los *méritos* medidos por unos exámenes escritos.

Muchas razones favorecen cambiar estas costumbres, entre ellas las dos siguientes: primero, es prácticamente imposible reducir la calidad humana a una cifra como, por ejemplo, el promedio alcanzado en las pruebas SABER y, segundo, no existe justificación para colocar cualquier forma de inteligencia o cualquier conjunto de conocimientos por encima de actitudes como la solidaridad o valores como el sentido de justicia. Con razón opina el distinguido escritor, poeta y novelista tolimense William Ospina: “No toda formación tiene que buscar individuos superiores, hay por lo menos un costado de la educación cuyo énfasis debería ser la convivencia y la solidaridad antes que la rivalidad y la competencia”. Por su parte, el escritor norteamericano Alfie Kohn complementa esta reflexión:

La competitividad como valor destruye las relaciones humanas, porque la idea que está en su base es que los demás son potenciales obstáculos para mi éxito. Esto crea desprecio hacia uno mismo, junto con incentivar la agresividad y estimular la trampa, el engaño, la estafa⁵.

Las consecuencias en la cultura (la base de las instituciones informales) son fáciles de observar: Individualismo, incapacidad de crear formas cooperativas estables, tendencia al fraude y al soborno, afán por el lucro fácil y egoísmo desmesurado, entre otras.

Soluciones sostenibles. La sociedad moderna, en la carrera desatada por su fe en el vigor de la competitividad, se inventa constantemente nuevos términos que en nuestro medio se convierten en manifestaciones de innovación y espíritu empresarial, sobre todo si se usan en el idioma inglés. Algunas de nuestras universidades –y no siempre las más orientadas al “negocio” de la educación superior– se han dejado seducir por estas modas o éxitos fáciles. En veces las agencias gubernamentales se deslumbran por sus campañas publicitarias o por sus propósitos presentados como resultados y les financian a

⁵ El Tiempo, 12 de julio de 2014, tomado a su vez de El Mercurio (Chile).

ellas –o al creciente número de “organizaciones sin fines de lucro”– proyectos llamativos pero efímeros y sin sentido. Ejemplos: Doctorados en convenios con universidades extranjeras que nunca han producido conocimiento universalmente nuevo; aumento de la cobertura sin acompañar estos anuncios con la reducción de las tasas de deserción estudiantil y de desempleo de los graduandos; especializaciones y diplomados en *coaching*, *empowerment*, *networking* y *entrepreneurship* por personas, empresas o entidades que no pueden demostrar realizaciones de largo aliento en estos asuntos, entrega masiva de computadores y “tabletas” a instituciones que no cuentan con los requisitos para que sus estudiantes y docentes los utilicen para transformar positivamente los procesos de aprendizaje.

Algunas agencias gubernamentales se concentran en destacar el volumen de las inversiones que están realizando y los propósitos que persiguen pero dejan de lado el examen del impacto social que están logrando y, sobretudo, los perjuicios que están infringiendo a la sociedad, seguramente sin proponérselo, por proyectos pobremente diseñados. Nuestros abuelos decían: El camino del infierno está empedrado con buenas intenciones. Por supuesto ello no excusa la doble moral utilizada por nuestros gobernantes y que el gran pensador colombiano Estanislao Zuleta denunció en su magistral discurso *El Elogio de la dificultad*: “Preferiríamos que nuestra causa se juzgue por los propósitos y la adversaria por los resultados”⁶.

Contrasta lo anterior con la posición de entidades serias, aquí y en otros países, que, por ejemplo, han definido programas de largo alcance para aprovechar las tecnologías de información y comunicación, han fortalecido sus capacidades de evaluación de los resultados de sus proyectos y en consecuencia el diseño de sus enfoques de ayuda a los pobres, y promueven la incorporación de evidencia científica en las políticas públicas.

El triángulo juventud, desarrollo, paz. El Papa Pablo VI reflexionó profundamente sobre el desarrollo de los pueblos en su encíclica de 1967, *Populorum Progressio*. El Pontífice se refiere al desarrollo humano integral que sintetiza como hacer, conocer y tener más para ser también más y concluye que “el

⁶ *El Elogio de la dificultad*, Conferencia en el acto mediante el cual la Universidad del Valle le otorgó el título Honoris Causa en Psicología en 1980.

camino de la paz pasa por el desarrollo”. Añade perspicazmente, que “la paz no se reduce a una ausencia de guerra, fruto del equilibrio siempre precario de las fuerzas. La paz se construye día a día, prosiguiendo aquel orden querido por Dios, que lleva consigo una justicia más perfecta entre los hombres”.

Probablemente tienen razón quienes consideran que, dadas estas estrechas interrelaciones y condicionantes entre paz y desarrollo, lograr una paz justa, a partir de un desarrollo humano integral, es una tarea para varias generaciones. Algunos, menos resignados, pensamos que el camino se puede acortar si escogemos bien el punto de partida. ¿Cuáles son las alternativas? Quienes saben mucho del desarrollo emocional y cognitivo del ser humano no vacilan en señalar que se debe empezar con los recién nacidos y aún antes (*De la cuna hasta la tumba*, afirmó el Nobel García Márquez; *de cero a siempre* se denomina la Estrategia Nacional de Atención Integral a la Primera Infancia). Las debilidades principales de este punto de partida, en la situación colombiana actual, son dos: la atención integral de la primera infancia es difícil de realizar sin la ayuda comprometida de los padres y, si se descuidan los padres jóvenes, sería cada vez más difícil enrumbarlos hacia el desarrollo integral de sus hijos. Al contrario, argüimos los que creemos que se debe empezar por la juventud, los jóvenes de hoy tendrán menos hijos que sus padres –sobre todo si se reduce el embarazo precoz– y si los “empoderamos”, podrán ser más efectivos en formar a sus hijos. La decisión no es fácil pero sin duda el triángulo juventud, desarrollo y paz debe ser atendido de manera integral y sistémica.

Gobierno sin pueblo. El alcance de la definición de democracia enunciada por Abraham Lincoln, “*el gobierno del pueblo, por el pueblo, para el pueblo*” se ha convertido para muchos en *una frase de cajón*. Pero las consecuencias de ignorarla al dejar que broten sistemas de poder aislados del pueblo, son funestas. El caso más pernicioso es, probablemente, el de la rama judicial colombiana. Por presión indebida de los miembros de los altos tribunales o por ignorancia del legislador se ha dotado a la rama de la autonomía para definir asuntos como la gravedad de los delitos –que como se sabe son definiciones sociopolíticas– y de establecer la verdad sin la idoneidad para lidiar con la complejidad y el caos, resultantes de las intensas interrelaciones entre actores y fuerzas del mundo contemporáneo. Igualmente causa pavor oír a magistrados y jueces expresar

certeza sobre relaciones de causalidad entre fenómenos sociales, sin contar con la asesoría de los practicantes de varias disciplinas técnicas y científicas que vienen estudiando estas interacciones por cerca de medio siglo.

Un acto legislativo de la década pasada estableció la posibilidad de *investir a los particulares* –léase, al pueblo– de actuar como *jurados en las causas criminales*. Si el Congreso de Colombia aspira de verdad a recuperar la dignidad y el prestigio de la rama judicial debe asegurar que cualquier reforma constitucional restituya al pueblo la potestad de participar efectivamente en selección de magistrados y jueces. Que se establezca su participación en los procesos, especialmente en las causas criminales, como miembros de jurados y otros cuerpos colegiados temporales que definan la competencia para juzgar entre, por ejemplo, los conflictos de competencia entre la jurisdicción ordinaria y la penal militar, sobre la responsabilidad del Estado en daños ocasionados por los servidores públicos o el otorgamiento de prebendas a los miembros de la rama, y algunas decisiones que hoy competen a los jueces de control de garantías, como la aplicación de la detención preventiva.

De abajo hacia arriba: de lo local a lo global. Las soluciones de los problemas locales deben diseñarse y ejecutarse a ese nivel, orientadas por comunidades competentes para asegurar su sostenibilidad. De la diversidad de las soluciones locales –incluidas las sociales, las productivas y todas las estimuladas por la inmensa riqueza nacional producto de nuestra diversidad ambiental y cultural– unas persistirán si logran mantener la competitividad necesaria, algunas adquirirán el reconocimiento que les permita expandirse, y otras serán reemplazadas por las que demuestren mayor adaptabilidad. Por eso en la segunda mitad del siglo pasado se volvió una referencia común que *en el mundo globalizado no compiten las naciones sino las regiones*, y las naciones desarrolladas obraron en consecuencia.

Dada la racionalidad de ese enfoque, parece conveniente resistir la tentación de *fabricar sombreros del mismo tamaño para personas con circunferencias craneales diferentes*. Además, no se justifica la proliferación de agencias encargadas de distribuirlos, implantarlos, vigilar su uso y castigar a quienes se quiten esos sombreros o los rompan al embutírselos.

En la agenda de gobierno de los próximos candidatos a la Presidencia de la República debería ocupar un lugar destacado un amplio programa

de construcción de capacidad comunitaria para autogobernarse. La buena noticia es que ello se puede hacer, con recursos limitados pero con perseverancia. Siguiendo una recomendación de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo (1993-1994), el autor de esta colección documental decidió hacer algo en ese sentido, acompañado por un puñado de creyentes en el desarrollo local integral. Hace quince años se creó el Instituto de Innovación Regional del Suroriente del Tolima, Innovar, en Purificación y se me confió la responsabilidad de orientarlo y fortalecerlo. La misión que se le asignó fue:

Brindar a la población del Suroriente del Tolima la oportunidad de construir su futuro con base en la gestión y el uso del conocimiento, la creación de empresas en sectores estratégicos, y el fortalecimiento de una cultura de aprecio por el trabajo, el ambiente natural y solidaridad social.

Centenares de jóvenes se han graduado en programas técnicos, tecnológicos y profesionales en la modalidad a distancia ofrecidos en la sede del Innovar por la Universidad del Tolima, el SENA, Uniminuto y la ESAP, y varias decenas de sus estudiantes están ya terminando carreras profesionales en programas con acreditación de calidad en la Universidad de Ibagué. Al terminar este 2014, preside la Junta Directiva del Innovar, Libardo Cortés, un dirigente cívico del municipio, lo dirige Milady Guerra, y coordina el área académica Paula Vásquez, ambas profesionales que cursaron sus estudios en el Instituto y los terminaron en las universidades de Ibagué y del Tolima, respectivamente. Al menos simbólicamente se está demostrando que la comunidad de un pequeño municipio *puede hacerse cargo de su propio destino* con un mínimo de apoyo gubernamental. Esa sería una razón para que el Estado apoyara experiencias similares y sus agencias aprendieran de las mismas.

Innovación social en sistemas. La revisión de la literatura en la preparación de la tesis doctoral, *Hacia modelos microanalíticos de demanda por transporte urbano*, me interesó en las posibilidades de utilizar esas herramientas en el estudio de las organizaciones y programas diseñados por el Estado para atender las demandas de la sociedad por servicios como los de salud, educación, transporte y administración de justicia. Con mi colega en la Universidad de los Andes y antiguo alumno y condiscípulo, Ulpiano Ayala, preparamos una propuesta para el ofrecimiento de un programa de postgrado e investigación en este campo (un fragmento de la misma se incluye

en esta colección). En los años siguientes Ayala centró sus intereses en la docencia e investigación en economía y yo en dirección universitaria, aunque seguí trabajando en el estudio de los sistemas públicos a través principalmente de docenas de proyectos de grado y tesis de maestría que asesoré individualmente o con la colaboración de otro colega, Jaime Enrique Varela. Un esfuerzo serio y prolongado requería, sin embargo, la conformación de un equipo interdisciplinario y un trabajo de investigación-acción y consultoría en estrecha relación con el gobierno y la comunidad, esfuerzos que no interesaban a algunos grupos de la universidad a comienzos de los años setenta. Por esta razón, promoví la creación del Instituto SER de Investigación, una entidad independiente, sin ánimo de lucro pero con estrechos vínculos con Uniandes y que contó con el apoyo y estímulo de sus rectores Jorge Ortiz Méndez y Andrés Uribe Crane.

En diciembre de 2014 se llevó a cabo una reunión de antiguos miembros del Instituto SER quienes hicieron un balance informal de los logros de la entidad en sus treinta años de actividad desde 1975. Se destacó el trabajo verdaderamente interdisciplinario con innovaciones importantes en todos sus campos de acción y el espíritu de servicio al desarrollo social que inspiró a todos los que trabajaron en sus proyectos. Entre las innovaciones se mencionaron el uso de modelos matemáticos en el análisis de la administración de justicia, las investigaciones empíricas y comparadas que detectaron la irracionalidad e ignominia del tratamiento a los presos, la primera sistematización de un juzgado y un tribunal, la contribución al diseño de los “jueces sin rostro” y la organización de la Fiscalía General de la Nación, creada por la Constitución de 1991; la instalación del primer computador en una escuela rural y su impacto en el desarrollo integral de estudiantes de primaria, la primera medición del logro educativo en Colombia, precursor de las pruebas SABER; los estudios de la desnutrición infantil y la atención a la primera infancia; el diseño y puesta en marcha del programa de salud rural en las zonas cafeteras y los análisis de costos y el diseño de esquemas de gestión hospitalaria, y los estudios conducentes al diseño y operación del Transmilenio. Me impresionó la referencia que hicieron los asistentes a la reunión de la formación que adquirieron durante su vinculación al Instituto y lo que les ha significado a ellos y a sus compañeros y amigos en sus carreras profesionales como consultores, investigadores, empresarios, dirigentes políticos (entre

ellos dos ministros y dos embajadores), dirigentes de organizaciones cívicas y altos funcionarios en organizaciones multinacionales.

Educación. La educación en todos sus niveles –especialmente la terciaria y, dentro de esta, la universitaria– forma el eje más cubierto en los documentos de esta colección. En parte porque en ese ambiente ha transcurrido la mayor parte de mi vida, porque sus organizaciones han enriquecido mi existencia y porque ellas me han permitido aprender de los mejores maestros, discípulos, compañeros y colegas a que puede aspirar a disfrutar un ser humano. Desde cuando ingresé como estudiante a la Universidad de los Andes, hace ya más de 60 años, se me ha permitido participar en el desenvolvimiento de la educación –en esta entidad, en muchas otras en Colombia y en el exterior y en las organizaciones que las agrupan, investigan y promueven– y ser testigo de sus grandes avances conceptuales, pedagógicos, científicos, técnicos y organizacionales.

Mi admiración por la educación no me ha impedido ser crítico de sus limitaciones. El gran lunar de la educación, especialmente de la educación universitaria de calidad, es, como lo he reiterado en varios escenarios, su indolencia con respecto a la inequidad social y territorial. Con la excusa de que ellas tienen su origen en otras esferas, nuestras mejores universidades no han hecho todo lo que podrían hacer con relativa facilidad para cerrar esas brechas, por su capacidad y su posición privilegiada dentro de la sociedad.

Es fundamental que la propia universidad estimule un diálogo abierto sobre este tipo de contradicciones y varios interrogantes sin respuesta que no le permiten a la universidad ganarse plenamente *el corazón y la mente* de los colombianos. Por ejemplo, ¿cómo *devolver la universidad al país*, según sugería en 1978 el presidente del Congreso, Guillermo Plazas Alcid, o cómo evitar que se adueñen de su destino grupos internos ilegítimos –sindicatos de profesores mediocres o de estudiantes que la convierten en fortines ideológicos– o grupos externos con inconfesables fines económicos o políticos, sin restringir su autonomía para ofrecer un ambiente de aprendizaje sobre cómo pensar y crecer en libertad? Algo avanzaron en la búsqueda de respuestas a asuntos similares la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo y la Comisión Nacional para el Desarrollo de la Educación Superior. Se incluyen fragmentos de los informes correspondientes para recordar algunas de sus conclusiones y recomendaciones.

Premisas o supuestos de afirmaciones autoevidentes (Por ahí no es la cosa, Presidente Alfonso López Pumarejo). El ejercicio de disolver problemas del mundo real obliga a poner en entredicho los supuestos detrás de muchas afirmaciones que parecen obvias. Ese es el sentido de la frase del presidente Alfonso López Pumarejo que encabeza esta numeral. El profesor Russell Ackoff fue el gran maestro de este enfoque sistémico y crítico en sus libros plenos de humor, sabiduría y creatividad. Tres ejemplos de algunas de las premisas que han entorpecido el desarrollo integral del país y la búsqueda de alternativas para superar algunos de sus problemas cruciales:

La educación universitaria, por ser un nivel superior, debe reservarse para la formación de un selecto grupo de dirigentes que jalone el crecimiento del país. Esta premisa ha creado una grave desigualdad social y territorial y un inane progreso general. La alternativa es postular como misión de la educación la conformación de una formidable clase media. Esa tarea puede acelerarse con la constitución de sólidas redes regionales de entidades de educación terciaria que faciliten a sus alumnos la adquisición de competencias científicas, profesionales y ciudadanas mínimas pero suficientes para ir tan lejos como cada cual esté dispuesto a hacerlo. Los líderes se desarrollarán, entonces, en la acción productiva, intelectual, cívica y política, y no por pre-selección.

Se supone que el poblamiento y la transformación productiva del país deben generarse como consecuencia del crecimiento, la industrialización y la concentración de la inversión pública en las grandes ciudades capitales. Además que en una óptima división del trabajo, los jóvenes de provincia deben adecuar su formación a la vocación de su región de origen para la producción de materias primas. Por supuesto, dado el reducido empleo generado por esas actividades, los jóvenes se dejan tentar por grupos al margen de la ley o se ven forzados a emigrar a las ciudades para engrosar sus cinturones de miseria y desempeñarse como trabajadores no calificados (ayudantes de construcción, mensajeros, vigilantes, etc.). La consecuencia, como lo sugiere el profesor de MIT, Jay Forrester, es que las ciudades receptores dejan de ser atractivas, en el largo plazo, como le está sucediendo ya a Bogotá. La premisa alternativa partiría de desarrollar la provincia para alcanzar una paz duradera y salvar la calidad de vida de las grandes ciudades. Como simples ejemplos, ¿se atreverían los gobiernos del postconflicto a prohibir que los distri-

tos especiales puedan ser simultáneamente capitales territoriales, a colocar la capital del Valle del Cauca en Buenaventura o a trasladar un gran número de entidades públicas a ciudades diferentes de aquellas capitales que requieren un respiro en su desenfrenado crecimiento?

Uno de los problemas que más afecta la calidad de vida de una gran ciudad como Bogotá, D.C., es la congestión vehicular. Como se presume que las personas se movilizan porque desean moverse, *per se*, se imponen restricciones al uso de algunos de los medios de transporte, con medidas como *Pico y Placa*. Pero, una premisa más correcta es que la demanda por movilidad es consecuencia de otras necesidades como la de ir al lugar de trabajo y regresar al hogar, realizar las gestiones que exige una burocracia en expansión, atender requerimientos de la administración de justicia, realizar transacciones financieras, recibir servicios básicos como los de salud y educación, etc. Resulta, entonces, siguiendo una idea bien expresada por Pedro Gómez Barreiro, que la mejor solución para los problemas de movilidad es que las personas no tengan necesidad de moverse. Muchas estrategias de gran efectividad surgen de este supuesto alternativo como el rediseño de las estructuras de las ciudades para que sus habitantes requieran viajar menos. Un estudio muy creativo sobre el transporte en Bogotá conocido como *Fase II* –codirigido por Aníbal López Trujillo y en el cual también participó Jorge Acevedo Bohórquez, dos colegas en Uniandes y en Instituto SER– recomendó que Bogotá se convirtiera en *un conjunto de ciudades dentro de una ciudad*. Cada ciudad de ese conjunto tendría todo lo que necesitan cotidianamente sus habitantes de manera que sólo ocasionalmente tendrían que visitar alguna de las otras.

En esta introducción y en los diferentes trabajos intenté dejar alguna manifestación de mi profundo agradecimiento a las decenas de miles de estudiantes, amigos, colegas, autores y maestros que me obsequiaron su conocimiento y perspicacia a lo largo de la vida. Obviamente me quedé corto y mis documentos no expresan todo lo que debo a muchas otras personas. Especialmente a mi familia, empezando por mis abuelos (Eulogia, Bernarda y Eulogio), mis padres (Higinio y Maruja), mis tíos (Eulogio y Angel María), mis hermanos y sus cónyuges y mis numerosos primos de varias generaciones. A Constanza y Maristella y a sus padres, hermanos y cuñados les debo mucho más de lo que se puede expresar en un prólogo. Lo mismo me sucede con mis hijos Santiago, Maristella, Daniel y Camilo, con sus cónyuges y sus

familias y con mis nietas y nietos Gabriela, Sofía, Samuel, Emma, Luciano, Inés y Julián. Como mis descendientes, familiares y amigos supervivientes son la prueba de mi *serendipidad*, hago votos porque este trabajo, tan solo *una rendija menguante hacia el olvido*, anime a algunos de ellos a participar, o seguir participando, a lo largo de sus vidas en la discusión y gestión de los asuntos públicos de esta querida Nación.

En Alfonso Reyes Alvarado, Rector de la Universidad de Ibagué, y Luis Enrique Orozco Silva, Presidente de su Consejo Directivo reconozco la singular hospitalidad que me ha brindado durante varias décadas esta promisoría universidad. El Rector Reyes encargó de sacar adelante este proyecto a un grupo de funcionarios de la Universidad encabezados por Martha Myriam Páez y Luz Angela Castaño. Mi sincera gratitud para las dos y para Fadhia Sánchez, Gloria Molano, Javier Velásquez, Ofelia Torres y los demás miembros de la comunidad de Unibagué que les colaboraron con entusiasmo.

Eduardo Aldana Valdés
Junio de 2015

Presentación del Tomo I

Coincidencias y oportunidades

Varias circunstancias hicieron virar la vida a Eduardo Aldana antes de los diez años: Las páginas de las tiras cómicas de El Tiempo que el médico Jorge Alvarado Pontón, gran amigo de su padre, les enviaba desde Purificación, a él y sus hermanos, constituyen la primera. Era tal su obsesión por entender el contenido de los monos que, cuando estos llegaban a la finca donde vivía, prácticamente enloquecía a su mamá para que le leyera cada historieta. Frente a lo anterior, ella consideró que resultaría más práctico enseñarle a Eduardo a leer. Debido a los rápidos resultados que sus padres observaron, continuaron con las cuatro operaciones aritméticas que, también, enseguida aprendió. Así, pronto se convirtió en asistente de su familia para las compras en el pueblo o los mandados en las veredas cercanas.

Muy importante, también, en la vida de Eduardo fue Doña Eulogia, su abuela, una mujer energética, liberal, independiente, sin miedos, hábil comerciante, administradora de su almacén en Purificación y experta negociante de ganado. Ella no aceptó que su nieto mayor, y el preferido, siguiera alimentando el sueño de niño de llegar a ser un vaquero, y convertir esa ilusión en su plan de vida. Convenció a sus padres de que Eduardo debería ir a la escuela. Fue así como, a los diez años, inició su educación formal en Purificación pero en el tercer grado, y, dos años después, comenzó su bachillerato.

Estas y muchas otras circunstancias, que Eduardo interpreta como *afortunadas*, lo han llevado por la vida a ejercer posiciones que ha disfrutado y de las que ha aprendido enormemente. Su habilidad, sin embargo, ha sido la de darse cuenta de que, en esas ocasiones y *coincidencias*, estaban las *oportunidades* que supo aprovechar con solvencia y seriedad.

Estas *obras dispersas*, como las denomina Eduardo, se han organizado en siete tomos, los dos últimos en formato digital únicamente, cada uno con

varios capítulos. Estos incluyen documentos relacionados con diferentes temas o entidades que albergaron al autor en un determinado período, así varios de ellos hubiesen sido publicados posteriormente. Se busca, con ello, cerrar ciclos que se desarrollaron a lo largo de varios años.

University of Illinois 1955 a 1958

El primer capítulo registra dos documentos que el autor produjo durante su estadía en la Universidad de Illinois a donde viajó a continuar estudios de pregrado en Ingeniería iniciados en la Universidad de los Andes en 1953. En esa época, la Facultad de Ingeniería ofrecía los dos primeros años de carrera y operaba por convenio con universidades norteamericanas para que sus estudiantes terminaran en ellas sus estudios de Ingeniería (B.Sc.). Eduardo lo hizo en la Universidad de Illinois en Champaign-Urbana en donde también obtuvo la maestría (M.Sc.) Este capítulo contiene, como una curiosidad, la carta que, en 1956, Eduardo dirigió a la señora Alice Potts, directora de un periódico local, alrededor de una información errónea publicada sobre Colombia. Además, se incluye un fragmento de un trabajo de investigación sobre vigas de concreto pretensionado, adelantado con un compañero y uno de sus profesores como parte de sus estudios de postgrado. El fragmento seleccionado ilustra el trabajo en equipo de profesores y estudiantes, su vinculación con el mundo profesional y la actualidad de los asuntos estudiados. En efecto, el concreto pretensionado, un tema de frontera en la ingeniería, apenas se empezaba a utilizar en Colombia.

Universidad de los Andes 1958 a 1960

El segundo capítulo se refiere al período de regreso de Eduardo a Los Andes como profesor, coordinador y vicedecano de la Facultad. Se inicia con una carta firmada por su condiscípulo Gustavo Arias de Greiff, como Presidente, y él, como Secretario de la Asociación de antiguos alumnos de Los Andes. En ella, los firmantes cuestionan algunas políticas universitarias y, a la vez, proponen que la Universidad comprenda la importancia de la participación de los exalumnos en el desarrollo de la institución. Señalan que la universidad, para los alumnos, no termina con el grado; que el sentido de pertenencia continúa y la voz de los graduados cuenta. Esta fue la primera vez que los exalumnos se pronunciaron como parte activa de la Universidad.

Luego, se presenta un estudio preliminar sobre los exámenes de admisión y algunas recomendaciones que Eduardo presentó en 1960. Enseguida se incluye un fragmento de un documento de Ingeniería que se publicó, en 1960, en la *Revista de la Universidad de los Andes*, Año 3, la primera revista de la Institución. Se agrega, entre otras razones, porque ofrece una muestra del tipo de publicación multidisciplinaria que pretendían los directores de la Revista, Eduardo Carranza y Ferenc Vajta. Siguen dos cartas dirigidas al rector, Jaime Samper Ortega, una con su corta hoja de vida; era una época de gran entusiasmo por el trabajo, en la que un profesor podía estar al frente de cinco cursos por semestre y, a la vez, ser el gestor de la Facultad. En la segunda, formaliza su renuncia, agradece la gran oportunidad que se le brindó de colaborar con su alma máter y hace unas reflexiones sobre la conveniencia de completar las carreras de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de los Andes. Se incluye, como anexo, una carta del Rector en la que le expresa su gratitud y las razones por las cuales él no cree conveniente la expansión de la Facultad, y hace votos porque se reintegre a la Universidad al terminar su compromiso con la Fuerza Aérea Colombiana.

Fuerza Aérea Colombiana 1960 a 1962

En 1959, el Comando de la Fuerza Aérea Colombiana se dirigió a Los Andes con el objeto de pedirle asesoría en la organización de un programa de estudios para la formación de oficiales al nivel universitario en las áreas básicas de la ingeniería. Como Eduardo era el único profesor de tiempo completo de la Facultad, las directivas de la Universidad le asignaron el trabajo de estudiar el documento que les había presentado y hacer las recomendaciones del caso. El Comando de la Fuerza Aérea encontró muy acertadas las recomendaciones que se le hicieron y le solicitó a la Universidad de los Andes que le permitiera contratar a su autor para organizar y dirigir la Sección de Estudios Académicos de la Base Escuela Militar de Aviación en Cali. Fue una de esas *coincidencias afortunadas* de la vida de Eduardo pues su convicción de que la Facultad de Ingeniería requería expandirse no se conjugaba con las limitaciones financieras, de espacio físico y otras que enfrentaba en ese momento Los Andes.

El capítulo tercero incluye un saludo a los cadetes que iniciaron semestre, en el que les informa los cambios a los que se van a enfrentar en su proce-

so de formación. En él explica el concepto del *maestro* y de *alumno* que el país requiere. Siguen varias cartas y las palabras de despedida de Eduardo como director de Estudios Académicos luego de dos años de labores. En ella presenta los tres postulados pedagógicos que sugiere seguir, así como el informe de las actividades desarrolladas durante los años pasados. En el discurso de despedida al Comandante de la Base Escuela y sus colaboradores, Eduardo propone a la Fuerza Aérea hacer presencia en todo el territorio nacional con programas de cambio que apunten hacia el desarrollo. Propone, entonces, como estrategia para unir al país, organizar y liderar “una especie de Segunda Expedición Botánica” que estudie los maravillosos recursos naturales del país. Curiosamente, como otra *coincidencia*, veinte años después, cuando Eduardo era director de Colciencias, debió promover la Segunda Expedición Botánica, creada por el Gobierno del Presidente Belisario Betancur. El capítulo termina con anexos que incluyen las palabras de despedida de uno de sus colaboradores, el profesor David Herrera, y fotocopias de las condecoraciones que le otorgaron dos comandantes de la FAC por sus servicios a la entidad: el General José Ramón Calderón, su jefe en Cali cuando comandaba la Base Escuela, y el General Héctor Fabio Velasco, uno de sus alumnos. También de la Mención Honorífica de la Asociación de Oficiales en Retiro de la Fuerza Aérea Colombiana, firmada por el General Fabio Zapata, otro de sus antiguos alumnos. Esta distinción corresponde al 50 aniversario de graduación del primer curso de cadetes.

Samel Ingenieros y Universidad de los Andes 1962 a 1968

Eduardo regresó a Bogotá para trabajar en *Samel*, una firma de ingenieros cuyo gerente y socio principal era Álvaro Salgado, quien desempeñaba de tiempo parcial la Decanatura de la Facultad de Ingeniería de Los Andes. Allí desarrolló trabajos de verdadera ingeniería, tanto en el escritorio como en el terreno, especialmente en el trazado de la vía Bogotá-Cáqueza pero, por tratarse de estudios contratados, estos no fueron publicados. Al final del primer año, Álvaro Salgado le propone que lo reemplace en la Decanatura durante sus vacaciones en el exterior. Así, y de nuevo circunstancialmente, se produce su retorno a Los Andes.

Durante ese periodo, que se registra en el cuarto capítulo, Jaime Samper renuncia a la Rectoría y Ramón de Zubiría es designado en su reemplazo. El

nuevo Rector, quien ya conocía a Eduardo y la propuesta de expansión de la Facultad de Ingeniería, le propone que regrese a Los Andes en calidad de Decano Asistente para desarrollarla con su apoyo personal. El Decano Álvaro Salgado ya había sido consultado y estaba de acuerdo. Eduardo acepta y bajo el liderazgo de ese gran universitario y humanista se inicia la expansión de la Facultad.

En el capítulo se presentan los documentos elaborados, ardua pero cuidadosamente, por los directivos y profesores de la Facultad para sustentar la expansión, como el *Plan de Acción Inmediata*; un capítulo del *Plan de desarrollo a diez años* presentado por la Universidad al Banco Mundial primero y, luego, al BID, y el documento *Development of the School of Engineering* en donde se especifican para el BID y la Fundación Ford los requerimientos de asistencia técnica, equipos y facilidades físicas. A estas alturas del relato es conveniente hacer un paréntesis para orientar al lector. Aunque la Universidad había buscado apoyo de cooperación internacional, parecía no existir un ambiente favorable para obtenerlo. Para superar esa situación se decidió proceder con audacia al solicitar a la Fundación Ford su colaboración para realizar una evaluación del estado de la Facultad y su proyecto de expansión. La Fundación aceptó generosamente esta propuesta inusual y contrató a dos distinguidos universitarios con amplia experiencia en facultades de ingeniería para efectuarla: Dale Corson, decano de Ingeniería de la Universidad de Cornell y Rodolfo Low Maus, ex rector de la Universidad Industrial de Santander. La visita se efectuó a mediados de 1964 y el informe de los comisionados *Report on visit to University of the Andes, Bogota* se incluye como Anexo 1 de este capítulo. Ese informe abrió las puertas de la cooperación internacional al proyecto de expansión de la Facultad de Ingeniería. El siguiente párrafo ilustra su talante:

Nos entusiasma la Universidad en general y el programa de ingeniería en particular. El doctor Low Maus ha visitado todas las universidades colombianas y el doctor Corson, las cinco o seis más avanzadas. Con base en este conocimiento, creemos que el programa de “pre-ingeniería” de tres años en Los Andes es el programa de ingeniería a este nivel de más alta calidad en el país¹.

¹ Traducción de Eduardo Aldana.

Volviendo a los otros documentos de este capítulo, sorprende la laboriosidad del profesorado que había asumido una carga docente adicional por los nuevos cuatro semestres que se empezaban a ofrecer y elaboraba, simultáneamente, importantes propuestas de cambios innovadores dirigidos a las autoridades de la Universidad (Ejemplos incluidos: *Uniandes, una encrucijada de propósitos*, *Propuesta para un nuevo sistema de calificaciones en la Universidad de los Andes* y un *Informe para los Consejos Directivo y Académico*). También, a la comunidad nacional de ingenieros (*El plan de educación del ingeniero: Objetivo primordial de investigación y Enseñanza de la ingeniería para el desarrollo y sus relaciones con la comunidad y la profesión*).

El documento *Uniandes, una encrucijada de propósitos* fue, probablemente, el primer documento elaborado por un grupo de profesores que hacía un llamado a las directivas de Los Andes sobre la necesidad de definir un rumbo académico.

Eduardo fue designado como Decano de la Facultad en mayo de 1965 cuando Álvaro Salgado se retiró por las limitaciones de tiempo para la realización de las nuevas funciones que había asumido la Facultad. Parte de la tarea de Eduardo como Decano fue la de entusiasmar a muchos profesores para que avanzaran en sus programas de doctorado, estudios que él aún no había adelantado. Por eso, a finales de 1967, consideró que el proyecto de expansión de Ingeniería había pasado su umbral crítico y que había llegado el momento de iniciar su doctorado. El capítulo incluye, como anexos, una entrevista de la Revista Cromos con motivo de su selección como uno de los diez ejecutivos jóvenes del año; la carta de renuncia de Eduardo a Los Andes y las comunicaciones del Consejo Directivo que le envía Fernando Cepeda como secretario del mismo.

Massachusetts Institute of Technology 1968 a 1973

MIT colaboraba desde 1963 con la Facultad de Ingeniería a través del MIT Inter-American Program in Civil Engineering cuyo Director Asociado, el profesor Frederick McGarry, le proporcionó consejo y orientación hasta bien entrados los setenta. Esa relación determinó que Eduardo escogiera MIT, sobre otras alternativas, para adelantar sus estudios de doctorado, especialmente porque el programa le financiaría varios viajes por año para continuar su

contacto con Los Andes y apoyar los seminarios ofrecidos por profesores de MIT en Bogotá.

El quinto capítulo comienza con una carta al Rector Francisco Pizano y un informe adjunto sobre el viaje de dos directivos de MIT a Los Andes y sus recomendaciones para la Universidad. Se incluye, luego, la carta que Eduardo envió al ministro de Educación, Octavio Arizmendi Posada, en 1968, en la que le proponía la fundación de Colciencias y le presentaba el anteproyecto de esta entidad, que incluía la sugerencia de que esta no haría investigación; más bien, se orientaría a fomentarla. Como otra *coincidencia* en su vida, en 1983, Eduardo fue designado como Director General de Colciencias por el Presidente Belisario Betancur.

Se incluyen, además, fragmentos de la tesis doctoral de Eduardo y un artículo a partir de la misma que publicó con dos de sus profesores asociados.

Universidad de los Andes 1971 a 1973

Eduardo volvió al país y a Los Andes en 1971 con un doctorado en Sistemas Urbanos y con la intención de dedicarse a la investigación como apoyo al desarrollo social. Para el efecto, escribió varios artículos que se registran en el sexto capítulo. Uno de ellos analiza la relación entre ingeniería y sociedad; en otro, presenta una propuesta para la creación de un programa de educación e investigación en sistemas públicos, y un tercero, titulado *En torno a la reforma universitaria*, presentado en el Congreso Nacional de Exalumnos en San Andrés, propone un esquema para la financiación de este nivel desde la demanda, un asunto de gran importancia en este momento en donde millones de colombianos están excluidos de una educación postsecundaria de calidad. Incluye varios artículos que aplican su tesis de doctorado a problemas sectoriales, por ejemplo salud, transporte, política y educación. Sin embargo, sus planes de regreso a la docencia y la investigación debieron ser aplazados porque Los Andes lo requería para que participara de nuevo en actividades de desarrollo institucional. Asumió como Vicerrector pero no dejó la docencia, en pregrado y educación continuada, de la cual son testimonio sus notas de clase, algunos de cuyos fragmentos se incluyen a título de ejemplos, y el listado de trabajos de grado que asesoró o coasesoró, estos últimos con su colega Jaime Enrique Varela Navarro.

En 1972, Eduardo tomó la decisión de retirarse de Los Andes pues su interés seguía siendo la investigación y la docencia. Además, la Universidad pasaba por una época de conflictos, derivados, muchos, por una lucha por el poder en la que los argumentos académicos no tenían cabida. Esa situación se refleja en la carta que dirige a Ramón de Zubiría, en ese momento Embajador de Colombia ante Los Países Bajos, en donde le comparte su intención de fundar el Instituto SER de Investigación. De sus ejecutorias en el Instituto y en la Rectoría de la Universidad de los Andes, *otra afortunada circunstancia* que posterga su retiro de Los Andes, nos ocuparemos en el segundo tomo.

Luz Ángela Castaño González
Universidad de Ibagué
Ibagué, junio de 2015

1

University of Illinois
(1955 a 1958)

En defensa de Bogotá*

311 E. Green St.
Champaign, Ill.
Nov. 28, 1956
[Original en inglés]

Señorita
Alice Potts, Editor-in-Chief
The Daily Illini
Urbana, Illinois

Apreciada señorita Potts:

Me refiero al artículo publicado en la edición del martes 27 de noviembre de 1956, titulado Constructores luchan contra cocodrilos (Builders Fight Crocodiles). En ese artículo su autor, una persona de brillante imaginación, encuentra una selva llena de cocodrilos en los alrededores de Bogotá, la ciudad capital de Colombia.

Realmente debo pensar que el autor fue erróneamente informado acerca de la localización de Colombia en Suramérica y de Bogotá en Colombia porque, como usted sabe, “el calor tropical de la selva” se encuentra varios cientos de millas al sur de esta moderna ciudad.

Con toda atención,

Eduardo Aldana-Valdés
Estudiante colombiano en la Universidad de Illinois

* *Palabras clave.* Descripción de Bogotá, Disenso, Ciudad moderna.

Analytical studies of the relations among various design criteria for prestressed concrete^{*}

by
Narbey Khachaturian
Iqbal Ali
and
Eduardo Aldana

Issued as a Part of the Seventh Progress Report of the
Investigation of Prestressed Concrete for Highway Bridges

In Cooperation with
The Division of Highways
State of Illinois
and
The United States Department of Commerce
Bureau of Public Roads

Urbana, Illinois

October, 1958

Nota de Eduardo Aldana en 2014_02. El propósito de incluir un fragmento de este documento es recordar a muy apreciados profesores de la Universidad de Illinois, mostrar el trabajo en grupo y la colaboración con el sector externo que ha caracterizado a las universidades de investigación norteamericanas y señalar la dificultad de escribir informes cuando no existía el pc.

^{*} *Palabras clave.* Ingeniería Civil, Investigación concreto pretensado, Trabajo en equipo, Extensión universitaria.

Contents

- I. Introduction***
 - 1. Introduction**
 - 2. Object and Scope**
 - 3. Acknowledgments**
 - 4. Notations
- II. A study of design criteria for prestressed concrete beams at service loads**
 - 5. Introduction
 - 6. Assumptions
 - 7. Loading Conditions and Allowable Stresses
 - 8. The Four Basic Requirements
 - 9. Introduction of the Significant Unknowns
 - 10. The Unknowns and Their Ranges of Variation
 - 11. The Relationship Among the Variables
 - 12. The Design Criteria for Economy
 - 13. A Study of the Relationship among the Unknowns
 - 14. The Relationship between ϵ and the Cover Ratio
 - 15. The Graphical Representation of Relations among the Unknowns
 - 16. The interpretation of Relations among the Unknowns
 - 17. Derivation of Expressions for ρ and Δ for Various Types of Sections
- III. Ultimate flexural strength of beams with bonded reinforcement**
 - 18. Introduction
 - 19. General Expression for Ultimate Moment of a Beam
 - 20. Method Suggested by Professor Chester P. Siess
 - 21. Method Specified in the Bureau of Public Roads Criteria
 - 22. Method Recommended by the Joint Committee
 - 23. A Comparative Study of the Simplified Methods
- IV. Interrelationship between service load and ultimate design criteria – non-composite sections**
 - 24. Introduction
 - 25. The Live Load and Total Load Safety Factors
 - 26. The Live Load and Dead Load Safety Factors
 - 27. The General Expression for the Total Load Safety Factor
 - 28. Determination of Factor K
 - 29. Variables Affecting the Total Load Safety Factor
 - 30. The Cases Investigated in this Study

* Los numerales en negrilla son los que están incluidos en este fragmento.

31. Computation of the Total Load Safety Factors for the Least Weight Criteria
32. Criteria Resulting in the Minimum Safety Factor
33. A Graphical Study of Variation of the Total Load Safety Factor
34. Effect of Varying the Stress-Coefficients on the Total Load Safety Factor
- V. Conclusions – non-composite sections
 35. Service Load Design Criteria for Least Weight
 36. Simplified Expressions for Ultimate Moment
 37. The Total Load Safety Factor and its Relationship with the Stress Coefficients and Section Properties
 38. Typical Values of N_+ for Sections Designed on the Bases Least Weight Criteria
- VI. Design criteria for composite prestressed concrete beams for service loads
 39. Loading Conditions and Allowable Stresses
 40. The Four Basic Requirements
 41. Introduction of Dimensionless Variables
 42. The Unknowns and Their Ranges of Variation
 43. The Relationship among the Variables
 44. The Least Weight Design Criteria
 45. A Study of Relationship among the Unknowns
 46. The Graphical Representation of Relations among the Unknowns
 47. Discussion of Relations among the Unknowns
 48. A Design procedure for Composite Sections
- VII. Relationship between service load and ultimate design criteria in composite sections
 49. The General Expression for the Total Load – Safety Factor
 50. Determination of Factor K
 51. The Variable Affecting the Total Load – Safety Factor
 52. A Study of the Influence of the Dimensionless Quantities upon the Total Load – Safety Factor
- VIII. Conclusions – composite sections
 53. Service Load Design Criteria
 54. The Total Load – Safety Factor and its Relationship with the Stress Coefficients

REFERENCES

Introduction

The present design practice in prestressed concrete is based upon several seemingly independent design criteria. These criteria not only limit the allowable stresses in various stages of service loads, but also provide a quantitative measure of safety against ultimate failure. Although in design of structures there are many instances in which more than one criterion is involved, prestressed concrete structures and their design criteria possess two unique features which distinguish them from the others.

First, in its early life prestressed concrete is a changing medium. The prestressing force decreases with a decreasing rate, from a maximum quantity at the time the structure is made, to a smaller and constant value a few years later. The strength of concrete, on the other hand, increases with a decreasing rate from a minimum immediately after the structure is made, to a maximum value weeks later.

Secondly, due to a comparatively limited experience with the prestressed concrete structures, the concept of safety has found a new significance among the designers. As a result, the design specifications not only designate allowable stresses at service loads, but also specify minimum load factors. At least in this country this is the first instance in incorporating specific provisions for the safety of structures along with the allowable working stresses.

The features mentioned above complicate the relationship among various criteria and tend to confuse the designer in proportioning his prestressed concrete structure. In order to simplify the design and to develop a thorough understanding of all criteria, it is necessary to study the interrelationships among the various design criteria. It is also of considerable importance to those who prepare specifications to know the effect of varying any one criterion on other criteria. For example, if an allowable stress is changed, to what extent would the load factors be affected?

This study of relationships is important not only for non-composite construction but also for composite construction. Although the non-composite type is commonly used in buildings it is seldom used in bridge construction. Composite type of construction is particularly suitable in highway bridges that are built of stringers and cast in place reinforced concrete slab. Almost in all highway bridges in which prestressed concrete stringers are used the composite action of the slab is taken into account.

Object and Scope

The object of this work is to study analytically the design criteria for pre-stressed concrete beams. The specific objectives of the work reported here have been as follows:

- To study the criteria for service loads, to present relations among various unknowns and to develop the least weight design concept.
- To study and present simplified methods for calculating the ultimate flexural capacity of beams and adopt a convenient method for use in this study.
- To study the relationship between the allowable stresses at service loads and the safety factors against ultimate failure. In addition, to present and discuss the effect of changing the allowable stresses at service loads and the safety factors against ultimate failure.

This study is limited to simply supported beams and includes both non-composite and composite construction. It is assumed that the prestressing operation is carried out all at one time. Computations of load factors have been based on failure in flexure and limited to bonded beams.

To exemplify the discussions in this work, a set of allowable stresses has been adopted which is in accordance with the design criteria set forth by the United States Bureau of Public Roads.

Acknowledgments

Studies reported here were carried out in the University of Illinois as part of a cooperative investigation of prestressed concrete for highway bridges sponsored by the Illinois Division of Highways as part of the Illinois Cooperative Highways Research Program. The United States Bureau of Public Roads participated through grants of federal aid funds. The investigation is under the general direction of Chester P. Siess, Professor of Civil Engineering. The program of the investigation was guided by the following Advisory Committee:

Representing the Illinois Division of Highways:

W. E. Chastain, Engineer of Physical Research

Bureau of Research and Planning

W. J. Mackay, Bridges and Traffic Structures Section,

Bureau of Design

C. E. Thunman, Bridges and Traffic Structures Section,
Bureau of Design

Representing the Bureau of Public Roads:

E. L. Erickson, Chief, Bridge Branch

E. F. Kelley, Chief, Physical Research Branch

Representing the University of Illinois:

C. P. Siess, Chairman, Professor of Civil Engineering

I. M. Viest, Research Associate Professor of Theoretical and Applied
Mechanics

Narbey Khachaturian, Associate Professor of Civil Engineering

Acknowledgement is due to Mr. F. R. Khan who initiated this study for rectangular sections. The assistance of J. S. Alagia, W. Gonzalez, R. J. Mehta and J. M. Yohe in preparation of tables and curves are gratefully acknowledged.

The valuable assistance of Dr. Chester P. Siess in planning this investigation and his many helpful comments are gratefully acknowledged. Appreciation is expressed to M. A. Sozen, Assistant Professor of Civil Engineering, for his helpful suggestions and assistance during the preparation of the text of this report.

2

Universidad de los Andes
(1958 a 1960)

Pronunciamiento de la Asociación de Antiguos Alumnos sobre creación de Club de Amigos^{*}

Bogotá, abril de 1960

Señores

Presidente y miembros del Consejo Directivo

Universidad de los Andes

La Asociación de Antiguos Alumnos de la Universidad de los Andes, saluda muy atentamente a ese Honorable Consejo y se permite exponer a esa alta Corporación algunas inquietudes que cree debe darles a conocer.

Estos temas seguramente han sido estudiados ampliamente por ese Honorable Consejo; queremos sin embargo presentarlos a su consideración en conjunto, en la misma forma en que fueron presentados ante una reunión de exalumnos convocada para estudiar la conveniencia de crear un Club de Amigos de la Universidad, club cultural y social del máximo interés. Sin embargo, al estudiar más detalladamente el proyecto del Club y habiéndose presentado serias objeciones a su localización, un encadenamiento de ideas nos ha llevado a discutir los problemas primarios de la Universidad, y aunque mal documentados en tan difíciles temas, hemos elaborado siete puntos que a continuación presentamos:

- ¿Deben las Facultades de Ingeniería de la Universidad seguir siendo un *Junior College* de las Universidades Norteamericanas de Illinois, Pittsburgh, Kansas, etc.? O ¿de esta etapa experimental debe pasarse, lo antes posible, a *nacionalizar* esas facultades básicas de la Universidad?
- ¿Puede considerarse a la Universidad como una Institución de importancia histórica nacional? ¿Debe por lo tanto limitarse en su actual nivel de calidad académica y cantidad de graduados por año, o debe comenzarse a pensar en expansión paulatina de ambos conceptos?
- De acuerdo con el punto anterior ¿debe la Universidad estudiar una po-

^{*} *Palabras clave.* Cuestionamientos política universidad, Expansión Facultad de Ingeniería, Planeamiento Universitario, Aexandes_Uniandinos, Disenso, Responsabilidad.

lítica de expansión y mejoramiento a largo plazo, incluyendo el traspaso de sus instalaciones a predios más amplios?

- Es preciso establecer claramente si en los próximos años nuestra Universidad debe ser una Universidad eminentemente técnica con ramificaciones de Humanidades o una Universidad especializada en Humanidades con ramificaciones técnicas. ¿Las apropiaciones presupuestales para cada departamento deben ser acordes a los dictados de esa definición básica?
- ¿Debe la Universidad seguir creando nuevas facultades, extensiones y departamentos, o debe concentrarse en mejorar y reforzar las actuales facilidades?
- ¿Es conveniente que se comience a considerar científica y técnicamente a la Universidad de los Andes como un centro de enseñanza de segundo orden?
- Por último: la Asociación de Exalumnos considera extraordinariamente interesante la iniciativa del Club de Amigos de la Universidad pero cree que, como requisito para que la idea progrese y tenga el desarrollo deseable, debe encajar dentro de un plan general a largo plazo, plan que es necesario definir antes de comenzar el proyecto del Club, contando con las debidas prioridades para evitar copar los cupos de donaciones que pudieran canalizarse a obras más primordiales para la Universidad.

Consideramos como un acto atrevido el presentar al Honorable Consejo Directivo un memorándum como el presente, máxime considerando que la Asociación no ha logrado todavía agrupar debidamente a sus Exalumnos. Creemos sin embargo que el reconocimiento de la Asociación como entidad, por parte de ese Honorable Consejo, puede precisamente crear el interés que forme el núcleo sólido que redundará en beneficios para la Universidad, ya que consideramos que *la obligación moral de los antiguos alumnos no queda saldada con la Universidad en el mismo momento en que se gradúan.*

Asociación de antiguos alumnos de la Universidad de los Andes

Gustavo Arias de Greiff
Presidente

Eduardo Aldana Valdés
Secretario¹

¹ Siguen cuatro firmas; entre ellas, se reconoce la de Alfonso Galvis (Nota de Eduardo Aldana en 2014_02).

Estudio preliminar sobre exámenes de admisión*

Cualidades que debe tener un examen¹

Un examen no es otra cosa que un instrumento de medición. Por consiguiente, debe tener las cualidades de todo buen instrumento, a saber:

Consistente o estable

Un aparato de medir consistente o estable es aquel que da los mismos resultados en situaciones iguales. Si cada vez que medimos la distancia entre dos puntos en nuestra oficina obtenemos el mismo resultado la cinta usada es consistente y/o estable.

Válido

Una prueba es válida cuando realmente mide lo que se intenta medir y solo lo que se intenta medir. Si una prueba tiene por objeto medir la habilidad de una persona para hacer multiplicaciones, la nota que obtenga esta persona en la prueba no debe ser afectada por sus conocimientos sobre los orígenes históricos de las matemáticas. Es necesario anotar que el grado de estabilidad de una prueba no indica en sí mismo que ella sea válida. Una cinta más larga de lo que se supone, nos dará medidas consistentes pero no válidas.

Objetivo

Las preferencias, prejuicios o el estado de ánimo de las personas que califican una prueba, entre otros aspectos, no deben influir en la calificación.

* *Palabras clave.* Evaluación académica, Investigación pedagógica.

¹ Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Durante un buen tiempo la Universidad de los Andes preparó, administró y calificó los exámenes que utilizaba para seleccionar a los nuevos estudiantes. Esas tareas eran realizadas por los profesores de tiempo completo de los Departamentos de Matemáticas, Física y Química; entre ellos recuerdo a los profesores Henri Yerly, Elizabeth Grose, Alberto Schotborg y Víctor Jiménez. Yo me uní a ese grupo y decidí empezar a estudiar las denominadas “pruebas objetivas” que ya utilizaban las entidades encargadas de administrar los exámenes de admisión de estudiantes a las universidades en los Estados Unidos, como el Educational Testing Service. Este documento es uno de los primeros aportes que hace la Facultad de Ingeniería a los procesos centrales de la Universidad como, en este caso, la selección de estudiantes de la facultad de Ingeniería y que después se ampliaría a las admisiones a otras facultades. Más tarde vendría, por ejemplo, la calificación de esos exámenes con la ayuda del computador. Bogotá, 16 de mayo de 1960.

Una prueba es objetiva si varias personas que la califican llegan a la misma nota, o si una persona que la califique en diferentes épocas obtiene el mismo resultado.

Comprensivo y amplio

Una prueba debe escoger con generosidad lo que se va a medir. Si queremos, por ejemplo, conocer la composición del agua del acueducto en un día determinado será necesario tomar varias muestras durante el curso del día, ya que una sola muestra nos daría resultados que no se podrían tomar como representativos de todo el día.

Capaz de distinguir

La prueba debe ser construida en forma tal que detecte pequeñas diferencias en la habilidad de las personas que la toman. Así, por ejemplo, si queremos determinar la capacidad de varias personas para saltar obstáculos no podemos poner solamente un obstáculo muy bajo, pues todos lo saltarían sin distinción, ni tampoco uno muy alto porque nadie lograría sobrepasarlo; sería necesario poner una serie de obstáculos a diferentes alturas desde unos bajos que puedan saltar la mayoría hasta otros altos que solamente puedan ser superados por unos pocos.

Manera de lograr estas cualidades y modo de determinarlas

Estabilidad o consistencia

La estabilidad o consistencia de un instrumento se puede determinar midiendo una misma cosa repetidas veces. En el caso de una prueba, este procedimiento no se puede llevar a cabo, pero sí es posible darla repetidas veces a grupos similares de personas. Para hacer una prueba altamente estable es necesario modificarla constantemente de acuerdo con los resultados obtenidos.

Validez

La validez de un examen se puede lograr estudiando cuidadosamente las cualidades y aptitudes que debe tener un estudiante en el trabajo que va a realizar más tarde. La validez de una prueba se determina siempre comparándola con cierto criterio. Por ejemplo, si una prueba escrita pretende medir

la habilidad de una persona para manejar autos en la ciudad, el criterio de comparación podría ser la manera como el conductor desempeñe esta función en los meses futuros.

Objetividad

Para que una prueba sea objetiva se requiere que no haya varias maneras de contestar correctamente cada una de las preguntas, ni posibilidad de contestarlas parcialmente. Un estudio de las respuestas dadas por los estudiantes a las diferentes preguntas de una prueba indicará si es o no objetiva.

Comprensibilidad y amplitud

Si la prueba cubre todas las partes importantes de la materia examinada reúne esta cualidad. Para lograr esta cualidad es necesario tener un conocimiento amplio y crítico de la materia en la cual se va a examinar.

Capacidad de distinguir

La prueba debe tener:

- Preguntas de todos los niveles de dificultad
- Cada pregunta debe distinguir a los estudiantes que están por encima o por debajo de haber alcanzado ciertos objetivos.
- Si una prueba tiene esta cualidad la calificación mostrará una amplia variación en las notas.

Cualidades en los exámenes de admisión de la Universidad de los Andes

En general, las cualidades enumeradas anteriormente las tienen todos los exámenes, pero naturalmente en mayor o menor grado. De manera que los conceptos siguientes solo son relativos, en cuanto comparan el examen de admisión para la Facultad de Ingeniería con un examen que posea estas cualidades en un grado aceptable.

Estabilidad

Esta cualidad la tienen en general los exámenes de la Universidad de los Andes porque grupos similares de estudiantes en años próximos obtienen resultados muy parecidos. Sin embargo, debido a que los exámenes dados nunca son iguales y a veces hasta muy diferentes, por ser preparados por distintos profesores, se llama la atención sobre la necesidad de analizar cuidadosamente esta cualidad.

Validez

Por estudios hechos con anterioridad sobre el rendimiento de los estudiantes que pasaron los exámenes de admisión y no obtuvieron resultados académicos satisfactorios en sus primeros semestres en la Universidad, es aparente que la validez de los exámenes da lugar a serias dudas.

Objetividad

La objetividad de los exámenes de admisión se ha logrado para cada examen independientemente, haciendo que un profesor califique cada pregunta. Sin embargo, el profesor algunas veces tiene que decidir qué fracción del valor total se asigna a cada punto y es dudoso si un año después él daría la misma calificación a estas respuestas.

Comprensibilidad y amplitud

Es dudoso que con solo cinco preguntas, como es lo usual en ciertos exámenes de admisión, se logre esta cualidad en la mayoría de los exámenes de admisión para la Facultad de Ingeniería.

Capacidad de distinguir

En general el campo de variación de las notas ha sido amplio, pero en los últimos exámenes no ha habido notas mayores de 90; se ha presentado alguna nota aislada en los alrededores de 90 y ninguna entre 80 y 90.

Recomendaciones

- Se debe tratar de uniformar los exámenes de admisión con el propósito de hacerlos muy parecidos de un año a otro. Esto les daría una gran estabilidad y permitiría decidir, después de alguna experiencia y com-

paración entre ellos y los resultados semestrales, cuál debe ser la nota mínima para admisión.

- Se debe seguir estudiando la validez de los exámenes de admisión con el propósito de mejorarla. Como criterio de comparación se pueden usar los resultados del primer semestre. Para el efecto, proponemos el siguiente procedimiento:
 - Tómease el puntaje total en Matemáticas, Física y Química del examen de admisión.
 - Divídase el grupo de estudiantes que entran a la Universidad, en la mitad que obtuvo más alta nota y la mitad que obtuvo más baja nota.
 - Tómease la suma de las notas en Álgebra, Trigonometría y Química (teórica) en el primer semestre.
 - Divídase a los estudiantes en tres grupos iguales de acuerdo con el resultado obtenido en el semestre en las tres materias anotadas. El índice de validez aproximado está dado por:

$$I.V. = \frac{S-I}{N/3}$$

Donde S es el número de estudiantes que obtuvieron alto puntaje en el examen de admisión y están en el tercio superior del semestre; I es el número de estudiantes que obtuvieron alto puntaje en el examen de admisión y están en el tercio inferior del semestre; N es el número total de estudiantes.

Ejemplo: De los 72 estudiantes que presentaron examen de admisión y entraron a la Facultad, 36 sacaron más de 65 puntos y 36 entre 50 y 65. De estos 72 estudiantes, 24 obtuvieron más de 12.0 en la suma de las notas de Álgebra, Trigonometría y Química en el primer semestre; 24 obtuvieron entre 9.0 y 12.0 y los 24 restantes obtuvieron menos de 9.0

Supongamos, además, que los estudiantes se distribuyen en las seis celdas del siguiente cuadro:

Grupos de acuerdo a resultados de primer semestre	Resultados del examen de admisión Mitad baja entre Mitad alta más de 50 y 65		Número total de estudiantes
Tercio superior, más de 12.0	4	20	24
Tercio medio, entre 9.0 y 12.0	14	10	24
Tercio inferior, menos de 9.0	18	6	24
Total	36	36	72

$$I.V. = \frac{20-6}{24} = 0.58$$

Interpretación del índice de validez

Si todos los 24 del tercio superior formaran parte de la mitad con alto examen de admisión y ninguno del tercio inferior formara parte de esta misma mitad, el Índice de Validez sería:

$$I.V. = \frac{24-0}{24} = +1.0$$

E indicaría una máxima correlación positiva.

Si el mismo número de los estudiantes que obtuvieron una buena calificación en el examen de admisión está en la tercera parte superior y la tercera parte inferior del rendimiento en el semestre, el Índice de Validez es 0, e indica que la prueba carece de correlación con el rendimiento conjunto en las tres materias en el primer semestre.

Si ninguno de los estudiantes del tercio superior estuvo por encima de la mitad del grupo en el examen de admisión y todos los 24 del tercio inferior forman parte de la mitad con resultado superior del examen de admisión, el Índice de Validez es:

$$I.V. = \frac{0-24}{24} = -1.00$$

Que es la correlación negativa extrema.

Como se dijo anteriormente este Índice solo debe tomarse como una medida aproximada de validez del examen de admisión. Antes de sacar conclusiones el Índice debe ser obtenido de un mayor número de estudiantes en repetidas presentaciones del mismo examen o de exámenes similares. El Índice

dice obtenido en el ejemplo indica que el examen tiene una validez sustancial para predecir las notas de los alumnos en las materias escogidas del primer semestre.

- Para que el criterio de comparación sea adecuado, es necesario que los diferentes profesores que dictan una cualquiera de las materias del primer semestre escogidas para el criterio, den notas comparativamente similares. Es esencial por consiguiente que tanto los exámenes parciales como el final sean iguales para todos los alumnos o, en su defecto, muy similares. Por ello también se deben fijar normas concretas sobre el sistema de calificar las materias en la Universidad.
- Con el fin de alcanzar mayor objetividad en los exámenes de admisión es necesario evitar que varias respuestas puedan ser correctas en mayor o menor grado.
- El número de preguntas que se hacen en los exámenes de Matemáticas y Física debe ser aumentado hasta donde sea posible, en vista de las limitaciones de tiempo para la resolución de los exámenes.
- El examen debe elaborarse en tal forma que aproximadamente el 80% de los estudiantes puedan terminarlo.
- Debe haber preguntas fáciles y preguntas difíciles, pero la mayoría de ellas deben ser de dificultad promedio (Índice de facilidad de 0.5 aproximadamente).
- El Índice de facilidad de una pregunta se puede determinar, aproximadamente, dividiendo el número de estudiantes que la contestaron bien por el número de estudiantes que presentaron el examen. Varían de 0. a 1.0, o sea de muy difícil a muy fácil.
- Sería recomendable un examen sicotécnico que determinará la inteligencia del alumno, su afición por la Ingeniería y su capacidad para adaptarse al método de estudio de la Universidad.

Secciones compuestas de hormigón pretensionado^{*1}

Introducción²

En las construcciones de hormigón pretensionado se ha encontrado muy conveniente, a menudo, prevaciarse una parte de la sección. Si los amarres necesarios existen, las dos partes de la sección actuarán como una sección compuesta.

El objeto de este escrito es presentar de una manera muy simplificada el estudio de los criterios para cargas de servicio en las secciones compuestas de hormigón pretensionado. Aunque el propósito original de los estudios en los cuales se basa este artículo no es el diseño, se presentará un diseño esquemático de una sección compuesta. Este artículo está basado en los trabajos realizados por el profesor Narbey Khachaturian de la Universidad de Illinois, sobre secciones no compuestas y en los estudios analíticos efectuados por el autor, bajo la dirección del doctor Khachaturian, sobre secciones compuestas como una parte del programa cooperativo llevado a cabo en la Universidad de Illinois y patrocinado por la División de Carreteras del Estado de Illinois.

Suposiciones y limitaciones

Para facilitar y simplificar este estudio se hacen las siguientes suposiciones:

- La estructura está simplemente soportada.
- La viga es prismática.

^{*} *Palabras clave.* Ingeniería Civil, Cálculo estructural, Investigación concreto pretensado.

¹ Publicado en la Revista de la Universidad de los Andes, Año III, Junio de 1960, No. 10. Pp. 47-64, como parte de la Monografía de la Revista sobre Ingeniería.

² Nota del autor en 2014_02: Cuando los directores de la Revista me solicitaron que participara en el número monográfico sobre Ingeniería quise excusarme pues en ese tiempo era un “especialista que sabía mucho de nada”. Mi excusa no fue aceptada porque era el único profesor de la Facultad de Ingeniería de tiempo completo. Seguramente nadie leyó ese artículo. Presento solamente las primeras páginas. Las que se omiten están llenas de ecuaciones, gráficas y figuras. El propósito de incluirlo es el de dar un indicio del estado del arte del cálculo estructural a finales de la década de los 50 en el siglo xx. Con la inclusión del anexo se recuerda con mucho aprecio la primera Revista de la Universidad de los Andes y la orientación que le dieron sus directores.

- La flexión es simétrica, esto es, la sección recta de la viga tiene un eje de simetría, y todas las cargas actúan en el plano de este eje.
- El concreto actúa como un material elástico y permanece sin agrietarse bajo las cargas de servicio.
- Además de la fuerza de tensionamiento, la viga soporta su propio peso, la carga muerta superimpuesta y la carga viva (con impacto) que actúan en la misma dirección.
- La viga es pretensionada en una sola operación y al hacerlo la única carga que actúa es el peso de la viga.
- El centro de gravedad de la fuerza de pretensión está debajo del núcleo central de la sección de la viga propiamente dicha.
- El ancho efectivo de la losa para acción compuesta es igual a la distancia centro a centro entre las vigas.

Todas estas suposiciones tienen como fin limitar el número de variables que de otra manera serían un factor de complicación y le restarían claridad a la presentación.

Condiciones de carga y esfuerzos admisibles

Desde el momento en que la viga es vaciada y a través de su vida en servicio una estructura compuesta de hormigón pretensionado se ve sometida a muy diversas condiciones de carga. Sin embargo, si solo las cargas supuestas en este estudio actuasen, habría seis condiciones límites que interesarían al calculista; estas son:

Condiciones de Carga	Carga Soportada 1	Fuerza de Pretensión	Resistencia del Concreto en la viga	Sección Efectiva 2
I	$P + G$	Máxima	Mínima	Viga
II	$P + G + S$	Máxima	Mínima	Viga
III	$P + G + S + L$	Máxima	Mínima	Compuesta
IV	$P + G$	Mínima	Máxima	Viga
V	$P + G + S$	Mínima	Máxima	Viga
VI	$P + G + S + L$	Mínima	Máxima	Compuesta

1 P: Fuerza de pretensión; G: Peso de la viga; S: Carga superpuesta; L: Carga viva con impacto.

2 En adelante denominaremos viga a la sección prevaciada y la vaciada en el sitio de construcción.

Las condiciones I, II, III son temporales y corresponden a la transferencia del esfuerzo del acero al concreto. En esta etapa la fuerza de pretensión es máxima porque todavía no han ocurrido pérdidas y la resistencia del concreto es mínima y por debajo de la resistencia del hormigón a los 28 días, f'_c .

Las condiciones IV, V, VI son las condiciones finales de servicio en las cuales la fuerza de pretensión ya ha alcanzado su valor efectivo mínimo, al sufrir todas las pérdidas y la resistencia del concreto es máxima e igual a f'_c .

Se puede ver que las condiciones I y VI son las más importantes; la condición I generalmente gobierna las primeras tres condiciones, mientras que la condición VI siempre gobierna las tres últimas. Para las limitaciones hechas, hay entonces dos condiciones que deben ser investigadas.

Anexo
Revista de la Universidad de Los Andes

Año III Junio 1960 N° 10

Bases para la monografía de la ingeniería colombiana

Ensayos de:

Alvaro Salgado

Alfonso Davila Ortiz

Alfredo B. Bateman

Eduardo Ospina Racines

Luis Pinzon Vargas

Eduardo Aldana Valdes

Directores:

Eduardo Carranza y Ferenc Vajta

Precio: 2 pesos

Bases para la monografía de la ingeniería colombiana

Cuando en enero de 1958 se fundó la Revista de la Universidad de los Andes, sus directores decidieron publicar de vez en cuando los datos monográficos de las profesiones colombianas para iniciar en esta forma la historiografía de esas empresas, que marcan el nacimiento de la Colombia Contemporánea. El siglo XIX colombiano solo escasamente conoció esas profesiones que hoy atraen nuestra juventud y que, por su excelente desarrollo de estos sesenta años, comenzaron y ensancharon la revolución industrial y social del país.

Al lado de la arquitectura colombiana que en los últimos veinte años transformó la cara de todas las ciudades del país y creó “Bogotá, Distrito Especial”, indudablemente la ingeniería desempeñó el papel más importante y revolucionario en la vida nacional. Hasta un cierto punto, los colombianos siempre han sido ingenieros, aun antes de que hubieran sido abiertas las primeras facultades de ingeniería, y se hubiera enseñado en forma científica esta profesión vital e indispensable para la segunda conquista del país. Los viejos caminos y carreteras, que nos quedaron de la época “pre-ingeniería”, siempre despertarán el interés y admiración de los visitantes extranjeros. Venciendo las cordilleras, miles de abismos y valles, el trópico y las inmensas distancias, los ingenieros primitivos, que nunca estudiaron en universidades, lograron dotar a Colombia con una red de comunicaciones antes de que hubiera aparecido la moderna maquinaria para copiar el ejemplo de Suiza o Alta Italia.

Hoy el ingeniero es, con el arquitecto y el economista, el verdadero héroe de la nación. En su triángulo moderno y real se concentra toda la vida colombiana: sin ellos nunca ningún político hubiera podido concebir el “milagro colombiano” que, junto con la revolución brasileña y mejicana, constituye indudablemente el documento más grandioso de la “transformación latina”. A ellos, a los ingenieros colombianos, queremos dedicar este número especial de la Revista de la Universidad de los Andes, que, por su limitación natural y lógica, solo puede presentar unas bases preliminares para una monografía real y detallada. Pero rendimos este homenaje con la esperanza de que algún día los historiadores de la nación y América Latina sabrán apreciar y comprender el “año 1960” en la ingeniería colombiana.

Los directores

Memorándum para el Rector Jaime Samper^{*1}

Bogotá, noviembre 2 de 1959

De: Eduardo Aldana Valdés

A: Dr. Jaime Samper Ortega

Referencia: Currículum Vitae de Eduardo Aldana

1. En 1957 obtuve el grado de B. Sc., con honores de la Universidad de Illinois en Ingeniería Civil (Estructuras).
2. En 1958 obtuve el grado de M. Sc. de la Universidad de Illinois en Estructuras y Suelos.
3. Durante el año de estudio postgraduado trabajé en investigaciones sobre concreto pretensionado.
4. Desde julio de 1958 trabajo en la Universidad de los Andes [como Coordinador Vicedecano de la Facultad de Ingeniería] y he dictado los siguientes cursos [durante los pasados tres semestres y dos periodos interanuales de vacaciones]:
 - Topografía Plana (2 veces)
 - Trazado de Carreteras (2 veces)
 - Curso práctico de Topografía (1 vez)
 - Estática (4 veces)
 - Dinámica (1 vez)
 - Resistencia de Materiales (2 veces)
 - Dibujo Avanzado para Ingeniería Civil (3 veces)

Atentamente,

Eduardo Aldana Valdés

^{*} Palabras clave. Curriculum Vitae, Informe de actividades.

¹ Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Yo había comunicado verbalmente al rector Jaime Samper mi intención de dejar el cargo que desempeñaba en la Universidad. Existía un alto aprecio mutuo entre los dos y el doctor Samper me solicitó que le hiciera llegar una copia de mi hoja de vida con la intención, lo entendí después, de consultar la posibilidad de aumentar mi remuneración. Le hice un par de adiciones para que el lector de este documento la pueda interpretar adecuadamente pero a pesar de ello sigue siendo la más corta que he escrito en mi vida.

La expansión de la Facultad de Ingeniería*

Bogotá, julio 1° de 1960

Señor doctor

Jaime Samper Ortega

Rector

Universidad de los Andes

E. S. D.

Estimado señor Rector:

Hace dos años fui nombrado por el Dr. Jorge Restrepo Hoyos, coordinador [con funciones] de vicedecano de la Facultad de Ingeniería. A fines del año pasado Ud. tuvo a bien confirmarme como Vicedecano de Ingeniería.

La labor desarrollada por mí fue modesta comparada con el interés y consagración con que me dediqué a la Universidad. Es que la Universidad de los Andes representa para nosotros, sus exalumnos, más que el centro docente que nos capacitó para adquirir un título profesional: es un experimento de carácter nacional que pretende revolucionar y mejorar la educación superior en Colombia dentro de un alto aprecio por el desarrollo de las personas y un gran sentido de su misión patriótica.

Por consiguiente merece la atención y simpatía de todos los colombianos y, principalmente, de aquellos a quienes nos ha beneficiado. Y en mi caso sucede que he sido doblemente beneficiado, pues lo fui como alumno cuando recibí instrucción de mis profesores y después como profesional cuando mis labores me llevaron a colaborar con personas de méritos más que suficientes para que su ejemplo sea mi guía en el futuro.

En los años en que he estado en contacto con la Universidad de los Andes he sido testigo de su desarrollo. En un principio era fundamentalmente una Facultad de Ingeniería y uno de sus propósitos principales era encauzar la fuga desordenada de estudiantes al exterior, “ofreciendo un puente racional a quienes legítimamente aspiran a una educación técnica superior”, como lo dijo el expresidente Alberto Lleras en su discurso de

* *Palabras clave.* Retiro de Uniandes 1960, Colegas y maestros, Misión de Uniandes, Privilegio y responsabilidad, Expansión Facultad de Ingeniería.

posesión como rector de este claustro, [publicado en el folleto *Misión y Problema de la Universidad*].

En esa época la desbandada de jóvenes universitarios hacia el exterior era elevada y un buen número iba aún a iniciar estudios secundarios, como el mismo Dr. Lleras lo señala. Esta emigración ha disminuido. Por un lado la educación superior en el país ha progresado, progreso debido en buena parte al ejemplo de la Universidad de los Andes, y, por otra, la desvalorización del peso impide la salida con fines educativos aún a personas de ciertas capacidades económicas.

En la Universidad de los Andes, por otra parte, en los primeros años sus directivas no tenían sino un solo frente de trabajo: La Facultad de Ingeniería. Con el tiempo se hicieron adiciones que solamente merecen elogios, pero que necesariamente multiplicaron los frentes de atención de las directivas de la Universidad o lo que es lo mismo, han venido convirtiendo a la Facultad de Ingeniería en una más de las facultades de la Universidad. Como resultado lógico, la Universidad de los Andes ha crecido rápidamente mientras que su Facultad de Ingeniería ha permanecido estática. Si hemos de creer que quien no avanza, retrocede, la Facultad ha ido a su vez hacia atrás.

Sin embargo, es aparente que la Universidad de los Andes no ha cambiado los derroteros que le fijaron sus fundadores y Ud., señor Rector, con su constante preocupación por la Facultad de Ingeniería, me ha hecho ver que la considera como la columna fundamental de la Universidad. Es por esto y por las consideraciones anteriores por lo que me tomo la libertad de expresarle que, en mi concepto, la extensión de los estudios de Ingeniería hasta el nivel de B. S., con posterior ingreso a estudios postgraduados en el exterior, es fundamental. Al efecto permítame citarle las palabras del Dr. Lleras, en el folleto ya mencionado, cuando se refiere a la preparación que deben recibir los estudiantes “para que puedan ingresar a la universidad norteamericana cuando sea indispensable y no antes, cuando resulte menos costoso y cuando tengan una preparación que les permita obtener de la experiencia extranjera el más alto beneficio”, y refiriéndose al presente y futuro de la Universidad: “Es también una posibilidad de detener en el futuro, y, por lo pronto, de organizar y reducir el exilio de la juventud”.

Quiero Sr. Rector dejar constancia de mi profundo agradecimiento al Decano de la Facultad, Dr. Álvaro Salgado, a los Miembros del antiguo y

nuevo Consejo Académico, a los Secretarios General y Académico, al Sr. Síndico y a todo el personal docente y administrativo de la Universidad por la invaluable colaboración y confianza que me otorgaron durante el desempeño de mis funciones.

Con absoluta fe en el gran porvenir de la Universidad y la Facultad de Ingeniería durante su permanencia al frente de la primera, hago mis más sinceros votos por que ella sea larga y feliz y le expreso mis agradecimientos por la confianza, amistad y apoyo que Ud., señor Rector, me otorgó tan generosamente.

Del Sr. Rector, con sentimientos de alta consideración y aprecio,

Eduardo Aldana Valdés

Anexo. Respuesta del Rector Jaime Samper^{*}

Número 0696

Bogotá, julio 6 de 1960

Señor doctor

Eduardo Aldana Valdés

Base Aérea-Sección Académica

Cali (Valle)

Muy estimado doctor y amigo:

Me refiero a su carta del primero de los corrientes que me escribe usted en el momento de dejar la Universidad de los Andes para viajar a Cali a ayudar en la organización de la Escuela de Ingeniería de las Fuerzas Armadas y ejercer su profesión de Ingeniero de Estructuras.

Ante todo quiero dejar constancia del agradecimiento de la Universidad de los Andes por la magnífica labor realizada por usted durante todo el

^{*} *Palabras clave.* Retiro de Uniandes 1960, Expansión Facultad de Ingeniería, Transferencia a postgrado, Diseño.

tiempo en que nos prestó su colaboración y dejar constancia también de mi agradecimiento personal por la ayuda invaluable que usted me prestó durante mi rectoría.

Es evidente, como usted dice, que en los primeros años la Universidad de los Andes no tenía sino un frente de trabajo o sea la Facultad de Ingeniería. Sin embargo, al ingresar a la Rectoría yo encontré ya varias Facultades (Economía, Arquitectura, Curso Premédico, Filosofía y Letras, Bellas Artes y Bacteriología); todas ellas de gran importancia para el país pero que efectivamente y con excepción del Premédico, requieren un gran esfuerzo por parte de la Universidad para sostenerlas.

Considera usted que los estudios en la Facultad de Ingeniería deben llevarse hasta el nivel de B.S. para que los muchachos ingresen a cursos de postgraduados en el exterior, una vez terminados sus estudios en la Universidad de los Andes. Yo difiero en parte de esta idea por las siguientes razones:

- Porque el número de especializaciones que requiere hoy la carrera de Ingeniería es muy grande y la Universidad de los Andes solamente estaría en posibilidad de cubrir a lo sumo una o dos de estas especializaciones.
- Porque un año de estudios de especialización de postgraduados, no le da a los estudiantes suficiente oportunidad para apreciar las ventajas y desventajas de una civilización distinta y, porque ya más maduros, no tienen la misma facilidad de asimilación y de adaptación.
- Porque creo difícil que al preparar nuestros estudiantes solamente en una o dos especialidades, puedan lograr un cambio de especialidad en el último momento, al ingresar como postgraduados, a menos que aumenten en uno o dos años el periodo de dichos estudios en el exterior.
- Por último, pero quizá la razón de más peso, porque el número de estudiantes que llegan al nivel del tercer año en la Escuela de Ingeniería, según las estadísticas de la Facultad, repartidos como están en dos o más especialidades, no justificaría ni la inversión inicial en planta física ni el sostenimiento de profesores especializados para cada ramo.

Este último punto ha sido de grave preocupación no solamente para los Directores de la Universidad, sino para la Facultad de Ingeniería. En busca de

una solución adecuada, usted ha colaborado muy efectivamente y esperamos que continuará colaborando con nosotros ya que las bajas excesivas durante los primeros tres años de estudio son uno de los mayores inconvenientes para el programa de extenderlos.

No quiero despedirme de usted sin desearle gran éxito en sus nuevas actividades y sin expresarle mi esperanza de que una vez que usted termine las labores que va a realizar en el Valle, volvamos a contar con sus valiosos servicios en esta Universidad.

Con los sentimientos de mi más alta consideración y aprecio me suscribo de usted,

Atento servidor y amigo,

Jaime Samper
Rector
Universidad de los Andes

3

Fuerza Aérea Colombiana
(1960 a 1962)

Saludo del director a los nuevos cadetes*

Base Escuela Militar de Aviación
Marco Fidel Suárez
Dirección Estudios Académicos

Señores Cadetes:

A principios del año, algunos de Uds. se encontraron, al ingresar a la Escuela Militar de Aviación, con un plan de estudios no esperado, y no es que se hubiese tratado de mantenerlo en secreto, sino que, por ser una revolución únicamente dentro del tipo de enseñanza que se había venido ofreciendo y no del conjunto de actividades de la Escuela, pasó inadvertido.

La idea en la realidad es muy sencilla: los actuales oficiales de la Fuerza Aérea Colombiana, quienes han surgido a base de un estudio intenso y personal, pues carecían de las bases que les hubieran dado una educación científica en su época de cadetes, resolvieron ofrecer generosamente a ustedes una oportunidad mejor de la que ellos disfrutaron.

De esa idea surgió este experimento, pero no es experimento loco y sin bases, sino estudiado cuidadosamente y al cual la Fuerza Aérea Colombiana ha destinado algunos de sus mejores oficiales y ha obtenido los servicios de un grupo de profesores que por sus conocimientos, experiencia y dedicación influirán notablemente en el éxito del programa de formación profesional que ustedes están iniciando. A mí me tocó en suerte el honor de estar al frente de la parte académica.

El buen éxito de este ensayo no depende solamente de los directivos y docentes que he mencionado. Depende en gran parte de ustedes y la continuidad del programa estará directamente en sus manos. Porque como us-

* *Palabras clave.* Ingeniería básica en FAC, Relación profesor-alumno, Estudiante eje del aprendizaje.

tedes lo saben, los que obtengan un alto rendimiento en sus estudios irán a programas de especialización y los mejores entre ellos, interesados en la docencia universitaria, a terminar diversas carreras de ingeniería que los capacitarán para hacerse cargo en el futuro de este programa. Los demás, como Oficiales de la Fuerza Aérea, podrán apreciar este ensayo y determinar si es o no conveniente, si es un lujo que se quiere dar a la Fuerza Aérea o si es una necesidad inaplazable para enfrentarse a los desafíos de un futuro que se está convirtiendo a pasos agigantados en presente.

El programa trazado es diferente de los programas anteriores en tres puntos esenciales:

En primer lugar, la clase de conocimientos que les serán presentados son diferentes pues su programa comprende las ciencias básicas y las ciencias de ingeniería que, al compenetrarse con ellas, les darán el poder de raciocinio y las armas necesarias para estudios superiores; el estudio de los clásicos para que por el conocimiento de las civilizaciones que nos precedieron puedan apreciar mejor la nuestra; el estudio de nuestro idioma que deberán conocer a la perfección y el de otro idioma para así duplicar la utilidad de sus conocimientos; el estudio de la economía y la administración que los capacitará para las funciones directivas y administrativas que más tarde deberán desempeñar.

El segundo punto es la actitud en las relaciones entre alumnos y profesores. Es un defecto notable en nuestra educación tradicional el hecho de que el alumno considere al profesor como a la persona que está usando cuanta artimaña encuentra a mano para hacerlo fracasar. Aquí queremos cambiar esa manera de pensar. Para los alumnos, los profesores serán sus amigos y consejeros que los orientan y dirigirán en la difícil lucha por el saber. Para los profesores, los alumnos tendrán todas las mismas oportunidades, apreciando el principio democrático de la jerarquía intelectual por el cual quien tiene más capacidad y trabaja mejor obtiene los mejores beneficios y progresa más rápido. A provecho aquí esta oportunidad para expresarles que pueden contar con mi total disposición para prestarles mi asistencia en cualquier problema que se les presente.

Pero el cambio fundamental radica en el tercer punto. El estudiante ha venido siendo en el pasado un ser pasivo y el profesor le ha venido arrojando una serie de conocimientos que se supone que él, mal o bien, debe digerir.

Este no será nuestro método. Para nosotros el estudiante debe ser un elemento activo y articulado en el sentido de que debe ser capaz de leer, abstraer ideas y comunicarlas ordenadamente. Para ello, el estudiante leerá su lección con anterioridad y en clase la discutirá, se aclararán dudas y se le ayudará a resolver problemas de aprendizaje que hubiese encontrado.

Como requisitos básicos para terminar con éxito este programa se exigen tres condiciones:

Primera. El estudiante debe reunir a lo largo de sus estudios una serie de conocimientos que serán la teoría necesaria en sus futuras actividades.

Segunda. Como una colección de conocimientos es necesaria pero no suficiente para ejercer una actividad profesional, el estudiante deberá desarrollar, además, la habilidad mental y la capacidad de su voluntad para aplicarlos. A lo largo del programa, el estudiante deberá usar su iniciativa y resolver problemas para demostrar que está logrando este segundo requisito.

Tercera. El estudiante deberá tener la entereza moral y suficiente para aplicar sus conocimientos en bien de la comunidad. Es por este requisito que la honradez y el carácter nos son muy caros. El estudiante que carezca de ellos está perdiendo su tiempo, pues esta no es la institución a la que pertenece. En consecuencia, seremos inflexibles con aquellos cadetes que no poseen la más elemental conciencia del amor propio y de la personalidad en su comportamiento en pruebas y exámenes.

El resultado numérico de este ensayo es de importancia secundaria. Podrán ser unas pocas docenas de graduados o, como yo lo espero, podrán ser todos ustedes y los integrantes de los cursos venideros quienes constituyan el cuerpo futuro de Oficiales de la Fuerza Aérea. Lo importante es que por sus virtudes logren un impacto nacional beneficiando a un gran número de personas. Confío, además, que quienes culminen exitosamente sus estudios, repitan en el futuro, refiriéndose a los oficiales y profesores que idearon y apoyaron este programa, las palabras que Winston Churchill dirigió a los aviadores ingleses: “Nunca ha debido tanto, tanta gente, a tan pocos”.

Eduardo Aldana Valdés
Cali, julio 13 de 1960

Despedida del director*

Base Escuela Militar de Aviación

Marco Fidel Suárez

Dirección Estudios Académicos

Señores Brigadieres y Cadetes:

Hace más de dos años, y para ser un poco más precisos a finales de 1959, se me encomendó la honrosa tarea de poner en práctica la reforma al programa académico de esta Base Escuela Militar de Aviación ordenada por el Comando de la FAC.

En forma intermitente al principio, y continua desde junio de 1960, me dediqué con todas mis modestas capacidades a tal empresa. Vana hubiera sido mi buena voluntad si no hubiese contado con un apoyo tan eficaz y eficiente como el que me brindaron todos los comandos superiores y el extraordinario conjunto de profesores, militares y civiles, que han venido colaborando conmigo.

Gracias pues, al decidido interés del Comando de la FAC, del Estado Mayor Aéreo, del Comando de la Base, del Comando del Grupo Escuelas y todos los comandos de Escuadrón, y a la dedicación del profesorado se pueden mostrar los avances logrados que Uds., señores, son quienes mejor están en capacidad de juzgar. De otra parte, si quisiéramos indicar a un extraño la labor desarrollada, bastaría, sencillamente, con mostrarle que el programa académico se encuentra definido en todas sus etapas y que se cuentan con las directivas y ayudas de instrucción indispensable para llevarlas a efecto.

Lejos está de mí reclamar méritos por los buenos resultados. Sería más apropiado rendir cuentas por los fracasos. Pero como estoy seguro de que, con su generosidad de juventud, Uds. habrán perdonado mis errores, evitaré tal tema en esta ocasión en que debo manifestarles, con sincero pesar de mi parte, que consideraciones personales de diversa índole me obligan a abandonar esta querida Fuerza Aérea con fecha 1º de junio del presente año.

* *Palabras clave.* Resultados logrados, Privilegio y responsabilidad, Logros en equipo.

Quisiera recordar ahora las primeras palabras que dirigí al curso No. 36 en julio del año pasado, en las cuales afirmaba que el buen éxito del programa y su continuidad estaban en gran parte y directamente en manos de los estudiantes. Ahora podrán todos Uds. comprender mejor el significado de tal frase, porque al Curso No. 36 le corresponde demostrar categóricamente la bondad del programa, al Curso 37, su estabilidad y continuidad, y al Curso 38, la madurez y razón de ser del mismo. Es esta una tremenda responsabilidad para cada uno de los cursos y para cada uno de Uds., individualmente. Conociendo sus cualidades personales, confío en que cada cual se portará a la altura de las circunstancias.

He querido presentar, en primer lugar, a Uds., señores Brigadieres y Cadetes, este cordial saludo de despedida. Al hacerlo así quiero agradecer a cada uno el respeto y la colaboración que me brindaron; desearles a todos que su futura carrera de oficiales colme todas sus aspiraciones espirituales, intelectuales y materiales y ofrecerles mi más sincera y permanente amistad desde mis actividades futuras.

Eduardo Aldana Valdés
Cali, enero de 1962

Palabras de agradecimiento en la despedida de los colaboradores*

Base Escuela Militar de Aviación
Marco Fidel Suárez
Dirección Estudios Académicos

Señor doctor David Herrera Insignares y amigos:
No podría menos que sentirme profundamente emocionado si unos compañeros de trabajo me brindaran un homenaje de despedida tan lúcido. Pero

* *Palabras clave.* Logros en equipo, Colegas y maestros, Relación profesor-alumno, Desafíos por superar.

si, como en el caso actual, tales compañeros son los amigos sinceros que han guiado mis decisiones, los colaboradores sin par que realmente han realizado las obras, los dedicados maestros que me han dado tan meritorias lecciones en el arte de conducir, los comandantes directos que me han brindado todo su apoyo y este servidor el menos merecedor de tan magnífica distinción, el tamaño de mi gratitud necesariamente agobia mi corta elocuencia.

Y es que, además, en momentos como este, de manera extraña nos vemos enfrentados al recuerdo. Hace un poco más de dos años y medio que la mayoría de los aquí reunidos no nos conocíamos mutuamente y menos podíamos imaginar el vernos trabajando hacia una meta común con una unidad de pensamiento raras veces vista. Desde aquel día de noviembre o diciembre de 1959 en que los entonces Mayor Pedro Peñuela y el Teniente Luis Augusto Robayo, explicaron en la Universidad de los Andes el plan que se había propuesto la Fuerza Aérea, comprendí su hondo significado y por tal motivo no fue difícil que días después cuando me sorprendieron con el ofrecimiento de la dirección del mismo, pensara con gran entusiasmo en aceptar, si bien era cierto que debía cambiar algunos de los derroteros que había trazado para mi vida profesional y, en cierta forma, abandonar la seguridad de una estable posición en esa universidad. Tan solo hoy puedo apreciar en toda su magnitud cuán acertada fue mi decisión. Porque desde un comienzo, asesorado por un grupo de colaboradores altamente capacitados, me encontré trabajando por la causa más atractiva que he encontrado en mi vida. Para hacer mi devoción hacia ella aún más obligante he tenido en suerte superiores directos, desde el señor Coronel Peñuela pasando por el señor Capitán Álvaro Peláez y el señor Mayor Rafael Ramírez, hasta el actual señor Mayor Eduardo Escalante, que con un preciso concepto de la misión de la FAC, dedicaron a nuestras labores la más adecuada atención.

Ante tamaña reunión de circunstancias favorables era natural que día tras día terminara labores con impaciencia por los –para mí– avances lentos que no podía calmar ni aún con la convicción interior de haber dado todo lo que mis capacidades me permitían.

El doctor Herrera ha mencionado algunos de los objetivos logrados. Si los analizamos detenida y desapasionadamente se observará que tales triunfos se deben al esfuerzo conjunto de la totalidad de los asistentes y que a quien les habla tan solo le corresponde una mínima parte. En contraste, y

con la modestia del caso, debemos reconocer que se alcanzaron las metas fundamentales propuestas, gracias, sin lugar a dudas, a la buena suerte que nos deparó la oportunidad de contar con el apoyo de los comandos superiores, dentro y fuera de la Base Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez.

He llegado al momento en que no puedo seguir adelante sin definir la causa por la cual todos trabajamos. Esa causa no es otra que la del país, ya que no puede ser distinta la que pretende preparar a la juventud colombiana para enfrentarse a las situaciones del futuro y a la vez desarrollar un centro docente que no tenga igual dentro o fuera de la Nación por su estructura, organización, nivel académico y ambientes intelectual y moral. La misión encomendada es en concreto, la formación de oficiales y, ya sea que ella se lleve a cabo en este embrión de Academia que tenemos en la actualidad o en la futura Universidad del Aire, que surgirá a su debido tiempo, deberá basarse en tres postulados pedagógicos que considero, en sustancia, inmodificables:

- Las relaciones entre el profesor y el alumno deben ser siempre las del guía voluntario con el que busca anhelosamente el camino; las del consejero con quien desea fervientemente conocer la verdad; las de dos personas que de común acuerdo persiguen un mismo objetivo. Corolarios de este postulado son la necesidad de establecer relaciones directas y continuas entre el profesor y el alumno y la de desarrollar un sistema de evaluación que elimine la idea de la calificación como forma de castigo y la convierta en una medida de la eficiencia de la clase y un indicador de los pasos de corrección que deban aplicarse a las fallas en el proceso de la enseñanza y del aprendizaje.
- La actitud del estudiante en el proceso de aprendizaje. Debe transformarse al estudiante del ente pasivo que fue durante su enseñanza secundaria en un ser eminentemente activo, capaz de leer, de comprender, de abstraer ideas, de aplicarlas a través del raciocinio sensato, y de comunicar sus conclusiones inteligiblemente. Si se acostumbra al estudiante a preparar la lección por su cuenta, se cumplirá con este principio y se logrará el propósito intrínseco de toda la educación superior que consiste en dotar al joven graduando de confianza en sus capacidades e interés por un progresivo desarrollo intelectual.

- La instrucción debe ser sólida y penetrante en las ciencias básicas y, además, correctamente complementada con las humanidades, las ciencias sociales y las ciencias aplicadas. Con tal educación se logrará proporcionar al joven oficial las herramientas para pensar, como la lógica analítica, los medios para entender y apreciar a sus semejantes y los conocimientos le permitan ser de utilidad para la Fuerza Aérea y el país.

Es para mí sumamente satisfactorio saber que la Dirección de Estudios Académicos va a quedar en manos excelentes. Por una parte, tendrá al Capitán Luis Augusto Robayo quien ha sido un entusiasta e incondicional impulsador del programa, como que él mismo lo planeó en sus etapas iniciales; por otra parte, al doctor Humberto Rincón, ejemplo de estudiosos que ha dedicado su vida a la grata y difícil tarea de investigar y escrudiñar en las ciencias para comunicarnos con gusto infinito a sus discípulos y compañeros lo que no sabemos. Al presentar a Humberto Rincón mi más cordial saludo de bienvenida, deseo agradecerle su decisión de sumarse este grupo de talentosos profesionales y augurarle el mayor de los éxitos en su actividad futura.

Apreciados amigos: quiero agradecer a ustedes esta cordialísima y sincera despedida brindando por quienes, entre ustedes, iniciaron el programa y se encuentran presentes, por quienes más tarde, para bien de la causa, le ofrecieron su valioso apoyo, por quienes con acertado criterio nos han dirigido; por aquellos que como el profesor Orbes, fueron los precursores, y finalmente por aquellos fundadores que por diferentes circunstancias se vieron obligados a retirarse. El brindis mío lleva consigo la manifestación de mi más perdurable y sincera amistad hacia todos ustedes.

Eduardo Aldana Valdés
Mayo 26 de 1962

Informe de actividades desde enero de 1960 a mayo de 1962*

Base Escuela Militar de Aviación
Marco Fidel Suárez
Dirección Estudios Académicos

Recuento histórico

Aunque en otros artículos ya publicados se ha narrado el origen de este programa académico, creo conveniente dejar constancia aquí de cómo se originó. A finales del año de 1959, el Comando de la Fuerza Aérea decidió actualizar los programas de la Escuela de Cadetes en la Base Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez. El propósito de esta reorganización, tal como lo entendí y me fue comunicado, consistía en proporcionar al futuro Oficial una instrucción académica en las ciencias básicas de la Ingeniería suficientemente sólida y adecuada para que se graduara con tal habilidad profesional, interés y confianza en sus capacidades que lo indujeran a un constante y progresivo desarrollo durante su carrera militar.

La instrucción académica se ubicó en la sección correspondiente. En un principio solo se nos confió el primer período del programa académico de los Cadetes, pero un poco más adelante se agregó a nuestras funciones el programa académico de los Aerotécnicos. Este último programa se había orientado hacia el objetivo de proporcionar a los alumnos un entrenamiento académico equivalente al 4° año de bachillerato, pero observando que tal instrucción era poco eficiente y muy escasamente relacionada con su carrera futura, se cambió para el Curso No. 25, después de una reunión de Estado Mayor, por el programa actual.

Dirigió los comienzos de este programa el entonces señor Mayor Pedro A. Peñuela, quien había contratado los profesores y obtenido la autorización del Comando de la Fuerza Aérea para la iniciación del programa en 1960. El interés y la consagración del señor Teniente Coronel (R) Pedro A. Peñuela, deberán ser motivo de sincero agradecimiento para todas las futuras promociones de cadetes. Le siguió el señor Capitán Álvaro Peláez, quien se preocu-

* *Palabras clave.* Directivos y profesores, Resultados logrados, Presente y futuro.

pó extraordinariamente por los problemas de los profesores y por estrechar los vínculos entre el personal civil de esta Sección y personal militar de la Base. Su gran sentido de la misión futura de la Fuerza Aérea Colombiana orientó acertadamente a esta Subsección en la programación de las materias. Sucedió al señor Capitán Peláez, el señor Mayor Rafael Ramírez Trillos, quien se interesó especialmente por la organización del grupo Escuelas de Aviación. Su política de reuniones frecuentes y de apoyo a la Subsección de Estudios Académicos, creó un ambiente propicio para el buen entendimiento y la cooperación en todos los niveles con el resultado natural de que durante 1961 se lograron muchos de los objetivos ambicionados.

Por aquel entonces, marzo de 1961, y a raíz de la visita del señor Teniente Coronel Comandante de la Base de la Academia del Aire de los Estados Unidos, se reorganizó el Grupo Escuelas de Aviación y se encomendó a la Subsección Académica, que de ahí en adelante se denominó Dirección Estudios Académicos, la misión de “Planear y desarrollar el Programa Académico para la Escuela Militar de Cadetes y la Escuela de Aerotécnicos Militares. Coordinar y controlar las actividades de todas las divisiones y departamentos académicos y de servicios educacionales, incluyendo la Biblioteca y las Ayudas de Instrucción”.

A principios de 1962 recibió el Grupo Escuelas de Aviación, el señor Mayor Eduardo Escalante G. Bajo su comando, como sucedió con sus predecesores, todas las iniciativas y sugerencias de la DEA han recibido una aceptación y un apoyo inmejorables. Logró, además, el Mayor Escalante hacer aprobar el programa de especialidades propuesto, que determina la carrera del cadete en todas sus etapas. Copia de este nuevo programa se incluye como anexo No. 1.

Ha sido, durante todo este tiempo, una constante preocupación del suscrito dotar al programa académico de terminadas modalidades que, por considerarlas de permanente utilidad, deseo dejarlas anotadas como normas:

- Las materias de estudio deben ser esencialmente las ciencias básicas de Ingeniería, pero para efecto de una formación integral del estudiante se deben sumar a ellas las Humanidades, las Ciencias Sociales y aquellas materias relacionadas con la Fuerza Aérea que den al estudiante un conocimiento adecuado de su futura misión y de la institución a que pertenece.

- Se debe establecer que el profesor y el alumno trabajan hacia una misma meta; el profesor debe ser el consejero del estudiante y utilizará las pruebas y exámenes como una medida de los adelantos alcanzados por el estudiante, con la finalidad de corregir las fallas que se hayan presentado dentro del proceso de aprendizaje.
- El estudiante debe ser un elemento activo y articulado, es decir, debe ser capaz de leer y abstraer ideas y comunicarlas coordinadamente. Por ello, es conveniente obligar a preparar la lección con anterioridad a la clase en la cual aquella se discutirá, se aclararán dudas y se resolverán problemas.

Los profesores que iniciaron el programa fueron:

- Doctor Agustín Pérez R.
- Doctor Raif Aljure N.
- Doctor David Herrera I.
- Doctor Heliodoro Reyes N.
- Doctor Humberto Carriazo P.
- Doctor Károly Cserhádi
- Doctor Aquilino Vega M.
- Licenciado Edgar Iglesias
- Licenciado Jaime Millán
- Licenciado Carlos López
- Licenciado José Murgueitio

El señor Capitán Luis Augusto Robayo trabajó intensamente en la programación del nuevo pénsum de estudios y durante estos dos años y medio ha prestado, ya por correspondencia cuando se encontraba en otras bases y personalmente al ser trasladado a ésta, una valiosa colaboración al suscrito.

El señor Subteniente Villarraga, quien fue asignado a esta Sección con los otros Oficiales Técnicos en 1961, merece especial mención por su trabajo eficiente, consagración a las labores docentes y colaboración sin par que ha prestado al suscrito.

Realizaciones

En los dos años y medio transcurridos desde la iniciación del programa se

han logrado ciertos resultados concretos, de los cuales, a continuación, se enumeran los más importantes:

En el orden académico

- Se han elaborado las directivas y programas académicos para las Escuelas de Cadetes y Aerotécnicos.
- Se han dictado todas las clases programadas a los Cadetes de los Cursos 36, 37 y 38 y a los alumnos de los Cursos 24, 25 y 26, además de algunas materias especiales a los Cadetes del Curso No. 35 y a los alumnos del Curso No. 23.
- Se han elaborado planes de lección para las materias dictadas y se ha iniciado la preparación de guías para el instructor, de las cuales el suscrito deja preparada la de Estática.
- Se han elaborado los exámenes de conocimientos y un examen de aptitud. De los primeros se han adelantado estudios, los cuales se anexan al presente informe. (Anexos 2 y 3).
- Se elaboró un estudio sobre las especialidades de los Cadetes que el Comando del Grupo transformó en estudio de Estado Mayor y el Comando de la Base presentó en Bogotá, donde fue aprobado por el Estado Mayor de la FAC. Tal estudio junto con los cuadros de programa y especialidades definen la carrera del futuro oficial en sus etapas iniciales de Formación, Selección, Orientación y Especialización.
- Se propuso una reforma al programa académico de la Escuela de Cadetes. Copias de esa reforma que ya fue aprobada por el Consejo Académico, se encuentran en los folders de Directivas (D-3), Consejo Académico y Reglamentos.
- La Dirección de Estudios se ha preocupado por elaborar, traducir o reproducir textos, exámenes y artículos que mejoren los conocimientos de los instructores, despierten inquietudes de superación y enseñen a los estudiantes la mejor manera de estudiar. Copias de ellos se encuentran en “Conferencias Generales”.
- La última en lugar, pero la más importante, se solicitó y se obtuvo el reconocimiento del nivel universitario de los estudios de esta Base-Escuela. Según informó al señor Teniente Coronel Comandante de la Base el señor Ministro de Educación, tal resolución ya fue firmada.

En el orden administrativo

- Se elaboró el reglamento académico, después de un largo y detenido estudio, con el fin de ajustarlo a la característica especial del programa. Tal reglamento fue aprobado por el Comando de la Base y publicado en la C/D. No. 103 de mayo 29 de 1962.
- Se elaboraron los reglamentos de funciones y deberes para la Dirección de Estudios y todas sus dependencias.
- Se elaboraron toda clase de cuadros de control, tanto académicos como administrativos.
- El archivo se organizó de una manera funcional, correspondiente a esta clase de oficinas, por lugar de origen y destino. Una explicación de tal archivo se anexa al final. (Anexo No. 4).
- Se hicieron las listas de pedidos para los laboratorios de Física y Química y cuando tales elementos llegaron se procedió a su instalación. Está pendiente la instalación de los Tableros de Distribución de Corriente del Laboratorio de Física, cuyo plan y presupuesto lleva muy adelantado el señor doctor Alejandro Valencia. El dinero para tales obras fue incluido en el presupuesto de instalaciones del presente año.
- Se inició la instalación de las Ayudas de Instrucción en un espacio más amplio y adecuado que el anterior y se preparó un salón para instalar el Laboratorio de Electrónica.
- Se propuso la reorganización de la Biblioteca con el fin de hacerla abarcar la Filmoteca, la Imprenta y la Sección de Dibujo. Tal medida lleva consigo ampliar la Biblioteca para incluir allí las otras secciones y debe ponerse en práctica tan pronto esté listo el salón de Dibujo.

En relaciones públicas

- Se han establecido contactos con la Universidad del Cauca, (doctor Boris Plazas, Decano); la Universidad Nacional (doctores Hernando Correal, Decano, y Hernando Franco, Profesor); Universidad de Los Andes (doctor Jaime Samper, Rector; doctor Álvaro Salgado, Decano de Ingeniería, y doctor Henri Yerly, Decano de Matemáticas); la Universidad de Santander (doctor Rodolfo Low Maus, Rector); la Escuela Naval y la Escuela Militar. El suscrito ha visitado, ya por su cuenta, ya

en comisiones, cada uno de los institutos mencionados con la finalidad de intercambiar ideas y establecer bases para una futura cooperación.

- Se ha inscrito el nombre de la Base en los archivos de las casas editoriales americanas, con el fin de mantener al profesorado al tanto de las nuevas publicaciones.
- Se ha prestado toda la colaboración solicitada por la Sección de Reclutamiento y en 1960 varios profesores viajaron en las diferentes comisiones.
- La Base Escuela fue representada en dos Congresos de Matemáticas por el doctor Agustín Pérez y en uno de Ingeniería por el suscrito. En tales Congresos se divulgó el nuevo pénsum de estudios y las finalidades del programa.

Presente

Cuenta la Dirección de Estudios Académicos con la organización reglamentada por el Comando de la Base el año pasado. Tal organización, la misión de cada dependencia, el personal, el material y los trabajos pendientes se enuncian detenidamente en el Acta de Entrega que también se anexa a este informe. (Anexo No. 5).

Futuro

La Dirección de Estudios Académicos debe trabajar sin descanso para lograr que el IMA se traslade a la Base Escuela. Una vez se realice la unificación de los dos institutos deben darse los pasos para hacer de la Base Marco Fidel Suárez una verdadera Academia del Aire con carreras completas de Ingeniería Aeronáutica y Economía. Sería de desear que cuanto antes se ofrecieran cursos al personal de otras armas para formar los cimientos de la futura Universidad Militar, la cual daría alto prestigio a la FAC y la colocaría a la vanguardia de las Fuerzas Armadas.

Son detalles menores, que no pueden catalogarse como trabajos pendientes, las siguientes inquietudes:

- En cuestiones pedagógicas se deben exigir pocos problemas en cada clase (1 o 2 máximo), pero se deben recoger y calificar siempre.
- Es importante localizar un salón de proyecciones y pedir películas modernas a la USAF y a las embajadas.

- Para poder contar con una Biblioteca actualizada se debe conseguir una partida mensual para textos de consulta y, en lo posible, nombrar un bibliotecario profesional. Ya se han dado pasos en este sentido (Ver carpetas B-1-3 y B-2-3).
- Es conveniente el nombramiento de algunos profesores auxiliares para las materias técnicas.
- El Director de Estudios Académicos y el Decano deben coordinar su trabajo en tal forma que el primero atienda todas las funciones administrativas y el segundo, se encargue de las cuestiones académicas con completa autonomía.
- Se deben buscar todos los medios para mejorar las condiciones de los profesores y los estímulos necesarios para conservarlos, pero se debe exigir que el trabajo sea de tiempo completo.
- Los Cadetes que vayan a estudiar Ingeniería se deben escoger así:
 - Aquellos que se encuentren entre los diez mejores y hayan sido eliminados de Pilotaje.
 - Los de Pilotaje que quieran estudiar Ingeniería, empezando por el de más alto promedio y en orden descendente, sin pasar del décimo (lista por promedios cuatro (4) primeros semestres, Anexo 6).
- Para la clasificación final del estudiantado será necesario darle un porcentaje a la Instrucción Académica, la Instrucción Militar y la Conducta. A este respecto considero conveniente tener en cuenta el informe de la visita que se realizó a la Escuela Naval y cuya copia se encuentra en la carpeta B-1-2. Las materias del sexto semestre, inclusive las de Pilotaje, pueden considerarse como materias académicas con sus créditos correspondientes.

Eduardo Aldana Valdés

Despedida del Comando de la Base Escuela*

Base Escuela Militar de Aviación
Marco Fidel Suárez
Dirección Estudios Académicos

Señor Teniente Coronel José Ramón Calderón, Comandante de la Base Escuela Militar de Aviación; señor Teniente Coronel Gustavo Castillo, Segundo Comandante; señor Mayor Eduardo Escalante, Comandante del Grupo Escuelas de Aviación; señor Rector de la Universidad del Valle; señor Decano de Ingeniería de la Universidad del Valle; señor Capitán Luis Augusto Robayo; señor doctor Humberto Rincón; señores oficiales, señores profesores:

Esta reunión de distinguidas personalidades que hoy se lleva a cabo en el Club de Oficiales de la Base Escuela Marco Fidel Suárez no la hubiera permitido mi sencillez de profesor ni mi modestia de ingeniero y ni siquiera hubiese pasado por mi mente que podría tomarse como un homenaje al que habla. Se lleva a cabo aquí y no en el reducido ambiente de mis amigos cercanos que sería el sitio que le correspondería a mi despedida, porque comprendí que su propósito era uno mejor y más justo: rendir un cálido homenaje de admiración a quienes hicieron posible el establecimiento del nuevo programa académico, desde el señor Comandante de la FAC, quien lo ordenó, pasando por los Comandos que lo dirigieron hasta el profesorado, militar y civil, que lo viene ejecutando. A la vez, serviría para presentar a las directivas de la Universidad del Valle este nuevo programa de ingeniería básica que ya es una contribución real de la Fuerza Aérea Colombiana al engrandecimiento del país a través de la educación de su juventud.

Surgió este programa en mentes de gran visión de futuro y lo han apoyado con sinceridad quienes no creen que el destino de Colombia sea el de engrosar para siempre el conglomerado de los países subdesarrollados. Cuando atravesamos una época de nuestra historia especialmente crucial en la cual, como lo ha dicho el Presidente Lleras, es necesaria la formación de un propósito nacional, ¿quién mejor que la Fuerza Aérea Colombiana para sentar un

* *Palabras clave.* Proyecto con visión del Comando General, Escenarios prospectivos, Primer ciclo de aprendizaje, Colegas y maestros.

buen ejemplo? Porque eso es este proyecto, un programa de educación superior para sus oficiales, fundada en nuestras tradiciones y apoyada en la ciencia moderna, patrimonio de la humanidad.

Especular acerca del mundo del mañana, así sea superficialmente, y la función de la Fuerza Aérea Colombiana dentro de esas posibilidades nos puede ayudar a comprender la razón de ser de esta innovación en el sistema académico de formación de su oficialidad. Se presentan dos alternativas extremas: que la humanidad se olvide de su destino y se dedique, con la locura que algunas veces la ha caracterizado, a destruirse a sí misma por medio de la guerra. En esa situación le correspondería a la FAC, como el instrumento militar de mayor poder en el futuro, la difícil tarea de proporcionar la máxima protección posible a la integridad nacional. Aunque tal caso se considere remoto, debido a que las consecuencias de un conflicto de carácter mundial son bien conocidas por quienes podrían iniciarlo, y uno de carácter regional sería rápidamente disuelto por los organismos continentales o intercontinentales, no puede pasarse por alto que de presentarse ese tipo de conflicto la destrucción inicial tendría que ser reducida utilizando el poder disuasivo de los últimos adelantos de la tecnología militar. Creo más posible, por consiguiente, que la situación por venir sea bien diferente y no incluya conflictos internacionales que nos involucren. Algunos arguyen que los partidarios de un desarme general serán cada día más numerosos y alcanzarán el mayor poder de convicción necesario para lograr su propósito de una paz larga y próspera. No parece probable que ese tipo de desarme ocurra porque las grandes potencias no pueden correr el riesgo de ser atacadas sin posibilidad de retaliación. Pero si aún el desarme no se produce ello no implicaría necesariamente la ocurrencia de una guerra.

Si la función única de la de la Fuerza Aérea fuese la de disuadir al enemigo y combatir para preservar la soberanía nacional la razón de su existencia y de la capacitación científica y técnica de su personal pasaría a un segundo plano. Sucede, sin embargo que el mayor peligro para la integridad nacional proviene de la pobreza y la falta de oportunidades de gran parte de la población y por ello requiere, con angustia cada día más intensa, dar un salto hacia el progreso. ¡Qué mejor manera de impulsar ese cambio que dirigiendo y encauzando sus inquietudes y capacidades técnico-científicas! Y para ello, qué tal que se utilizara la magnífica organización que tienen las Fuerzas Armadas y, entre ellas, especialmente la FAC. La Fuerza Aérea podría ser pionera en la incorporación

al país productivo de las vastas regiones abandonadas, al organizar una especie de Segunda Expedición Botánica destinada a encontrar, hacer conocer y explotar los generosos recursos con que nos ha dotado la naturaleza en todos los planos. Y ya que el país no puede darse el lujo de crear institutos de aeronáutica y astronáutica, que tarde o temprano se convertirían en refugio de la burocracia, ¿qué entidad estaría en mejor posición que la FAC para adelantar programas de investigación y de exploración interplanetarias en un futuro no lejano? Son estos apenas dos ejemplos, porque si auscultamos los grandes desafíos nacionales encontraremos un vasto campo de acción para una organización eficiente y dotada de personal idóneo en todos los campos.

¿Cuál debería ser entonces la educación que el alma máter de la Fuerza Aérea brinde a los oficiales del futuro? Muy de acuerdo con varios estudiosos de la educación, creo que la que se ofrezca debe tener un campo de profundización y varios campos de formación. Los profesores y directivos de la Dirección de Estudios Académicos de esta Base Escuela hemos creído que el primer campo, el de profundización, es el de las ciencias básicas, física y química y especialmente las matemáticas, por considerar que así como en el pasado la preparación del hombre tenía que ser exhaustiva en las lenguas clásicas hoy en día no puede considerarse verdaderamente educado quien no domine el lenguaje de estas ciencias. En el caso de las matemáticas nadie pone en duda que se está convirtiendo en la cristalización del sueño de quienes buscan, como los cultivadores del Esperanto, construir nuevos lenguajes universales a través de claves numéricas que les permitan, comunicarse fácilmente con “cerebros electrónicos” y programar potentes calculadoras digitales. Todo indica que el día de mañana quien no domine estas lenguas vivirá aislado de la humanidad. Los campos de formación son para nosotros los de las humanidades, las ciencias sociales y las ciencias aplicadas, como la ingeniería, ya que consideramos un absurdo graduar científicos sin capacidad para aplicar sus conocimientos y sin la entereza moral suficiente para hacerlo en bien de sus semejantes, fin y objeto último de toda educación.

Considero que ha llegado a su fin la primera etapa en el desarrollo del programa académico que la Fuerza Aérea me confió desde su iniciación. Ha llegado, por lo tanto, el momento de hacer una evaluación completa de su eficacia y eficiencia, tarea que sin duda corresponde llevar adelante a mis sucesores. Son ellos el Capitán Luis Augusto Robayo, a quien debe agradecer sus cordiales

palabras llenas de amistosas exageraciones, y el doctor Humberto Rincón. Son, por igual los dos, prototipos de la nueva generación henchida de ideales, y ambos se han dedicado desde temprana edad al servicio del país, el uno a través de las Fuerzas Armadas y el otro desde los claustros universitarios.

Permítanme, señor Capitán y señor Doctor, que les augure los mejores éxitos. Con sus demostradas inteligencia y capacidad de trabajo, unidas a la lúcida y leal colaboración de los profesores de la Dirección de Estudios Académicos y a la acertada dirección de los oficiales superiores de la Base Escuela Militar Marco Fidel Suárez, conducirán el programa a las metas ambiciosas que empezamos a vislumbrar.

Al agradecer a los señores Comandante y Segundo Comandante de la Base Escuela, a los señores oficiales y a los señores profesores, presentes, este acto de compañerismo que me será un grato recuerdo por el resto de mi vida, es de justicia que mencione a quienes apoyaron y orientaron inicialmente nuestras labores y no se encuentran hoy entre nosotros como el señor Teniente Coronel (R) Pedro A. Peñuela, el señor Mayor (R) Rafael Ramírez y el señor Capitán Álvaro Peláez. A ustedes y a ellos mi más inalterable gratitud por brindarme su generosa colaboración durante los dos años y medio pasados.

Eduardo Aldana Valdés
Cali, mayo de 1962

Anexo 1. Palabras de despedida al doctor Eduardo Aldana Valdés*

Base Escuela Militar de Aviación
Marco Fidel Suárez
Dirección Estudios Académicos

Señores:

Despedir al jefe es casi siempre compromiso de no poca dificultad, por cuanto surge el riesgo de no ser suficientemente comprensiva la apreciación de

* *Palabras clave.* Logros y conquistas, Finalidad: Una nación bien asociada, Educación integral.

los méritos del despedido, máxime cuando se trata de una persona como el doctor Eduardo Aldana Valdés, en pleno despliegue de su rebosante y promisorio juventud; más confío en la indulgencia de todos mis compañeros presentes, particularmente en la del doctor Aldana, por las limitaciones u omisiones de este agradecido servidor, encargado por la generosidad de ustedes para llevar la honrosa vocería de la Dirección de Estudios Académicos, en esta inolvidable ocasión.

El retiro del doctor Aldana de la Base Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez, se efectúa al terminar una etapa crucial en la vida de nuestra incipiente institución, ya que coincide con los últimos retoques que se están dando al Curso No. 36 para Oficiales de la FAC; remata con buen éxito un período inicial de aconsejables reajustes y experimentos, de necesarias comprobaciones y previsiones para el futuro inmediato; se produce con un saldo favorable a la institución y a él mismo en los campos de la organización, la administración, la docencia, la disciplina, la construcción y dotación del edificio para los laboratorios de Física y Química, en el fomento del espíritu de cooperación responsable de sus colaboradores, el criterio constructivo de evaluación del trabajo de profesores y estudiantes, a base de esmeradas investigaciones, y el interés por las aptitudes ciertas o probables de los futuros Oficiales de la FAC; pero especialmente favorable es dicho saldo en la ingente labor de adaptación y acoplamiento, lentos pero seguros, de los elementos civil y militar ante el cambio radical de orientación y objetivos educacionales que, para bien de la patria, se trazó el alto mando del arma, por una parte, y por otra, en el creciente prestigio científico y cultural que para propios y extraños está adquiriendo tan importante dependencia, en feliz momento puesta bajo la dinámica dirección inmediata de Eduardo Aldana Valdés.

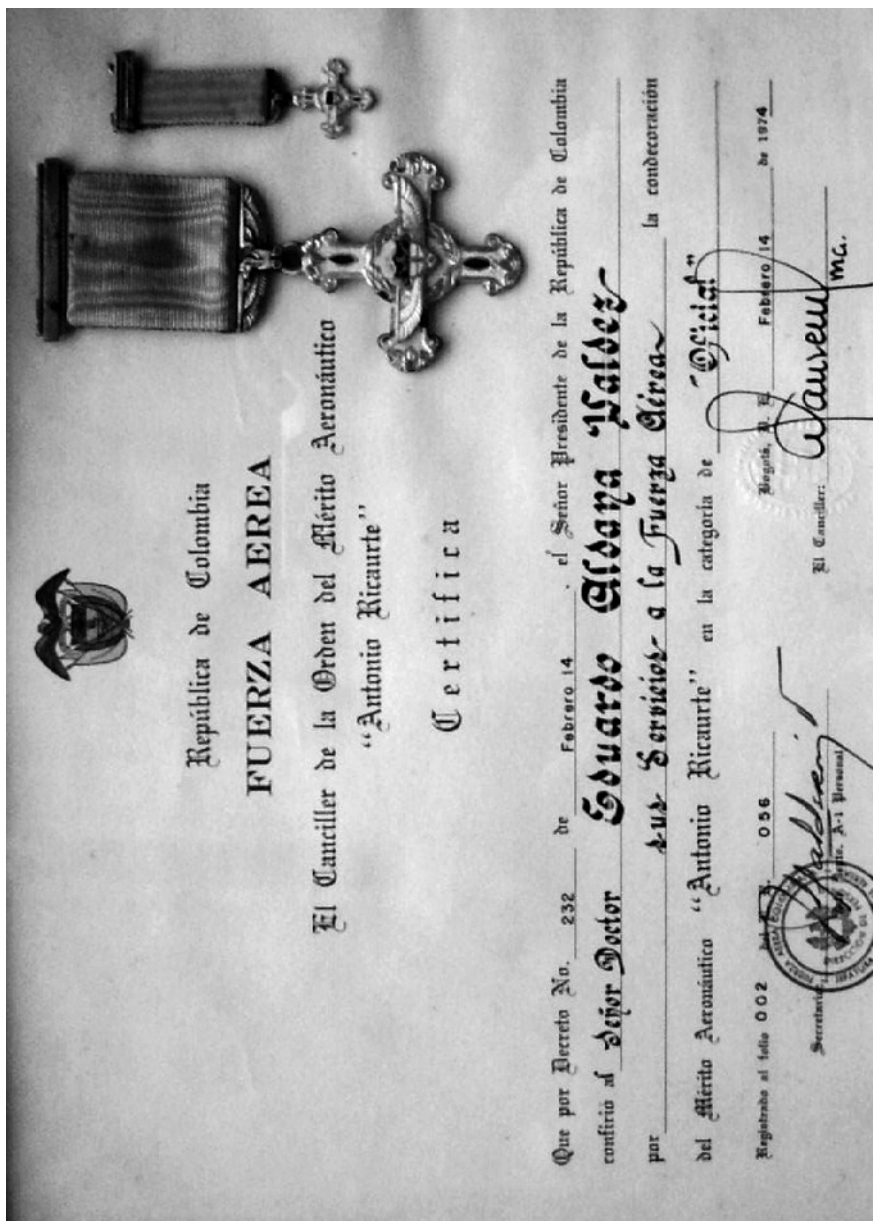
Todos estos hechos, todas estas conquistas, todos nuestros ideales de constante superación en aras de la Fuerza Aérea Colombiana y de que los medios y procedimientos planeados para su desarrollo creciente alcancen su cabal cometido, responden a las necesidades urgentes de “la actual edad explosiva de la ciencia y la tecnología”, al compromiso patriótico de los colombianos de conservar y mantener el merecido prestigio de vivir en una nación de mentalidad aérea, y a la convicción profunda que tienen las Fuerzas Armadas de que, al obligarse a prestar a la patria un eminente servicio público, deben contribuir más a hacer expedito el camino para la apremiante

solidaridad social entre nuestros compatriotas, y lograr así lo que el profesor Luis López de Mesa ha llamado “una nación bien asociada”. Tenemos fe ciega en la virtud de esas necesidades, de ese compromiso y de esa convicción para lograr progresos encomiables en el cumplimiento de nuestra misión, porque orientados por usted, doctor Aldana Valdés, hemos venido preparando estudiantes para una vida plena, conscientes de que la posición última de cualquier plantel educativo es reflejada por sus exalumnos y de que la excelencia intelectual debe buscarse dentro del marco del propósito moral. Precisamente sobre este particular dijo hace poco el prestigioso educador estadounidense doctor Laurence McKinley Gould, que “obtener conocimientos sin sabiduría ni carácter, sería edificar muestras instituciones libres sobre cimientos de arena”, y sugirió que nuestra misión de hoy debía ser “salvar a la sociedad de los resultados de su egoísmo y de su ignorancia”.

Señor doctor Aldana: Sea esta la oportunidad para reconocer y exaltar, agradecidos, su fecunda gestión administrativa y académica frente a la exigente responsabilidad que a usted encomendó con indiscutible acierto la Fuerza Aérea Colombiana. La memoria de su paso por la Dirección de Estudios Académicos será un permanente estímulo para seguir adelante en el cumplimiento de nuestro deber a través de las ponderosas jornadas que faltan todavía por recorrer. Guardaremos el inextinguible recuerdo de su tesonero empeño por sacar adelante el propósito oficial de elevar el nivel intelectual de los futuros capitanes de los aires patrios, de su sincera vocación de efectivo dirigente educacional, de su inquebrantable voluntad de servicios a nobles ideales, de su alto sentido de responsabilidad, de su infatigable capacidad de trabajo e iniciativas y de su elevada jerarquía intelectual y moral. Con sincero respeto acatamos y admiramos los fundados móviles de su retiro inminente, y por ello todos sus colaboradores no podemos menos de desearle cordialmente más éxitos personales y profesionales para bien de usted, de sus compañeros y amigos, y de nuestra amada Colombia.

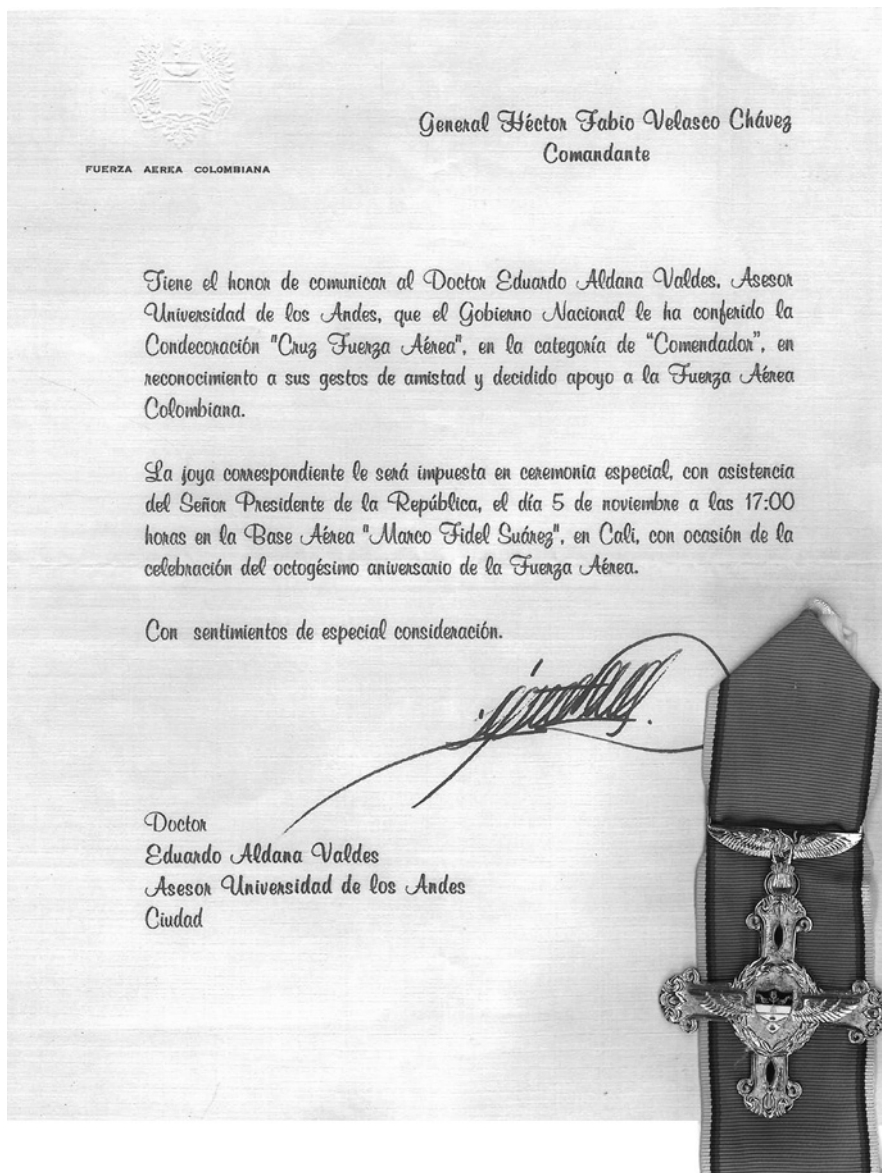
David Herrera Insignares
Cali, 26 de mayo de 1962

Anexo 2. Condecoración del Mérito Aeronáutico Antonio Ricaurte*



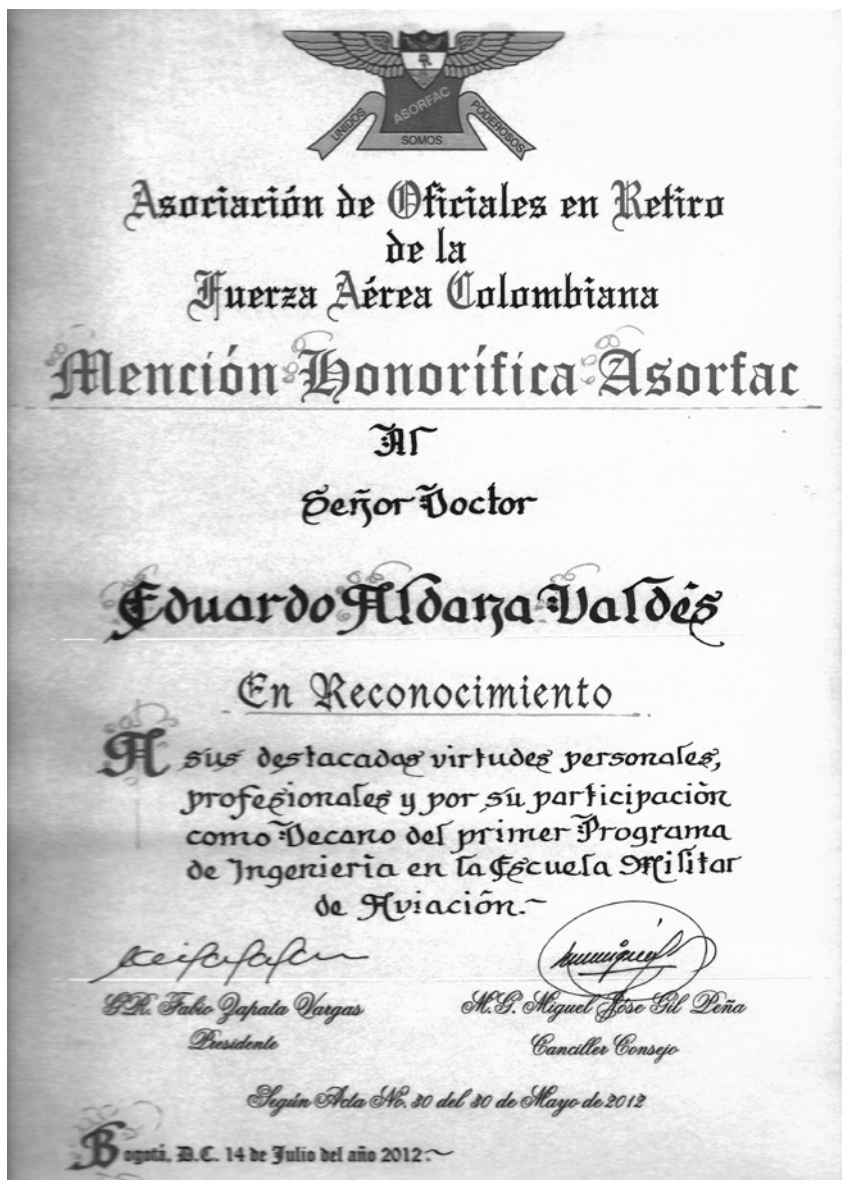
* Palabras clave. General José Ramón Calderón, Comandante FAC, Distinción Condecoración.

Anexo 3. Condecoración Cruz Fuerza Aérea Categoría Comendador*



* Palabras clave. General Héctor Fabio Velasco, Comandante FAC, Distinción_Condecoración.

Anexo 4. Mención Honorífica de la Asociación de Oficiales en Retiro de la FAC*



* Palabras clave. General Fabio Zapata, Presidente Oficiales en retiro FAC, Distinción_Condecoración.

4

Samel Ingenieros
y Universidad de los Andes
(1962 a 1968)

Programa de expansión de la Facultad de Ingeniería de acción inmediata*

Bogotá, junio 10 de 1963

No. 203

Doctor

Álvaro Salgado

Decano de Ingeniería

Srs. Miembros del Consejo de la Facultad

Estimados señores:

Tenemos el gusto de presentar a su consideración un informe de emergencia para la expansión de la Facultad de Ingeniería en el cual se incluye una evaluación del programa actual de la Facultad y se hacen algunas sugerencias. El Comité de Evaluación agradece la valiosa colaboración del profesorado de la Facultad, sin la cual el informe mencionado no se habría podido elaborar.

Los cambios que se proponen podrán suscitar algunas polémicas cuya utilidad se anticipa. La educación del ingeniero es una labor que deben realizar en conjunto personas de muchas disciplinas y, por lo tanto, debe existir un entendimiento sobre los objetivos que se buscan y la mejor voluntad para resolver el complejo problema de la educación profesional en nuestros días. Los adelantos en todos los campos del saber humano, el descubrimiento acelerado de nuevas técnicas y de las aplicaciones de ciencias hasta ahora ignoradas presentan un desafío a los educadores modernos. Las Facultades de Ingeniería “deben experimentar” con nuevos programas y el conocimiento humano debe sintetizarse si queremos dejar un legado útil a nuestros descendientes.

* *Palabras clave.* Plan de contingencia, Expansión Facultad de Ingeniería, Estudiante promedio, Confianza, Visión positiva de futuro, Trabajo en equipo, Educación dual.

En resumen, se recomienda que se reestructuren nuestros programas teniendo como meta la educación del estudiante promedio, que continuará siendo el “centro del proceso de la enseñanza”, y que se establezcan cuatro semestres adicionales con miras a completar la carrera de ingeniería en las ramas de Civil, Eléctrica, Mecánica e Industrial dentro de esa misma filosofía académica. El costo de esta expansión en 1964 se estima en \$150.000 para el primer semestre y \$500.000 para el segundo semestre.

Con sentimientos de consideración y aprecio,

Eduardo Aldana V.

Álvaro Villaveces A.

Comité de Evaluación, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Programa de expansión de la Facultad de Ingeniería de acción inmediata [Fragmentos]¹

Objeto y alcance

El presente informe tiene por objeto presentar una solución de emergencia al problema de expandir la Facultad de Ingeniería, en caso de que no se cuente a comienzos de 1964 con los fondos, el personal y las facilidades enunciadas en el informe titulado “Programa de Desarrollo para la Facultad de Ingeniería”². Se presenta, igualmente, un inventario del estado actual de la Facultad y un programa completo de estudios en el cual se intenta involucrar un balance adecuado entre las ciencias básicas, las ciencias socio-humanísticas y las ciencias de la ingeniería, básicas y aplicadas. Las

¹ Nota de Eduardo Aldana en 2014_03: Se incluye este documento porque señala la gran colaboración recibida de todos los niveles y unidades de la Universidad y de personas ajenas a la institución en la puesta en marcha del programa de expansión de la Facultad de Ingeniería. Se han hecho algunos cambios menores que no afectan en forma alguna el sentido del documento.

² Nota de Eduardo Aldana en 2014_03: No se encontró este documento pero es básicamente el mismo que se tradujo al inglés para ser presentado al Banco Interamericano de Desarrollo y que se incluye en este volumen: Aldana, Eduardo y Navas, Fernando, 1964, Development of the School of Engineering, 1964.

soluciones que ofrece este informe deben considerarse a la luz de los siguientes postulados:

- La calidad de la enseñanza de los cursos debe por lo menos conservarse y aún tratar de mejorarse. Cualquier solución de emergencia debe reunir esta cualidad como condición indispensable para su consideración.
- La carga académica debe ser la mínima adecuada para un estudiante promedio dotado del interés, la capacidad y la preparación indispensables para hacer de él un buen ingeniero.
- Las inversiones necesarias en profesorado, equipo e instalaciones deben ser compatibles con los recursos actuales de la Universidad.
- Las condiciones, el ambiente y las situaciones de trabajo estudio serán inferiores a las que serían deseables en la Facultad una vez esta esté bien establecida. Se requiere, por lo tanto, que el período de transición no dure más de uno o dos semestres.

La Facultad de Ingeniería considera que un programa de emergencia como el que aquí se expone está justificado por el hecho de que, según concepto del Consejo Directivo que la Facultad comparte, la expansión no puede retardarse por ningún motivo. Por otra parte, es necesario conocer desde un principio las metas propuestas y los programas completos para poder coordinar eficientemente los cursos semestrales. Por tal razón, y aunque solo se presenta de una manera detallada la solución del primer semestre (séptimo del programa de Ingeniería) se estudian en forma general los programas y problemas de los demás.

Evaluación del programa actual

El programa actual de la Facultad cubre los siguientes campos:

Química

Se ofrecen actualmente dos cursos y un laboratorio con un total de nueve créditos para todas las especialidades. El Departamento ofrece, además, cursos especiales para los estudiantes de Ingeniería Química, de petróleos y metalúrgica. El objetivo de los cursos comunes es proporcionar cultura y formación básica a todos los estudiantes y preparar al alumno para el estudio posterior de las propiedades de los materiales, la metalurgia, los combustibles, los fenó-

menos de corrosión y los procesos de la química industrial. Tales cursos deben enseñarse, sin embargo, de una manera condensada y general con énfasis con los principios básicos. Se considera que siete créditos son suficientes para cumplir los requisitos en Química comunes a todos los estudiantes de ingeniería

Física

Se exige actualmente a todos los estudiantes de ingeniería el estudio de tres cursos básicos de física, con sus respectivos laboratorios, con un total de 18 créditos. El Departamento ofrece también, un curso de Física moderna como electiva para los estudiantes de Ingeniería Eléctrica. Además de cumplir con los objetivos comunes de todas las ciencias básicas, estos cursos están destinados a preparar al estudiante para el estudio de las ciencias básicas de la ingeniería, ofreciéndole una visión de conjunto que le permita apreciar las relaciones que existen entre las mismas.

Los cursos de Física duplican en parte los cursos de ciencias básicas de la ingeniería como mecánica, termodinámica y electricidad. Se considera que sería aconsejable evitar esta duplicación haciendo énfasis en los fenómenos submicroscópicos y en los principios de conservación e integrando adecuadamente la “física moderna” con la “física clásica”. Teniendo en cuenta que es posible disminuir las horas de trabajo experimental, la Facultad cree que los nuevos cursos de física deben dar al estudiante un total de 12 créditos. Por otra parte se recomienda que se establezca un curso de física de propiedades de la materia, obligatorio para los estudiantes de ingeniería eléctrica y electivo para los de otras especialidades.

Matemáticas

El Departamento de Matemáticas ofrece para todos los ingenieros los siguientes cursos con la intensidad semanal horaria anotada:

Cursos	H. P. S.
Álgebra	3
Trigonometría	2
Geometría Analítica	4
Cálculo 121	2
Cálculo 211	4

Cálculo 221	4
Ecuaciones Diferenciales	3

Además, el Departamento ofrece un segundo curso de ecuaciones diferenciales de 3 créditos para los estudiantes de ingeniería eléctrica y ha organizado cursos de niveles inferiores a los de los cursos de álgebra y trigonometría para aquellos estudiantes que al ingresar no se encuentran suficientemente bien preparados.

Es conveniente anotar que las matemáticas son el campo al que mayor tiempo se le dedica dentro del programa de Ingeniería y, que, por lo tanto, se debe hacer todo lo posible por emplear este tiempo de la manera más eficiente. Se sugiere que se continúen los esfuerzos del Departamento de simplificar y condensar la enseñanza del álgebra y que el tiempo dedicado a la geometría analítica y a los vectores se reduzca a 3 horas semanales, coordinado e integrando adecuadamente la materia. Se considera también necesario que todos los ingenieros estudien un curso de probabilidad y estadística.

Dibujo y geometría descriptiva

Todos los estudiantes de ingeniería toman dos cursos de dibujo con 6 créditos y uno de geometría descriptiva con 3 créditos. El objetivo de estos cursos es proporcionar al estudiante medios adecuados para el análisis y la síntesis, así como habilidad para comunicarse gráficamente. Debe hacerse énfasis en visualización en tres dimensiones, habilidad creativa, habilidad para materializar gráficamente las ideas, especialmente en croquis y dibujo a mano alzada, y sentido de la estética y de las proporciones. No debe intentarse, por otra parte, convertir al futuro ingeniero en un hábil dibujante.

Por las anteriores consideraciones, así como por el hecho de que el Departamento de Dibujo tendrá a su cargo todos los cursos de ingeniería general, en los cuales podrá continuar algunas partes del programa actual, se sugiere que los dos cursos de dibujo se reduzcan a uno con 2 créditos. El curso de geometría descriptiva debe conservar la misma intensidad presente.

Inglés

Los estudiantes toman seis cursos de 5 horas semanales con un total de 18 créditos en este idioma. Se aconseja que el programa de inglés intente, a par-

tir de un curso apropiado para el bachiller promedio, por medio un máximo de 4 cursos de 3 créditos, dotar al estudiante de habilidad para entender el idioma, leerlo y escribirlo adecuadamente y hablarlo con ciertas limitaciones. El Departamento de Inglés debería ofrecer otros dos cursos de 3 créditos como electiva para los estudiantes que deseen viajar a los Estados Unidos en los cuales se podría hacer énfasis en “conversación”. Finalmente sería conveniente que el Departamento ofreciera un par de cursos de 2 créditos sobre literatura inglesa o literatura americana que fueran electivas para cualquier estudiante que hubiese completado los 4 cursos básicos.

Castellano

Los estudiantes toman dos cursos de castellano con 1 crédito cada uno. Se sugiere que el número de créditos se aumente a dos con el fin de intensificar y reconocer la intensidad que merece el estudio de la lengua en los aspectos de oratoria y redacción de informes.

Humanidades

Se dictan los cursos humanidades con 3 horas semanales cada uno. Debe asignárseles 3 créditos a cada uno de ellos y sus objetivos principales deben ser: llevar a los estudiantes al conocimiento de la situación presente en el desenvolvimiento de las ideas fundamentales que ha preocupado a la humanidad, familiarizarlos con los métodos de estudio e investigación de las humanidades e incitarlos y ayudarlos en la consecución y desarrollo de una filosofía personal satisfactoria. Los cursos de humanidades que se limitan al estudio del pasado sin vincularlo vivamente al presente no cumplen con los objetivos mencionados.

Ciencias sociales

De las ciencias sociales propiamente dichas, todos los ingenieros toman un curso de teoría económica y los estudiantes de ingeniería eléctrica y mecánica un curso de administración de personal. Este último curso no ha logrado estructurarse adecuadamente y se ha convertido, en ocasiones, en estudio de la legislación laboral colombiana. Se sugiere que se estudie detenidamente su programa y se oriente hacia el estudio de los factores psicológicos, sociales y económicos que reglamentan el manejo de personal.

Con objetivos similares a los de los cursos de humanidades deben dictarse dos cursos más de ciencias sociales de 3 créditos cada uno: uno de Sociología (o Antropología) y otro de Ciencias políticas.

Ciencias de la Ingeniería-cursos comunes

Todos los ingenieros toman los siguientes cursos:

- Mecánica de los sólidos (Estática, dinámica y resistencia de materiales): tres cursos con 3 créditos cada uno.
- Mecánica de fluidos. Un curso con 3 créditos
- Termodinámica. Un curso de 3 créditos
- Economía de la ingeniería. Un curso de 3 créditos

Parece aconsejable que todos los estudiantes que no siguen la especialidad de ingeniería eléctrica tomen un curso básico en esta rama de la ingeniería. Igualmente, se aconseja que todos los estudiantes tomen un curso de programación digital. La gran expansión del conocimiento humano en ingeniería obliga, y obligará cada día con mayor presión, a sintetizar y compendiar la materia tratada en todas las áreas que se estudian. De las ciencias básicas mencionadas arriba se cree conveniente y posible resumir un poco la mecánica analítica y a este respecto se sugiere que se lo dediquen 5 créditos únicamente.

Facilidades

La Facultad cuenta con las siguientes facilidades:

- Laboratorios: Solamente los de las ciencias básicas, física y química; instrumental mínimo pero suficiente para topografía y algo para un laboratorio de circuitos eléctricos.
- En oficinas: Para un máximo de seis profesores de tiempo completo y para el Decano y Vicedecano. Falta una oficina para la Secretaría General.
- En salones de clase: Dos salones de clase para las ciencias básicas y aplicadas de ingeniería y un salón (el auditorio) para dibujo. Los demás cursos se dictan en otras dependencias de la Universidad.
- En equipos de oficina: Escritorios apenas suficientes para el personal actual. Dos máquinas duplicadoras de alcohol, dos máquinas de escribir y una calculadora manual.

Expansión de la propuesta

Teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de estudiantes siempre ha escogido las ramas de ingeniería civil, eléctrica, mecánica o industrial, que las mayores necesidades del país en el futuro cercano estarán localizadas en estos campos y que el país dispone de personal docente capacitado para su enseñanza, se propone que el programa de emergencia abarque tan solo dichas especialidades.

Para que la Facultad cuente con tiempo suficiente para consolidar la expansión y estructurar programas adecuados para el estudio de las otras especialidades, tales como ingeniería agrícola, ingeniería química e ingeniería de petróleos, que eventualmente tendrán gran demanda en el país, se sugiere que no se admitan nuevos estudiantes en estas ramas durante los próximos años.

Concretamente la expansión consistiría en el establecimiento en Colombia de cuatro nuevos semestres dirigidos a proporcionar al estudiante conocimientos y habilidad para resolver los problemas a que se enfrenta actualmente la ingeniería nacional y capacidad e interés para proseguir estudiando y profundizando en su especialidad. Se cree que tal nivel no debe ser muy diferente del alcanzado por los egresados de las escuelas de ingeniería nacionales y por quienes obtienen el grado de B. S. en los Estados Unidos.

Programas

De acuerdo con la discusión anterior se presenta a continuación el currículum para ingeniería, en el cual se especifican las materias comunes (El programa especial de cada una de las ramas se encuentra en el Apéndice A [No incluido en este fragmento]). Este currículum presenta las siguientes características:

- Exige un total de 170 créditos en 10 semestres o sea 34 créditos más que los que exige Illinois en 8 semestres. Se considera que un estudiante promedio puede cursar satisfactoriamente el programa y que el estudiante más capacitado puede enriquecerlo con electivas apropiadas.
- Dedicar aproximadamente la mitad de créditos a las ciencias básicas, socio-humanísticas no-técnicas y la otra mitad a las ciencias básicas de la ingeniería, las ciencias aplicadas y las materias técnicas. Estos porcenta-

jes concuerdan bastante bien con las recomendaciones de la “American Society for Engineering Education” en su informe sobre evaluación de la enseñanza de la ingeniería.

- Dedicar el 31% del total de créditos a las ciencias aplicadas de la ingeniería y el 15% a las ciencias y materias básicas de la ingeniería. El primer porcentaje es superior al recomendado en el informe mencionado, en consideración a que el ingeniero colombiano debe dedicarse casi de inmediato a la práctica, de la profesión sin un entrenamiento formal en el trabajo. El segundo porcentaje es inferior al recomendado para este grupo de materias debido a que no cuenta el país con especialistas dedicados a estas ramas básicas y a que su énfasis se justifica únicamente para aquellos estudiantes que se piensen dedicar a la investigación, a los cuales se podrían ofrecer algunas electivas.
- Reserva un 5% del total de créditos para materias que pueden ser eminentemente prácticas o relacionadas con [la] administración y [las] organizaciones. De esta manera se pueden suplir las deficiencias del profesional colombiano en trabajos manuales técnicos o incrementar su capacidad administrativa.

Profesorado y cursos de transición

Séptimo semestre

Debido a las agudas limitaciones económicas y de tiempo, así como a la carencia de profesorado disponible, sólo se analizará detenidamente el primer semestre del período de transición hacia el programa tentativo general.

- Materias comunes. Para todos los ingenieros se ofrecerían durante el primer semestre de 1964 los siguientes cursos:
 - Métodos de programación para computadores digitales. Tal curso estaría a cargo del Centro de Computación y no requeriría personal docente adicional.
 - Probabilidad y estadística. A cargo del Departamento de Matemáticas. El Departamento ha convenido en dictar este curso con el personal de que dispone actualmente. (Los estudiantes de ingeniería eléctrica estudiarán esta materia dentro del curso de matemáticas 321).
 - Sociología y Ciencias políticas. El Departamento de Ciencias Socia-

les de la Facultad de Artes y Ciencias está en capacidad de dictar uno de estos cursos a partir de febrero de 1964.

- Materias especiales para ingeniería civil.
 - Mecánica de suelos y laboratorio. Curso que comprende 3 horas de teoría y dos de práctica, semanales. Podría realizarse la parte teórica en la Universidad y la práctica en los laboratorios de suelos de los Ingenieros Iván Gómez y Carlos Angulo. Cualquiera de los dos podría dictar el curso completo.
 - Análisis y diseño de estructuras I. Con tres horas de teoría y dos de práctica en la solución de problemas. Podría ser dictado por el Ing. Eduardo Aldana con la colaboración de uno de los ingenieros del Centro de Computación.
- Materias especiales para ingeniería mecánica e industrial.
 - Diseño de máquinas I. Este curso de 3 horas de teoría y 2 horas de práctica podría ser dictado por el Ing. Laszlo Szekessy.
 - Termodinámica II. Con 3 horas de teoría. Podría ser dictado por el Ing. Enrique Devis.
 - Introducción a la producción. Este curso de 4 horas de teoría podría ser dictado por [cualquiera de los ingenieros] Julio Palacios, Manuel Álvarez o Darío Vega.
- Materias especiales para ingeniería eléctrica.
 - Física de las propiedades de la materia. Curso teórico de 3 créditos. Podría ser dictado por el profesor Juan Herkrath.
 - Análisis de circuitos sistemas lineales. Curso teórico de 3 créditos. Podría ser dictado por el Ing. Fernando Navas.
 - Circuitos magnéticos y transformadores. Curso teórico de 3 créditos. Podría ser dictado por el Ing. Carlos Amaya.

Posibles tropiezos

Las necesidades más urgentes de la Facultad de Ingeniería son espacio para aulas y oficinas y profesorado. El profesorado podrá conseguirse si se pagan sueldos comparables a los que paga la industria. Respecto a espacio para aulas y oficinas se espera que el edificio de [la] administración [central de la Universidad] esté concluido en enero de 1964 y que a él se trasladen la Secretaría Académica, la Facultad de Filosofía y Letras y la Sección de Extensión Universita-

ria. Si el edificio no se ha terminado en [esa fecha] habría que pensar en proporcionar otros espacios a la Facultad o trasladar algunas de las dependencias mencionadas a locales provisionales, pero adecuados para su funcionamiento.

Alternativa sugerida

Como alternativa a un programa formal de enseñanza en la Universidad se ha sugerido un período de entrenamiento práctico-académico en Paz del Río, Telecom y el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). El Comité ha dedicado la mayor atención al estudio de esta alternativa y ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Un período de aprendizaje en la industria sería no solo conveniente sino también necesario para la formación de un buen profesional.
- La duración de este período debe ser la mínima suficiente para lograr los objetivos buscados. Por este motivo, la planeación de fases y materias prácticas debe ser cuidadosamente elaborada y cumplida estrictamente.
- Ni el aprendizaje práctico es sustituto para la enseñanza teórica básica, ni el conocimiento de equipos industriales reemplaza la necesidad de laboratorios de enseñanza cuya finalidad es la demostración y comprobación de leyes naturales en coordinación con los cursos teóricos.
- Sería sumamente [inapropiado] pedirles a los ingenieros de las industrias que dictaran los cursos teóricos que acompañan a los laboratorios, pues se colocaría la enseñanza superior en manos de personas ajenas a su misión y fuera del ambiente apropiado para llevarla a cabo de una manera eficiente. Se recomienda enfática y sinceramente que no se tome tal medida que equivaldría a trasladar a los estudiantes a una universidad improvisada.

Conclusiones y recomendaciones

- La expansión [de la Facultad de Ingeniería] se considera no solo posible sino compatible con los recursos de la Universidad.
- El currículum propuesto establece un balance adecuado entre varias áreas del conocimiento, toma en consideración el estado actual de la ingeniería y su enseñanza en el país, y sus tendencias en los Estados Unidos [principalmente].

- El currículum está dirigido al estudiante promedio con el fin de aumentar considerablemente el número de egresados, pero ofrece oportunidades al estudiante superior quien, bajo la dirección de su consejero podrá intensificarlo por medio de electivas apropiadas.

El costo adicional del primer semestre [séptimo de la carrera] es ligeramente inferior al actual [promedio] de la Facultad por semestre.

- La Universidad de los Andes y el país cuentan con profesionales capacitados para dictar los cursos propuestos.

Se sugieren las siguientes acciones:

- Solicitar aprobación de la Asociación Colombiana de Universidades.
- Escribir o establecer contactos con los [posibles] profesores [identificados].
- Obtener los fondos solicitados para equipos y ponerlos a disposición de la Facultad.
- Iniciar reuniones del Decano y de Miembros del Consejo Directivo con los estudiantes para intercambiar ideas y mostrarles los beneficios de la expansión [de la Facultad].
- Integrar los siguientes comités con el propósito de estudiar y elaborar detalladamente el programa de cada materia de las especialidades propuestas y obtener el equipo y facilidades para los laboratorios:
 - Ingeniería Eléctrica: Ingenieros Álvaro Salgado, Ignacio Moreno, Fernando Acosta y Fernando Navas.
 - Ingeniería Mecánica e Industrial: Sr. Humberto Vega-Lara, e ingenieros Santiago Prieto, Guillermo Parra y Enrique Devis.
 - Ingeniería Civil: Ingenieros Carlos García-Reyes, Heberto Jiménez, Álvaro Villaveces y Eduardo Aldana.
- Tratar de conseguir tres profesores de alta experiencia en los Estados Unidos para el primer semestre de 1965.

Ten Year Development Plan^{*1}

University Committee for Planning and Development:

Eduardo Aldana
Armando Sánchez
Alec Bright
Daniel Peñaranda
Eduardo Camacho

Resume

Environment

- Number of applicants to institutions of higher education in Colombia increased some 17% from 1962 to 1963. This trend is expected to continue during the following year. (Page II-1)
- Enrollment in Engineering and related fields is the largest one and has increased during the last years. (Table 2-3)

Uniandes

- Uniandes is a non-sectarian, non-profit, coeducational, completely independent and privately supported institution. (Page III-1)
- Uniandes students collaborate in many fields with the faculty, but they do not participate in any academic or administrative council, neither do they take part, as a group, in political activities. (Page IV-2)
- Enrollment at Uniandes will increase from about 800 equivalent full time students in 1963 to 2000 in 1972. (Table 4-6)
- Notwithstanding that by Colombian standards the academic background of present Uniandes faculty is highly satisfactory; the University intends to raise it to even higher levels. (Table 5-1)
- The ratio of students to professors is expected to increase from eight in 1963 to twelve in 1972. This will be achieved through a better utilization of the staff, a larger proportion of advanced students and a larger number of full time professors. (Page V-3)

^{*} *Palabras clave.* Trabajo en equipo, Prioridad, Expansión de la Facultad de Ingeniería, Visión positiva de futuro, Planeamiento, Misión de Uniandes.

¹ Universidad de los Andes. Bogotá, D.E. Colombia. October, 1963

- The number of full time equivalent staff members will increase from about 100 in 1963 to 170 in 1972. (Table V-1)
- In addition to the school of basic studies –Arts and Sciences– there are four professional schools at Uniandes, namely: Engineering, Economics, Architecture and Fine Arts, and Philosophy and Letters. (Page VI-1)
- The School of Arts and Sciences and the School of Economics have also graduate programs. The School of Engineering –the largest in enrollment– has had until now a three year program combined with an exchange program with U.S. universities. In 1964, the expansion toward a complete five year program at Uniandes will be initiated. The exchange program will be continued at a postgraduate level. (Appendix A)
- To a great extent the high standard of teaching has been the result of adequate integration of Colombian, European and American methodologies. (Page VI-2)
- Academic research is carried out by the different schools and by the individual staff members. Organized research is conducted, in three different areas: Economic Development, Biology and Microbiology, Computation and Engineering. This kind of research is sponsored by several national and international institutions.
- The budget for instruction, (salaries and benefits) will increase from US\$397,000 in 1963, to US\$2,342,000 in 1972, taking into account a 5% increase in prices. (Table 8-1)
- About US\$1,900,000 will have to be spent in physical plan development from 1963 to 1972. Of this sum about US\$600,000 will be for the Engineering building, and US\$300,000 for land purchasing for future expansions. (Table 8-6)
- Distribution of the main items of the total budget in 1963 and 1972 is as follows: (Table 8-7)

	1963	1972
Instruction	37%	57%
General Administration	12%	9%
Research	17%	21%
General Expenses	9%	5%

- If an endowment income can be provided amounting to approximately 24% of the total sources of income in 1972, gifts can be expected to decrease from 35% of the total income in 1963, to 18% in 1972. Tuition and fees will continue to be more or less in the same percentage of normal operational expenses. (Table 8-9)

Recommendations

Besides the general policy proposed in Chapter I, the following specific recommendations are considered of the utmost importance:

- Priority number one must be the development of the program of expansion of the School of Engineering.
- Emphasis should continue to be placed on basic studies as a requisite for professional studies.
- Considering that a high number of high school graduates will apply to the University, admission procedures and selection criteria should be improved.
- A really strong effort should be made in order to offer to every student, programs according to his aptitudes and abilities (Honor courses and “remedial” courses, from example).
- Students’ welfare and extracurricular activities should be given more attention.
- Teacher training should be continued both abroad and within the University.
- Technical assistance from other institutions should be obtained for on-the-job training programs.
- Every effort should be made to arrive at the figures proposed for the distribution of faculty by levels of training proposed in Chapter V.
- Research should be expanded at least to the level proposed in this report.
- The Financial Committee should start programs in order to secure the necessary funds to carry out the ten year development plan.

Index²

I. Higher Education in Colombia

²De la siguiente tabla de contenido solamente se incluye el Capítulo I.

- General
- Statistical Data
- II. General Organization of the University
 - Background and Site
 - Present Organization
- III. Students
 - Orientation
 - Extracurricular Activities
 - a. Administration
 - b. In Political Activities
 - Tuition, Fees, Scholarship and Loan Assistance
 - Student Distribution
 - History
 - a. Student Body
 - b. Admission of Students
 - c. Drop-Outs
 - Results
 - a. Students Completing Prescribed Program at Uniandes
 - b. Alumni
 - Ten Year Projection
- III. Teaching Staff
 - History
 - Development
 - Technical Assistance for the School of Engineering
- IV. Academic Program
 - Degrees Offered
 - a. Engineering
 - b. Economics
 - c. Architecture and Fine Arts
 - d. Philosophy and Letters
 - e. Arts and Sciences
 - Degrees Requirements
 - a. General
 - b. Registration
 - c. Residence
 - d. General Studies
 - e. Scholarship Requirements
 - f. School Requirements
 - Methodology of Teaching
 - Future Plans

- VII. Research
- VIII. The ten year University budget
 - General
 - Instruction
 - Research
 - General Administration
 - General Expenses
 - Physical Plant
 - Ten Year Income Budget

Appendix

Chapter I

Introduction

This coming November the University of “los Andes” (Uniandes) will have completed fifteen years. Compared to many Latin-American Universities, this is indeed a short life-period. However, during this time, the University has become very well known both in Colombia and abroad. ¿What are the causes of this prestige and general recognition? ¿How can the University keep up to the hopes of its many friends, its faculty, its sponsors, the country and America, in general? The answer to the first question can be found in the following facts:

- Uniandes changed the traditional methods of teaching in Colombia by centering the teaching-learning process in its real objective: the student.
- Uniandes has strived towards an adequate combination of the Colombian tradition in education, greatly influenced by the European educational system, with the new American goals of higher education.
- Uniandes was the first Latin-American University that placed strong emphasis on general education as a necessary back-ground for professional education.
- Uniandes was the first institution in Latin-America to start a massive international exchange of students.
- Uniandes has been one of the few real private and independent universities in South-America.
- Uniandes has maintained high standards of education that have become evident to the country through the high capabilities of its alumni.

- Uniandes was the first University in Colombia to establish academic departments, to encourage independent study for the student and to give flexibility to the programs.
- Uniandes has contributed effectively, although on a limited basis, toward the solution of the country's problems through applied technical research in the field of economic development and through institutional research in the academic fields.

In order to answer the second question, this report has been prepared. Certainly not all of the conclusions are herewith stated, as this is intended to be the first of a series of evaluation reports. The principal conclusions are the following:

- Uniandes should continue to be a small University capable of experimenting with new methods and programs of education.
- High standards of education should be jealously preserved, but they should not be at the cost of students' high attrition rates.
- The first fifteen years were characterized by the establishment of new schools, departments and institutes. The next ten years should be dedicated to the strengthening of the existing schools and related research institutes. Establishment of new schools is not foreseen during the next decade. Academic excellence and efficiency as well as importance in the development of the country will be the continuing requirement placed upon the professional schools.
- Achievements of the University during the past fifteen years should not be regarded as ends in themselves but as means for the betterment of higher education.
- Both staff and students should play a more active role in the study and solution of the basic problems of the country by rendering technical assistance to the community. (Applied research, "Acción Comunal", assistance to small industries and municipalities, etc.)
- Effective fund raising campaigns should be initiated tending to insure at least partial financial stability to the University.
- Although generous contributions, grants and loans will be required during the next ten years, and are unavoidable, the most important

thing is to continue a careful planning that will ensure the most effective use of those funds.

Development of the School of Engineering: Application for technical assistance, equipment and facilities required^{*1}

Prepared by:
Eduardo Aldana
Fernando Navas

The University of los Andes

The University of Los Andes is a non-profit, private, non-sectarian and co-educational institution dedicated to professional education at the college level and to the fostering of general culture and scientific investigation.

The University was founded in 1949, and operated in the building of an old State jail with 79 students and a teaching staff of 12. Last year the number of students totaled 918 and its teaching staff 162.

The fundamental purpose of the University is the integral development of the human being and, to this end; its program comprises a well-balanced body of humanistic, scientific and technical disciplines.

Furthermore, the University hopes to form future leaders for the various fields of Colombian activities, who will have an adequate knowledge within the framework of Western culture. These leaders will be expected to contribute positively to the solution of the complex problems faced by a country in the process of development.

Since its foundation, the University has tried to integrate the best American and European university traditions, to adapt them to the needs and pe-

^{*} *Palabras clave.* Misión de Uniandes, Expansión Facultad de Ingeniería, Contribución al país, Planeamiento, Educación en ingeniería.

¹ Approved by Alvaro Salgado, Dean, & The Council of the School of Engineering. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia. 1964

cularities of the Colombian environment, and to combine them with the traditions and cultural values of the country.

The governing body of the University is composed of a Board of Directors, a Rector, a Vice-Rector and an Academic Council. In addition to these, each school is directed by a Council and a Dean. At present the students of the University are distributed in five schools, as follows:

Schools	% Students
Architecture	11
Economics	11
Engineering (including those in the USA)	35
Philosophy	5
Arts and Sciences (including Pre-Med.)	18
Other students not enrolled for regular program	20

In addition, various departments of the School of Arts and Sciences such as Physics, Mathematics, Humanities, Languages, Chemistry, Biology, etc. are entrusted with the training of all the students in their respective fields.

The School of Engineering

When the University began operating in 1949, it was very well aware of the country's lack of experience in engineering and the tremendous shortage of teaching staff, especially in those branches of engineering other than civil engineering, the only one taught in Colombia at that time. Under these circumstances, the necessity of undertaking a long-term program was realized. The first stage of this program was to provide the students of engineering with the basic education in Colombia and send them abroad for specialized training. With this program the University was looking not only to complement the nation's technological and scientific resource and to expand the field of action of engineering, but to provide the students with a broader education and a better understanding of the human being. For this reason, the school of Engineering limited, until last year, its activities to basic general engineering training in a six-semester program. Such training included Humanities, Basic Physics and Chemistry, Mathematics, Social Sciences and Engineering Sciences, such as Statics, Dynamics, Strength of Materials, Fluid Mechanics, Thermodynamics, Electro-magnetic Fields, etc.

For professional training, the School of Engineering looked towards and obtained the assistance and collaboration of some of the best American universities with whom a private exchange program, unique in Latin America, was established. Upon completion of the sixth semester at the University of Los Andes, the students used to travel to the United States to continue and complete their professional education. This usually required 3 or 4 semesters. About 250 students have successfully completed their professional training during the 15 years of existence of the “Junior Engineering College” of the University of Los Andes.

Percentage-wise such graduates are distributed among American universities, as follows:

University	% graduates
Illinois	60
Pittsburgh	13
Notre Dame	6
M.I.T.	2
Other (Texas, Bradley, Kansas, Vanderbilt, Arizona, Michigan, New Mexico)	19

Under the program outlined above our students have had the opportunity to acquire training in very diverse engineering fields, especially in those of incipient development in this country. The students who have graduated from American universities are distributed among the various engineering fields as follows:

Civil Engineering	27%
Electrical Engineering	29%
Mechanical Engineering	28%
Industrial Engineering	5%
Others (Aeronautical, Agricultural, Chemical, Petroleum, etc.)	11%

The training acquired by our students has helped to contribute not only to the development of new fields of engineering in this country but to the improvement of existing ones by the establishment of new and advanced techniques which, no doubt, have increased national productivity. The distribution of the engineering graduates under our program is as follows:

	% Graduates
University teaching	5
Consulting Engineering	20
Manufacturing Industries	18
Public Utilities	26
Construction Industry	15
Commercial Enterprises	10
Petroleum Industry	5
Others	1

The success of our engineering program has been two-fold. Each individual graduate, in addition to this technical training, has had the opportunity to take notice of and absorb valuable aspects of American culture. The necessity of gearing our engineering curriculum and requirements to those of American universities has compelled us to keep up-to-date in our methods, program and approaches. This has, no doubt, greatly influenced the general improvement and modernization of technical college training in Colombia.

It is particularly significant that the successful accomplishment of our present engineering program has been carried out under acute economic limitations inherent in the nature of an institution such as ours, politically and religiously independent within an environment where such independence is an exception.

Data on Engineering Students

Table 1 shows the progress of engineering groups up to the last one sent to the United States. The following remarks seem pertinent:

- Of those students admitted (about 1 out of 3 applicants) only 25% were eligible for study abroad. The rest of them were dismissed from by the School of Engineering and for most of them this was the end of their college education.
- Since 1957 no student sent to the U.S. has failed. On the contrary, many of our students have graduated in the top 10% of their classes in such universities as Illinois, M.I.T., and Pittsburgh.
- The staff of the School of Engineering is aware of the fact that many of those students dismissed from the School could have completed their

engineering training under different circumstances. The relatively high cost of higher education abroad imposed a great responsibility upon the School of Engineering for the proper selection of those students traveling to the U.S. For this reason, it was necessary to adhere strictly to the following requirements which, in general, will not be required for the student finishing in Colombia:

- Good command in writing and speaking English.
- Facility in adjusting himself to a different cultural environment.
- Ability to study English textbooks, which are used in most of the courses given to engineering students at Uniandes.
- The high percentage of attrition during the three years of study at Uniandes is also caused by poor scholastic training in Colombian high schools. The schools of Arts and Sciences is attempting to correct this by a new program, initiated in February, 1963, in which the students are given the opportunity to start at two different levels according to their knowledge of the subjects. Students in the lower group can usually attain the level of the upper groups by taking summer vacations courses.

Development Program for the School of Engineering

The University has considered that the objectives of the initial stage have been fulfilled by having contributed to the establishment of modern and adequate methods of teaching, by having expanded the field of action of engineering in Colombia, and by having given a far better education to about 250 professionals. Some of these professionals are now working with the School of Engineering. During 15 years of continuous and close contact with American universities, the School of Engineering has acquired valuable experience and has been able to train qualified personnel. This permitted the School to look with confidence toward its next logical step of development which is the conferring of the B.S. degree in some branches of engineering in Colombia. This second stage started in February, 1964.

However, the completion of studies in specific fields of engineering at the University of Los Andes does not imply the suspension of our exchange program, but only its continuation at a higher post-graduate level. As it will not be possible to complete a B.S. training in all engineering fields in our

School in this next stage, the exchange program will continue in those fields of engineering which will not be completed here for the time being.

Among the reasons which made the completion of B.S. training in Colombia necessary and desirable in certain fields of engineering are the following:

- The necessity of giving basic training to our future engineers in accordance with a program especially keyed to the specific needs of the Colombian environment. Engineering education in the U.S. is directed to the analysis of the complex technical problems which are characteristic of the state of development of that nation. Our country, on the other hand, will be solving many basic problems of an entirely different nature for some time in the future. These problems demand specific techniques for an efficient solution. One complaint of our alumni during the last few years has been the lack of correlation between their engineering training in the U.S. and the practical engineering problems they must face on returning to Colombia.
- An exchange program at a post-graduate level is more in accordance with the present development of the Country and would take advantage in a more efficient way of Colombian capabilities and higher American techniques.
- The completion of his studies at Los Andes would allow the student to acquire an education in the States at a lower cost at the graduate level and/or practical training. Such graduate education has been very difficult due to the debt which the student incurs in obtaining his B.S. This debt usually exceeds the equivalent of his first two years of professional salary. Tuition fees at Uniandes amount to 4,250 pesos per year, but the actual cost per student for the University has been estimated to be from two to three times this amount. Even so, this last estimate is extremely low as compared to some 40,000 pesos per year for every student in the U.S. universities. Under the present adverse balance of payments it seems reasonable to assume that the reserves of the country should be devoted to the much needed post-graduate training of the best students.
- Our status as a "Junior Engineering College" imposed limitations on our scientific and technical development and, consequently, limited the

possibility of our rendering assistance to the Country in the investigation and solution of urgent technical problems.

- The higher level of studies made possible through expansion and the increase in the number of applicants –from 353 in 1962 to 538 in 1963– would bring an increase in our output of graduates.
- The economic development of Colombia has reached the stage when a greater production and diversification of her technical personnel is absolutely essential. The lack of such personnel is one of the most important bottle-necks in our economic development. The present shortage has been estimated at 5,000 engineers.

Among the various fields of engineering considered for completion at the B.S. level, Electrical, Civil, Mechanical, and Industrial Engineering were chosen, in as much as these fields are very important for the immediate development of this country. Moreover, about 90% of our present students have chosen these fields. With respect to Industrial Engineering, it should be noted that, with the present expansion in progress in our School of Economics and the completion of the basic training in Civil, Electrical, and Mechanical Engineering, the development of this field is possible with a minimum of effort and a small marginal cost.

Aims and objectives

This development program, involving the expansion of the engineering branches mentioned above, is aimed as before at outstanding students who later will constitute the core of the engineering profession in Colombia. Furthermore, in this next stage the School of Engineering will have the opportunity to strengthen its methods and curricula with the basic aim of producing outstanding engineers. They should have the necessary knowledge in their respective fields and the intellectual ability as well as the social attitudes to apply knowledge constructively for the betterment of the community and the preservation of moral values of humanity.

In the professional training proper, our aim is the application of the most up-to-date techniques to the fundamental engineering problems of underdeveloped countries where productivity, and hence progress, must be increased and accelerated with a minimum of resources. It is our feeling that the appli-

cation of new scientific and technical discoveries to old problems will develop entirely new methods for attacking such problems. More highly developed countries have not given emphasis to this subject because they are applying their techniques to new situations, having already overcome the many elementary problems which in our Country are still to be solved. This approach requires the planning of a unique engineering curriculum which incorporates our past experience and the new trends in engineering education in the United States. It must be specifically keyed to the needs of our environment. Such a curriculum might constitute a pilot project for the whole Latin-American Continent since the staff of the School of Engineering, through 15 years of experience and comparison, has developed a considerable amount of related ideas that are waiting only the opportunity for their application.

Our project as a part of integral planning of education in Colombia

The Colombian Association of Universities, which has given priority to the development of engineering education in Colombia, has urged the University of los Andes, Uniandes, to develop a well-planned and efficiently-executed program of expansion of the school of Engineering.

The Departamento Administrativo de Planeación Nacional, to whom our project was presented last year, gave formal approval to our program. Copies of letters from the Colombian Association of Universities and the Ministry of Education are shown in Appendix I.

Our project as an Inter-American Program

Our long and friendly relationships with many American universities open possibilities of effective cooperation in many fields of engineering. As an example, the University of Los Andes and M.I.T. entered into collaboration for the establishment of a Computer Center at Los Andes. This was the first stage in the development of the M.I.T. Inter-American program in Civil Engineering in Colombia. The purpose of this program, as stated by the Department of Civil Engineering of M.I.T. "is to contribute to the solution of Civil Engineering problems which have significant technical, economic and social importance in both Latin America and the United States". The program is a joint effort of both Universities, and in this sense it marks a significant step toward an exchange of ideas, information and research findings.

M.I.T. has expressed its decision for further collaboration between the two Institutions, and in this respect to lend its assistance in the expansion program of the School of Engineering.

The success of the development plan for the School of Engineering previously mentioned is, however, conditioned to the financing of the necessary funds as described below.

Teaching staff and facilities required

We propose purchase of only a sufficient but minimum amount of equipment and facilities necessary for adequate training in the fields of Electrical, Civil, Mechanical, and Industrial Engineering. Such equipment and facilities would be used jointly in these four fields, so as to avoid any unnecessary duplication.

It has been estimated that, with the new equipment and facilities and by taking maximum advantage of our present organization, it would be possible to increase our number of engineering graduates to some 100 per year, by 1968. Appendix A shows an eight-year projection of admission, enrollment and number of graduates.

A detailed estimate of the investment in equipment and facilities is included in Appendix B. Since the first two years of basic studies in engineering are carried out by the School of Arts and Sciences, the aforementioned estimate includes the necessary funds for additional facilities required in that School.

It has also been estimated that, in addition to our present teaching staff, it will be necessary to engage about nine full-time equivalent teachers during the first two years of the expansion, distributed as follows:

General Engineering	1
Electrical Engineering	1
Civil Engineering	2
Mechanical and Industrial Engineering	5

Appendix C shows the list of our present teaching staff and the projection for the initial five years. This staff does not include the technical assistance staff to be discussed later.

It should be noted that the School of Engineering is presently carrying out a program for teachers who are undergoing post-graduate training in

American universities and who will be able to contribute substantially in the near future to the necessary teaching staff which will be required.

The basic studies for B.S. level, in the four engineering fields considered, will require a total of ten academic semesters, that is to say, that the expansion will add four semesters to the six existing under our former programs.

Technical assistance

Since the last two years of the complete five-year program of the School of Engineering are to be developed during 1964 and 1965, technical assistance is desirable as it will increase the efficiency of the new programs. On the other hand, technical assistance is a must to start one of the most important specific plans of the School of Engineering. This plan is related to the problem of the obsolescence of our practicing engineers, due mainly to the non-existence of programs of continued education for engineers. In developing countries –characterized by the scarcity of technical personnel– this problem must be tackled by taking in consideration the new developments and ideas in continuing education. Our School has started some programs in this area, such as seminars on application of computers to the solution of engineering problems, and short courses on the subject of electrical power. Outstanding professors from abroad could enlarge the scope of our programs and start a chain reaction in the actualization of the engineering profession in Colombia. This could be done in the environment of Los Andes, which now has some of the best young Colombian engineers on its staff, as full time professors.

In addition to the regular staff mentioned in the preceding paragraph, it has been considered that two professors in Electrical, Mechanical and Civil Engineering and one in Industrial Engineering will be adequate during the first three years. This number will be reduced to one in each field during the fourth years. These professors will be expected to remain in Colombia for at least one academic year. In addition to these, 18 man-months in the summer periods would be very appropriate in order to bring to Colombia competent staff who cannot come during longer periods. Appendix D shows the detailed budget for technical assistance. It has been assumed that a U.S. university would render this assistance. This is very possible since some of them have expressed their decision to do so, should funds be available for such an enterprise.

Teacher training

The School of Engineering has made arrangements with its best students consisting in the gradual cancellation of the debt which they have incurred during their studies abroad, if the students agree to return and work with the University. Six of the present full time teachers of the school are working under this program and six more are expected to join the staff by the end of this year or beginning of 1965.

The School of Engineering as well as the University have been encouraging the consideration of university teaching as a profession. This is very important in a country like Colombia, where University teaching has been considered as a secondary source of income or even a hobby. In order to promote this new attitude, formal, well established staff development policies are required. It has been considered that two scholarships abroad per year will be adequate at this stage to fulfill the needs of our present staff. In addition to these, two more scholarships a year will be required to secure the number of teachers forecasted in the near future. Appendix E includes the budget for this program during the initial five years of our development project.

Summary of Investment

The approximate investment for the proposed program can be summarized as follows:

	US \$
Land and Building	615,000
Equipment and other facilities	766,000
Technical assistance	700,000
Teacher training	210,000
Total	us \$ 2,291,000

Appendix F shows a program of yearly investments required for completion. The length of this development program has been fixed to last five years, including the present year.

Appendix G gives an estimate of the operating and capital budget during the development program. With respect to loan repayments, it has been assumed a loan for 25 years at 2% annual interest rate.

Appendix H shows the priority list of equipment and facilities. This list covers the material required during the second semester of 1964 and the first semester of 1965.

Table 1. Data on Engineering Students

Year Group admitted	Student admitted at Uniandes	Students leaving for U.S.	Students obtaining B.S. degrees (1)	Students changing Schools in U.S. (2)	Students withdrawing from School in U.S. (3)	Students still studying in U.S. (4)
1949	28	11	10	0	1	0
1950	56	18	15	0	3	0
1951	69	22	19	2	1	0
1952	79	22	17	3	2	0
1953	120	20	14	6	0	0
1954	120	30	24	4	2	0
1955	148	35	34	1	0	0
1956	176	41	38	2	1	0
1957	169	41	41	0	0	0
1958	92	22	20	0	0	2
1959	117	31	17	0	0	14
1960	128	39	0	0	0	39
Totals	1302	332	249	18	10	55

Notes: (1) These students received b.s. degrees from the school to which they were originally sent.

(2) These students either failed at the original school or decided to change schools. Degree conferred by an American school, but not by Uniandes.

(3) Probably some of these students have obtained a b.s. degree, but Uniandes does not have any evidence of this fact.

(4) Not including those students doing graduate work, neither those of later entrance groups.

Appendixes

- a. Engineering student body
- b. Cost estimate of equipment and other facilities
- c. Teaching staff
- d. Cost of technical assistance-personnel and miscellaneous
- e. Teacher training budget
- f. Investment program
- g. Operating and capital budgets
- h. Priority list of equipment and facilities
- i. Copies of letters from the Colombian Association of Universities and
- j. the Minister of Education

Appendix I

*Copia comunicación de la Asociación Colombiana de Universidades
Fondo Universitario Nacional*

No. D-8503
Bogotá, mayo 28 de 1963

Señor doctor
Ramón de Zubiría
Rector de la Universidad de Los Andes
Ciudad

Muy estimado señor Rector:

Quiero referirme a su atenta comunicación del 25 de mayo, número 0407 y con la cual usted me envía una copia del Proyecto sobre el desarrollo de la Facultad de Ingeniería de esa Universidad.

Considero, personalmente, que dicho Proyecto es la lógica culminación de las labores que ha venido desarrollando la Facultad de Ingeniería y que al permitirles a los estudiantes terminar totalmente su carrera en la misma Universidad, esta hará al país y al estudiantado un gran beneficio. Al primero, ahorrándole una importante cantidad de divisas que podrá ser invertida en estudios de graduados en vez de terminación de carrera. Para los estudiantes, el costo de sus estudios será reducido considerablemente. Así podría la Universidad aumentar apreciablemente el número de Ingenieros graduados y remediar el déficit que actualmente tiene el país de estos profesionales.

Estoy seguro de que este Proyecto de la Universidad, por su importancia, será coronado con éxito bajo su Rectoría.

De usted muy atentamente,
Firmado:

Gabriel Betancur Mejía
Director General
GBM/CdI

Copia comunicación del Ministerio de Educación Nacional
República de Colombia

Bogotá, D.E., febrero 28 de 1964

Señor doctor

Ramón de Zubiría

Rector de la Universidad de los Andes

Ciudad

Tengo el gusto de comunicarle que el Consejo de Ministros, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 9ª de 1962, Artículo 3º, Parágrafo 1º, y atendido el concepto del Consejo Nacional de Política Económica y Planeación resolvió autorizar la garantía por parte del Gobierno a la solicitud de la Universidad.

Para llenar el requerimiento legal de que la entidad garantizada dé estatutariamente intervención suficiente al Gobierno para establecer la aplicación del préstamo, se sugirió en el Consejo que se tratase con la Universidad para ver si ella está dispuesta a constituir garantía por el término del préstamo a favor de la Nación mediante hipoteca u otra forma que acepte la Contraloría General de la República, y suscribir un documento con el Estado por el cual la Universidad se obligue a aceptar una interventoría de este por parte de las obras que se acometerán.

Quedo en espera de su respuesta a la presente y aprovecho esta oportunidad para significarle mi especial complacencia de que esta garantía pueda otorgarse y en esta forma el Gobierno respalde la admirable obra educativa que está realizando la Universidad a su muy digno cargo.

Del señor Rector muy atento servidor,

(Fdo.) Pedro Gómez Valderrama
Ministro de Educación Nacional

El plan de educación del ingeniero: Objetivo primordial de investigación^{*1}

Antecedentes

En junio de 1955 el Comité de Evaluación de la Educación en Ingeniería de la Sociedad Americana para la Enseñanza de la Ingeniería, publicó el Informe titulado “Evaluation of Engineering Education”. Este Informe fue recibido con verdadero interés en los Estados Unidos y provocó discusiones y críticas del mayor provecho. Un deseo sincero de experimentar con nuevos métodos y programas ha sido, quizás, su mayor contribución a la educación norteamericana para ingenieros. Como uno de los capítulos del informe merecía un tratamiento más extenso, se nombró un comité *ad hoc* inmediatamente después el cual rindió su informe final titulado “The Engineering Sciences”, en 1958.

Con motivo de la expansión de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes se celebró un seminario interno en el cual se discutieron cuidadosamente estos dos informes, enmarcándolos dentro del panorama de la realidad colombiana. Este escrito tiene por objeto divulgar las conclusiones del informe original, conjuntamente con las presentaciones llevadas a cabo por los miembros de la Facultad de Ingeniería.

La presentación y organización del material para esta ponencia estuvo a cargo de los siguientes profesores:

Eduardo Aldana, I.C., M.S.

Fernando Navas, I.E., M.S.

Laszlo Szekessy, I.M., M.S.

Fernando Acosta, I.A. e I.E., B.S.

Hernán Beltz, I.C., M.S.

Hernando Durán, I.E., M.S.

Enrique Devis, I.M., B.S.

Luis E. Amaya I., I.C., M.S.

Se recibieron valiosas sugerencias de todos los profesores de la Facultad, especialmente de los ingenieros Julio Escobar, Eduardo Bayona, Carlos Amaya, Gabriel Cuervo y Ricardo Rueda.

^{*} *Palabras clave.* Ciencia, tecnología e ingeniería, El ingeniero y el desarrollo, Responsabilidad social, Ciencias de la ingeniería, Análisis y diseño.

¹ Presentado al VII Congreso Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes Bogotá D.E., 1964

Resumen

Se analizan los componentes básicos de un programa de Ingeniería, con los objetivos fundamentales de definir la función e importancia de cada uno de ellos y despertar el interés por la experimentación con nuevos cursos y métodos docentes, así como por la actualización periódica de los programas. Esencialmente se identifican cinco divisiones mayores:

- Ciencias Básicas
- Ciencias Socio-Humanísticas
- Castellano e Idiomas
- Ciencias de la Ingeniería
- Análisis y Diseño

Se hacen recomendaciones específicas sobre el contenido y orientación de las dos últimas divisiones principalmente², la distribución aproximada del tiempo del programa y la incorporación de cursos opcionales. Se discuten igualmente las características de otras materias técnicas del programa no comprendidas en los cinco grupos anteriores, de los laboratorios y del entrenamiento práctico.

Introducción

El desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, caracterizado por su rapidez en los países que lo impulsan, alcanza modalidades angustiosas en los países que están entrando en la era industrial, como Colombia. Por una parte debemos asimilar la Ciencia y la Técnica universales y por otra nos enfrentamos al deber intelectual de crear, descubrir o inventar las herramientas y los procesos apropiados a nuestros ambientes natural y cultural, incluyendo en este el social y el económico.

La historia de cada país ha sido conducida por hombres que se definen perfectamente en cada una de sus grandes etapas. El primer conductor fue el guerrero, al cual sucedió el abogado hasta tiempos no lejanos. El proceso histórico inmodificable nos indica que la nueva etapa deberá ser dirigida, entre otros, por el ingeniero. ¿Cómo debemos preparar y cuáles deben ser las características de quien va a afrontar tamaña responsabilidad?

² Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Para esta publicación se eliminaron varios párrafos de la cuarta división (Ciencias de la Ingeniería).

Ante todo creemos que deberá ser un verdadero profesional, formado a través de una educación de la más elevada excelencia y conscientemente sometido a un código de ética que esté moral y socialmente bien desarrollado.

Esta educación superior deberá, por otra parte, prepararle para resolver problemas nuevos y complejos en ambientes nunca antes considerados y desarrollar sus atributos básicos: creatividad, capacidad de decisión y responsabilidad social.

A continuación, transcribimos el resumen del Informe “Evaluation of Engineering Education” y presentamos un breve sumario de los componentes principales de un Programa de Ingeniería y algunos comentarios sobre las Ciencias de la Ingeniería. Al elaborar este trabajo, nuestros propósitos, acordes con los de los informes que nos han servido de base para este escrito, son estrictamente los siguientes:

- Iniciar una serie de discusiones y críticas constructivas entorno a los programas vigentes en el país en las diferentes Escuelas de Ingeniería.
- Despertar el interés de las varias Escuelas de Ingeniería por la experimentación con nuevos métodos y programas, descartando, cuando sea el caso, la sujeción a los contenidos mínimos.
- Destacar la importancia de las aquí llamadas Ciencias de la Ingeniería. Creemos que estas ciencias son las que constituyen el núcleo de un programa de Ingeniería, unifican las especialidades e integran las Ciencias Básicas (Matemáticas, Física y Química) con las Ciencias Aplicadas.

Sumario del informe sobre la Evaluación de la educación en Ingeniería³

La educación en Ingeniería debe contribuir al desarrollo de hombres capaces de afrontar nuevas y difíciles situaciones con imaginación y competencia. El afrontar tales situaciones conlleva tanto responsabilidad profesional como social. El Comité considera que para alcanzar estos fines son esenciales programas de Ingeniería con orientación científica y recomienda los siguientes medios de conseguirlos:

- Reforzar el entrenamiento en Ciencias Básicas, incluyendo en ellas las Matemáticas, la Física y la Química.

³ Traducido de “Report on Evaluation of Engineering Education”.

- Identificar e incluir seis Ciencias de la Ingeniería, las cuales deben enseñarse utilizando totalmente las Ciencias Básicas, como un núcleo común de los programas de Ingeniería, aunque no necesariamente formado por cursos comunes.
- Estudiar de una manera integrada el Análisis, el Diseño y los Sistemas de Ingeniería como fondo profesional, con la intención de estimular la imaginación y las facultades creativas, y haciendo uso completo de las Ciencias Básicas y las Ciencias de la Ingeniería.
- Incluir materias electivas que desarrollen las capacidades especiales de cada individuo, que satisfagan las diversas necesidades de la sociedad y que proporcionen flexibilidad en oportunidades al estudiante sobresaliente.
- Continuar y concentrar los esfuerzos para desarrollar e integrar el estudio de las Ciencias Socio-Humanísticas en los programas de Ingeniería.
- Insistir en el desenvolvimiento de un alto nivel de capacitación en los medios de comunicación orales, escritos y gráficos.
- Patrocinar experimentos en todos los campos de la educación en Ingeniería.
- Reforzar los programas de postgraduados necesarios para llenar las necesidades de la profesión en aquellas instituciones que puedan:
 - Proporcionar profesorado especialmente capacitado;
 - Atraer estudiantes de habilidad superior, y
 - Disponer de recursos financieros y administrativos adecuados.
- Tomar medidas positivas para conservar el profesorado con capacidad profesional y académica suficiente para llevar a cabo las recomendaciones anteriores. Estas medidas incluyen:
 - Procedimientos bien establecidos de reclutamiento, promoción y calificación.
 - Ambiente intelectual propicio, número de horas de clases razonable y comodidades físicas adecuadas; y
 - Escalas de sueldos basadas en el reconocimiento de que un profesorado de óptima calidad solo puede conseguirse con una remuneración proporcionada, ya que la práctica profesional en la industria y en el gobierno es inherentemente atractiva a las mejores mentes en Ingeniería.

- Considerar estas recomendaciones ahora mismo, antes de que los problemas de educar un mayor número de ingenieros sean críticos. (Fin de la traducción).

Objetivos y contenido de un programa de Ingeniería

Al diseñar un programa de Ingeniería deben tenerse en cuenta, por lo menos, los siguientes puntos:

- El tiempo de estudio en la universidad es una pequeña fracción de la vida útil del ingeniero; por lo tanto, un buen programa debe no solo proporcionar al estudiante la consciencia de una vida de autoformación y desarrollo, sino las armas para lograrla.
- Un programa balanceado debe familiarizar al estudiante con los desarrollos más avanzados de su profesión en los campos científico y tecnológico.
- El programa debe estar de acuerdo con los objetivos de la institución o universidad, con la idiosincrasia de la comunidad y con la calidad y características del profesorado y del grupo estudiantil.
- Los puntos anteriores se pueden traducir en los siguientes objetivos:
- Formar un individuo culto, “a la altura de los tiempos” de que hablaba Ortega y Gasset, con un gran sentido de responsabilidad.
- Proporcionar al estudiante bases científicas adecuadas que le permitan dominar los materiales, los procesos y las transformaciones, así como entender las limitaciones y las aplicaciones de estos principios a problemas inherentes a su campo.
- Preparar al estudiante para realizar las funciones de análisis y diseño con capacidad para tomar decisiones después de estudios científicos y económicos críticos.
- Familiarizar al estudiante con las herramientas y técnicas más modernas y con los conocimientos para aplicarlas a nuestros problemas específicos, consciente de su utilidad en campos distintos a aquellos para los cuales fueron diseñadas.
- Dotar al estudiante de la habilidad para organizar sus pensamientos y expresarlos oralmente y por escrito en castellano, y ojalá también en otro idioma, de una manera concisa, objetiva, clara y convincente.

De acuerdo con lo anterior, pero sin tratar en ningún momento de establecer requisitos rígidos ya que lo que más se desea es experimentación en todos los campos, consideramos que los siguientes grupos de materias son de importancia capital en un programa de Ingeniería.

Ciencias básicas

Incluimos en esta categoría a las Matemáticas, la Física y la Química, ya que constituyen los cimientos de un programa de Ingeniería. Sugerimos que se dedique a estas materias el equivalente de dos y medio semestres de trabajo total en un programa de cinco años.

Matemáticas. Son a la vez un lenguaje, una herramienta y una disciplina intelectual formativa. Para cumplir con las necesidades de un ingeniero, creemos que el nivel mínimo debe ser el dominio completo de la teoría y el uso de ecuaciones diferenciales, complementado en la mayor parte de los casos por fundamentos de probabilidad, variable compleja, álgebra lineal, análisis vectorial y similares. El tiempo que se dedique a las Matemáticas debe ser aproximadamente la mitad del dedicado al total de las Ciencias Básicas.

Física. Los cursos de Física preparan al estudiante para el estudio posterior de las Ciencias de la Ingeniería, ofreciéndole una visión de conjunto que le permite apreciar las relaciones entre las mismas y, además, constituyen el primer campo en que el estudiante utiliza a cabalidad el método científico, a la vez analítico y experimental. Parece aconsejable que estos cursos no dupliquen en exceso los cursos posteriores y, por lo tanto, que pongan énfasis en los fenómenos submicroscópicos y en los principios de conservación. Una tendencia contemporánea recomendable consiste en eliminar la barrera artificial entre la “Física Clásica” y la “Física Moderna”.

Química. Los cursos de Química preparan al alumno para el estudio posterior de las propiedades de los materiales, la metalurgia, los combustibles, los fenómenos de corrosión y los procesos de la química industrial. Es aconsejable que se cubran los campos inorgánico y orgánico, debidamente coordinados con la “Física Moderna”, pero de una manera condensada y general, haciendo énfasis en los principios básicos y eliminando la descripción excesiva.

Ciencias socio-humanísticas

Comprenden áreas tales como Historia, Economía, Ciencia Política, Literatura, Sociología, Antropología, Ciencias de Comunicación, Filosofía, Psicología y Bellas Artes. Los objetivos principales de los cursos en estos campos deben ser: Llevar al estudiante al conocimiento de la situación presente en el desenvolvimiento de las ideas fundamentales que han preocupado a la humanidad, familiarizarlo con los métodos de estudio e investigación usados en estos campos y guiarlo en la consecución y desarrollo de una filosofía personal satisfactoria. Estimamos que entre uno y dos semestres de trabajo total, equivalente, en este campo podrían lograr los objetivos buscados.

Castellano e Idiomas

Los lenguajes a la vez que contribuyen a la formación integral del individuo, lo dotan de armas poderosas en su profesión. Los cursos de castellano deben despertar el interés por la buena lectura a la vez que proporcionar al estudiante habilidad para expresarse de una manera correcta tanto oralmente como por escrito. Los cursos en idiomas extranjeros deben limitarse a uno solo, que se deberá dominar con amplitud, en lugar de tratar de tener conocimientos superficiales en muchos idiomas. Aquellas lenguas en las cuales se publican las mayores contribuciones a la técnica y a la ciencia deberán ser las preferidas. Un semestre total del programa dedicado a estas disciplinas podría ser satisfactorio.

Ciencias de la Ingeniería

Se definen como Ciencias de la Ingeniería las disciplinas que comprenden principalmente el estudio de principios científicos básicos en el análisis y solución de situaciones y problemas de Ingeniería. Una clasificación corriente es la que sigue:

- Mecánica de los Sólidos (Estática, Dinámica y Resistencia de Materiales)
- Mecánica de los Fluidos
- Termodinámica
- Procesos de cambio y transferencia (Calor, masa y cantidad de movimiento)
- Ciencias Eléctricas (Campos, circuitos y electrónica)

- Propiedades de los Materiales (Relación de la estructura de las partículas y de los agregados con las propiedades de los materiales)

La lista anterior no significa que éstas serán siempre las Ciencias de la Ingeniería ya que es probable que otras resulten en un futuro no lejano. Se considera, sin embargo, que el estudiante de Ingeniería necesita adquirir entrenamiento en los seis campos nombrados en la forma que se considere más conveniente, aunque no necesariamente por cursos especiales sobre ellos ni por cursos comunes para todos los estudiantes. De acuerdo con la situación científica y tecnológica del país, estimamos que debe dedicarse a este campo el equivalente de uno a dos semestres de trabajo total.

Es conveniente anotar que las Ciencias de la Ingeniería usan los mismos principios que las Ciencias Básicas, pero aplicados al tipo de estructuras y problemas de interés en Ingeniería. Las Ciencias de la Ingeniería dan, además, mayor énfasis a la obtención de soluciones y a la interpretación de estas, para fundamentar los cursos de Análisis y Diseño. Por esta razón, los mismos principios científicos toman formas algo diferentes en Física Teórica o en Propiedades de Materiales, en Física Térmica o en Termodinámica.

Mecánica de los Sólidos

La Mecánica de los Sólidos está basada en leyes fundamentales de la Física aplicadas a problemas reales de Ingeniería. En esta ciencia la introducción simultánea a la metodología de la Ingeniería y al estudio de las leyes del movimiento, no es difícil y se presta, además, para abrir a todos los estudiantes el campo de las Ciencias de la Ingeniería.

Metodología. Uno de los pasos iniciales en la solución de un problema es la abstracción, mediante el uso de principios básicos de un modelo simple, pertinente a ese problema. Para obtener las respuestas deseadas, este modelo debe ser analizado con herramientas matemáticas dentro del marco de los principios físicos. Estas respuestas deben ser correlacionadas con el problema real. La Mecánica es una de las ciencias más apropiadas para revelar esta metodología a los estudiantes y como los modelos usados en ella son relativamente simples, el alumno que está empezando sus estudios los entiende sin dificultad.

Mecánica de Fluidos

Aunque la Mecánica de Fluidos remonta sus antecedentes históricos hasta los tiempos de Aristóteles, solamente hasta el siglo XVII inicia su verdadero desarrollo, tanto en el campo de la teoría hidrodinámica como en el de la hidráulica experimental. Muy pronto se formaron dos escuelas totalmente diferentes: una teórica que desarrollaba procedimientos matemáticos ideales sobre el flujo de fluidos y otra práctica que buscaba, con muy poca base científica, algunas reglas empíricas. No fue sino hasta fines del siglo pasado cuando se comenzó a ver la necesidad de acoplar la teoría con la práctica y viceversa. Nació entonces la moderna Mecánica de Fluidos, que a principios de este siglo fue definida y estructurada por Ludwig Prandtl. La Mecánica de Fluidos ha avanzado extraordinariamente en los últimos cincuenta años y se aplica en casi todas las ramas de la Ingeniería⁴.

Termodinámica

La Termodinámica analiza las transformaciones de la energía, las leyes que regulan tales transformaciones y los efectos de estas sobre las sustancias. El concepto de energía estaba inicialmente restringido a sus tipos potencial y cinético. La ciencia de la Termodinámica se desarrolló a partir de la necesidad práctica de entender algunos fenómenos sobre energía térmica y trabajo. Con la invención de la máquina de vapor fue posible transformar calor en trabajo y enunciar la primera ley y su corolario sobre la conservación de la energía. Posteriormente, se avanzó en la concepción teórica de esta ciencia al considerarse el gradiente de potencial térmico, después de la comprobación experimental de que el calor no fluye por sí solo de un cuerpo frío a uno caliente, lo cual constituyó la segunda ley de la Termodinámica; de esta se desprendieron numerosos corolarios y principios básicos que complementaron los conocimientos adquiridos previamente sobre las transformaciones de la energía y las propiedades de la materia.

Contenido. Puede considerarse que la parte básica de la Termodinámica ha sido satisfactoriamente cubierta cuando el estudiante ha comprendido y pue-

⁴ Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Párrafo modificado para facilitar la eliminación de los párrafos siguientes.

de utilizar los conceptos, ecuaciones y técnicas fundamentales. De estos, los más importantes son los siguientes:

- La escogencia del sistema que mejor se adapta a cada tipo de análisis. Las definiciones de calor y trabajo, que son funciones de la “trayectoria” seguida por el proceso.
- Las ecuaciones que expresan la dependencia individual del trabajo y calor con la “trayectoria” y la independencia de su suma; las expresiones matemáticas de la primera ley.
- El concepto de transferencia de masa a un sistema, el de sistema abierto y el de trabajo de flujo.
- El diagrama tridimensional, presión-volumen-temperatura, del agua junto con los conceptos de estado, sustancia pura, fase, propiedades específicas, saturación, etcétera; la tabulación de las propiedades y el concepto de que el estado de una sustancia pura está determinado en muchos casos por dos de sus propiedades, independientes entre sí.
- La ecuación de estado de los gases ideales; la descripción de los procesos más importantes; la entalpía, la energía interna y los calores específicos.
- Las ecuaciones de estado de los gases reales.
- El enunciado y significado de la segunda ley.
- La entropía como propiedad, las relaciones que determinan los cambios de entropía en procesos reversibles e irreversibles y el aumento de entropía en los sistemas aislados; los estados de equilibrio y los gradientes de presión y de temperatura.
- Los conceptos sobre calor aprovechable y no aprovechable; su representación gráfica en procesos reversibles.

Procesos de cambio y transferencia

El ingeniero encuentra con frecuencia problemas relacionados con procesos de cambio y transferencia como los de masa, calor y cantidad de movimiento. Los ingenieros eléctricos los enfrentan al diseñar los sistemas de refrigeración de maquinaria y al calcular las pérdidas en conductores de alto voltaje o al estudiar los semiconductores. El ingeniero mecánico los resuelve en los campos de máquinas de combustión interna, generación de vapor, refrigeración y ventilación. El ingeniero civil los considera en el fraguado de concreto,

en los problemas de infiltración y evaporación en sistemas de riego y en el tratamiento de aguas negras. Los ingenieros químicos tratan estos problemas en evaporación, condensación, calentamiento y enfriamiento, en reacciones químicas o en fenómenos de mezcla y separación de sustancias.

Todos estos problemas tienen varios elementos en común como son el cambio de una propiedad física con el tiempo y la existencia de un factor “potencial” desbalanceado. Este hecho, sumado a la necesidad de considerar la velocidad con que se suceden los procesos de cambio y transferencia, aconseja modificar el tratamiento usual dado a ellos. Tradicionalmente en los programas de Ingeniería se presentan ejemplos aislados de estos procesos, perdiéndose el sentido de unidad que podría lograrse haciendo uso de las analogías que existen entre ellos, especialmente los conceptos de velocidad de cambio, de flujo, de potencial, de resistencia y de capacidad.

Metodología. Los conceptos de los procesos de cambio y transferencia deberán ser presentados en forma tal que utilicen al máximo las habilidades y conocimientos matemáticos del estudiante.

Ciencias Eléctricas

Las Ciencias Eléctricas comprenden el estudio de los fenómenos eléctricos de interés en Ingeniería y forman una rama relativamente extensa que constituye el núcleo de los programas modernos de Ingeniería Eléctrica. En los países más avanzados la Ingeniería Eléctrica y las Ciencias Eléctricas dan lugar a carreras diferentes aunque relacionadas entre sí. Debido al desarrollo y extensión de estas ciencias, su enseñanza a ingenieros de otras especialidades es particularmente difícil.

Propiedades de los Materiales

Con los modernos desarrollos técnicos, la ciencia de las Propiedades de los Materiales ha tenido cada vez mayor incidencia en las diferentes ramas de la Ingeniería. Por una parte las exigencias cada vez más rigurosas impuestas a los materiales, ha hecho necesario un estudio más científico de su naturaleza y de sus propiedades y, por otra parte, la aparición de nuevas técnicas ha desarrollado la creencia en la importancia y el poder de los principios científicos básicos para coordinar el cuerpo de los conocimientos que constituye esta ciencia.

La evolución de los métodos empíricos a los métodos científicos ha ocurrido en todas las ramas de la Ingeniería y ha logrado resultados impredecibles. Por ejemplo el estudio de las imperfecciones en los cristales trajo como consecuencia el desarrollo del transistor y otros aparatos de estado sólido. Estas consideraciones destacan la conveniencia de incluir en los programas de Ingeniería el estudio de las Propiedades de los Materiales.

Método. Existen dos métodos distintos para estudiar las Propiedades de los Materiales. Uno es empírico y esencialmente práctico, y conduce a lo que se puede llamar la Tecnología de los Materiales. El otro es teórico y consiste en el estudio de la Física del Estado Sólido. Es conveniente anotar que ambos métodos son complementarios y se prestan a ayuda mutuamente. Para el ingeniero lo más adecuado sería establecer un nivel de enseñanza intermedio entre las dos tendencias, que no sea exclusivamente descriptivo, ni exclusivamente teórico y que utilice extensivamente la Física, la Química y las Matemáticas.

Análisis y Diseño

Introducción

Consideramos que aproximadamente una cuarta parte del programa de Ingeniería debe dedicarse a este campo, cuyas características analizamos a continuación. Una de las metas principales de una Facultad de Ingeniería debe ser proporcionar a sus estudiantes una educación orientada hacia las fases creativas y prácticas de diseños económicos que envuelvan análisis, síntesis, desarrollo e investigación. Una educación de este estilo no se consigue solamente profundizando dentro de un determinado campo, sino más bien, articulando adecuadamente el desarrollo del programa.

Hasta hace muy poco tiempo, el estudio del diseño se limitaba a la revisión de las prácticas en boga. En la actualidad, debido a la rapidez con que avanzan la Ciencia y la Técnica, esta forma de estudio del diseño es, no solo práctica, sino nociva. El ingeniero, además de poseer competencia técnica adecuada, debe tener capacidad creativa, deseo de atacar problemas difíciles y nuevos, entereza para aceptar las responsabilidades que dichos problemas traigan consigo, y habilidad para integrar los principios científicos necesarios en la solución de problemas complejos. Si estas caracterís-

ticas no se estimulan y desarrollan en la Universidad, los nuevos profesionales probablemente no pasen de ser técnicos más o menos competentes.

Significado de Análisis y Diseño

En Ingeniería, el análisis no consiste solamente en el uso de las matemáticas para investigar el comportamiento de sistemas existentes o potenciales, sino que también incluye el uso de la información acumulada por la experiencia y de todos los métodos y técnicas experimentales de las diferentes Ciencias de la Ingeniería.

El diseño incluye los procesos de síntesis, comparación y evaluación necesarios en la obtención de la solución deseada, así como los cambios y modificaciones que se realicen con el fin de establecer balances adecuados entre costos, eficiencia, especificaciones y conveniencia. No debe confundirse con el dibujo, que aunque es un elemento conveniente para expresar con claridad las ideas y los resultados del proceso de Análisis y Diseño, no es indispensable en todos los casos.

Aunque se hable de Análisis y Diseño como dos entidades diferentes, debe recalcar que las dos están íntimamente ligadas y se caracterizan por procesos mentales similares. Como componentes básicos de Análisis y Diseño se pueden enumerar los siguientes:

- Definición del problema. Debe comprender un enunciado claro y preciso de los objetivos y características del problema que se quiere resolver.
- Búsqueda de alternativas. En el análisis las alternativas son los diferentes métodos que se pueden usar en el proceso investigativo; en el Diseño –proceso creativo– son las distintas posibilidades que pueden satisfacer los objetivos propuestos.
- Simplificación o eliminación de todas las partes no esenciales. En este paso se busca la obtención de un modelo que, por su simplicidad, se presta al análisis y la creación de una estructura básica a la cual se puedan subordinar los detalles del diseño.
- Evaluación y selección. En este paso se consideran los resultados del análisis y las implicaciones del diseño en relación a los objetivos iniciales y se toman decisiones basadas en estas comparaciones.

Todo el proceso de Análisis y Diseño debe caracterizarse por una concepción completa y flexible del problema, por facilidad en el uso de los principios fundamentales, por curiosidad constante en identificar todos aquellos factores que puedan influenciar favorable o desfavorablemente la solución y por el deseo de aprender y adquirir experiencia.

Modalidades básicas del pensamiento

Antes de dar algunas recomendaciones sobre la manera como se deberían tratar las materias de Ingeniería para que el estudiante desarrolle o amplíe sus facultades creativas e investigativas, es conveniente ver las modalidades del pensamiento o pasos que se efectúan al analizar y al diseñar algo.

El análisis incluye algo más del significado de la palabra análisis. De la misma manera diseño no es solo síntesis. Ambos incluyen “análisis”, “evaluación” y “síntesis” que son modos de pensar más o menos independientes entre sí. De estos modos de pensar el “análisis” es el primero que el hombre adquiere: una vez vistos objetos se pasa a compararlos o “evaluarlos”, y por último viene la “síntesis”, o sea la integración de partes conocidas para obtener un todo nuevo.

Los sistemas educativos vigentes, en general, no contribuyen a desarrollar la habilidad para efectuar estas operaciones en la forma coordinada que demanda el ejercicio profesional de la Ingeniería. Por este motivo, es de gran importancia orientar la enseñanza de la Ingeniería hacia la formación de profesionales hábiles y con imaginación para resolver, además de los problemas de rutina, la multitud de problemas nuevos que se presentan en todos los campos de nuestra sociedad actual.

Educación del ingeniero en Análisis y Diseño

Para desarrollar en el estudiante la facultad de “síntesis” ningún curso debe ser enteramente analítico, sino que en proporción más o menos variable, según la materia de estudio, debe incluirse el diseño o síntesis. Esta integración de la síntesis en las materias de la Ingeniería no es una cuestión fácil, sino algo que tomará gran cantidad de tiempo y esfuerzo. Una revisión del programa en sí, no es la solución completa del problema. Hay que corregir principalmente la metodología y hacer que los cursos no sean meramente descriptivos ni unidades aisladas, sino que contribuyan como un todo integrado a desarrollar cua-

lidades profesionales en el estudiante. El profesor no debe dar un tratamiento teórico excesivo a sus cursos. Algunos profesores creen que deben exponer su cátedra en forma elegante y en los términos más generales posibles. Esta presentación sofisticada de conceptos abstractos, sin mucha relación con el mundo material, trae como consecuencia que el alumno:

- No reconozca la diferencia entre la realidad y el modelo conceptual que usa.
- Crea que todo problema debe ser solucionado por métodos teóricos, más que todo por el papel distorsionado que pueden llegar a jugar las Matemáticas.
- Se preocupe tanto con las soluciones generales que al encontrar un problema simple se vea casi perdido.
- Le falte habilidad para identificar problemas de diseño.

Por otra parte, los cursos deben estar orientados al desarrollo de la imaginación del alumno. Para este efecto, es conveniente que no se limiten a determinada materia, sino más bien que obliguen al estudiante a usar otras materias relacionadas.

Los problemas en clase no deben ser todos sobre puntos en la reunión anterior, sino más bien problemas amplios que traten de cubrir la totalidad del material estudiado. Las tareas, aparte de cubrir el material visto en clase, deben ser de orden práctico y preferiblemente sobre problemas encontrados en la vida profesional del profesor o de sus asociados. Para este efecto sería bueno tener un “archivo de experiencias profesionales” al cual los profesores puedan acudir para ilustrar su clase y mostrar a los estudiantes las interrelaciones entre los diferentes campos de la Ingeniería.

Los proyectos de Análisis y Diseño deben ser escalonados, es decir, más difíciles y más extensos a medida que avanza el curso. Para estimular la imaginación se pueden exigir varias soluciones, dar más datos de los requeridos, o dejar de dar algunos datos. El estudiante debe decidir qué datos son necesarios y cuáles no son pertinentes, escoger el método de trabajo, hacer y justificar las suposiciones necesarias, y seleccionar la mejor solución.

Se debe infundir al estudiante la idea de que un ingeniero debe solucionar sus problemas por métodos científicos y que estos no son solo los métodos matemáticos, sino también los experimentales, que son algunos casos, mejores o más rápidos.

En los cursos avanzados debe enseñársele al estudiante a valorar las soluciones a la luz de las tolerancias y restricciones impuestas en el enunciado, incluyendo economía, durabilidad y utilidad y a presentar los resultados y conclusiones en forma profesional por medio de informes orales o escritos.

Se pueden también establecer cursos de proyectos especiales, en los cuales se trataría de estudiar problemas y condiciones típicos de las oficinas de diseño o de la industria. Los proyectos estudiados deberían variarse todos los años, escogiendo siempre aquellos de mayor importancia y actualidad, en los cuales se destaque la individualidad de los problemas de Ingeniería. En un curso de esta naturaleza los estudiantes tendrían que tomar la iniciativa y el profesor les prestaría únicamente la ayuda que un jefe de sección en cualquier oficina es podría brindar.

Por último, es de importancia capital destacar en todos los cursos el papel que juegan el criterio y buen juicio del ingeniero en la valoración de los intangibles que afectan cualquier diseño, tales como los factores culturales y estéticos y las consecuencias sociales y políticas.

Otras materias técnicas

Comprenden cursos de otra especialidad, familiarización con herramientas y procesos, el dibujo y la geometría descriptiva, administración, finanzas y economía aplicada. Ejemplos de los primeros, son los cursos de Ingeniería Eléctrica para los estudiantes de Civil y Mecánica, y del segundo grupo los cursos elementales de Computación Electrónica. Es nuestra impresión que en estos dos tipos de cursos debe hacerse énfasis en las ideas fundamentales, los principios y los métodos, más que el conocimiento de máquinas y aparatos especiales que pueden volverse obsoletos en muy corto plazo.

El dibujo y la geometría descriptiva son una forma de expresión y un medio para el Análisis y la Síntesis. No se cree que su valor principal sea desarrollar la habilidad artística del estudiante, sino más bien su habilidad para visualizar en tres dimensiones, crear con imaginación y transmitir ideas especialmente por dibujos a mano alzada.

Los cursos del último grupo pueden ser componentes valiosos de un programa de Ingeniería, pero no debe reemplazar a cursos en las Ciencias socio-humanísticas, sino que deben ser esencialmente técnicos y aplicados a los problemas de Ingeniería. Aproximadamente el equivalente de un se-

mestre del programa dedicado a estas materias podría ser un tiempo apropiado.

Laboratorios

Consideramos que los laboratorios, aun los más elementales, deben contribuir sustancialmente a la enseñanza del método experimental y, por lo tanto, se deben tratar de eliminar hasta donde sea posible, aquellos experimentos normalizados en que el estudiante de manera automática realiza una serie de mediciones o adquiere simplemente destreza en el manejo de equipos, a cambio de ejercicios en los que se observen fenómenos y se busquen explicaciones, se prueben teorías y se noten sus limitaciones o contradicciones, o por experimentos que proporcionen información esencial y en los cuales se interpreten adecuadamente los resultados.

Entrenamiento práctico

Los muy diversos campos de actividad que se abren al ingeniero, así como la necesidad de aprovechar las capacidades de cada individuo en aquellos de su mayor competencia, hacen aconsejable organizar programas de entrenamiento práctico.

Consideramos que existen dos tipos de entrenamiento práctico: uno que debe ser proporcionado por las industrias en cada caso particular y otro que debería ser dado como una parte integral del programa de estudios por las universidades con asistencia de las asociaciones profesionales y las industrias. En este artículo solo podemos ocuparnos, si bien brevemente, del segundo.

Se han mencionado varias maneras de llevar a cabo este entrenamiento entre las cuales merecen destacarse los programas cooperativos –períodos de trabajo de uno o más semestres mezclados con períodos similares de clases– y los trabajos de vacaciones. En cualquiera de los casos, mucho falta por adelantar y definir, por lo cual nos limitaremos a anotar las siguientes consideraciones como puntos de partida para estudios posteriores:

- El programa debe ser organizado de tal forma que resulte en máximo beneficio para todos y cada uno de los elementos participantes.
- El tipo de trabajo debe dejar al estudiante suficiente libertad para utilizar su iniciativa y sus capacidades.

- Al final de cada programa, los estudiantes deben presentar informes a los representantes de las industrias y del profesorado con el fin de aportar formas de comparación y evaluación de los resultados.
- Las universidades deben brindar al estudiante cursos o programas que le permitan ampliar sus conocimientos en ciertas áreas que hayan despertado su interés.
- Deben idearse maneras de considerar y dar valor a estos períodos de entrenamiento práctico dentro del programa de cada especialidad. Una posibilidad sería asignarles un número reducido de créditos, aplicables a las materias técnicas opcionales.

Conclusiones⁵

El informe anterior propone un programa de Ingeniería diferente de los anteriores en los siguientes puntos:

- Mueve el centro de gravedad de los programas de Ingeniería de las Ciencias Básicas (las cuales conservan la misma o mayor importancia absoluta) a las Ciencias de la Ingeniería.
- Presenta diferentes formas de enseñar los cursos aplicados de Ingeniería, integrando adecuadamente el Análisis y el Diseño, aunque sin variar fundamentalmente el contenido de dichos cursos.
- Promueve una mayor flexibilidad en los programas, caracterizada por materias opcionales que persiguen objetivos determinados a priori.
- Demanda la inclusión de algunos cursos nuevos, hecho que llevaría a la eliminación de algunos antiguos. Cada facultad de Ingeniería debe estudiar cuidadosamente estos pasos con el fin de lograr el programa más adecuado a las necesidades del país, al profesorado de que dispone y al nivel de estudiantes que solicitan admisión y son aceptados.

⁵ Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Este documento se presenta para proporcionar a los directivos y profesores de las facultades de Ingeniería la oportunidad de comparar sus actuales programas con los que entraron en vigencia en Uniandes hace ya medio siglo. La conclusión que vale la pena recalcar es la necesidad de examinar e investigar continuamente la adecuación de los programas a los nuevos desafíos que le plantean a la ingeniería los adelantos de la ciencia y la tecnología (por ejemplo la nanotecnología y la biotecnología) y los requerimientos de la sociedad (por ejemplo, el desarrollo ambientalmente sostenible).

Enseñanza de una Ingeniería para el desarrollo y sus relaciones con la comunidad y la profesión^{*1}

Profesores e investigadores de la Facultad de Ingeniería

Eduardo Aldana	Decano, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1957; M.S. Universidad de Illinois, 1958.
Fernando Acosta	Vicedecano Administrativo, Ingeniero Aeronáutico, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1956 y 1957, respectivamente.
Carlos J. Amaya	Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Pittsburgh, 1957. Estudios de Postgrado, Universidad de Pittsburgh, 1957 – 1963.
Francisco de Vengoechea	Jefe del Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Cornell University – 1963; M.S. Cornell University, 1964.
Héctor Prada	Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial, Químico Universidad Nacional, 1952; Curso de Ingeniería Industrial, Universidad de Illinois, 1955, Administración de Empresas, Escuela de Administración de Harvard, 1964.
Laszlo Szekessy	Jefe del Departamento de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Mecánico, Universidad de Budapest, 1950; M.A. Sc. Universidad de British Columbia, 1961.
Carlos Angulo	Director del C.E.T.I.H., Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Pittsburgh, 1958; M.S. Universidad de Pittsburgh, 1959.

^{*} *Palabras clave.* Profesorado en 1966, Uniandes en 1966, Investigación de problemas críticos, Educación continuada, Excelencia académica para el desarrollo.

¹ Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. Octubre de 1966

Germán Herrán	Director del C.I.C., Ingeniería Civil, Universidad Nacional, 1963; M.S., M.I.T., 1965.
Fanny de la Rotta	Secretaria General, Arquitecta, Ingeniera Civil, Escuela de Minas, Medellín, 1953 y 1957, respectivamente.
Gennaro Accongiagioco	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Civil, Universidad de Roma, 1963. Estudios de postgrado en Ingeniería de Transportes y Estructuras, Universidad de Roma, 1963 – 1964.
Wuibbo Boiten	Investigador de tiempo completo, experto del Programa de Asistencia – Técnica de Holanda, Ingeniería Hidráulica, H.T.S. Groningen, 1960.
Gabriel Cuervo	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1961; M.S., Universidad de Illinois, 1964.
Enrique Devis	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1961; M.S., Universidad de Illinois, 1965.
Tjerk Douma	Profesor de tiempo completo, Experto Jefe del Programa de Asistencia Técnica de Holanda, Ingeniero Hidráulico; M.S., Universidad Técnica de Delft, 1959.
Guillermo Duque	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Kansas, 1961.
Hernando Durán	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1961, M.S., Universidad de Illinois, 1963.
Fabio R. González	Investigador Asistente de tiempo completo, Ingeniero Civil, M.I.T., 1966.
Ricardo Rueda	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Industrial, Universidad de Columbia, 1958; Universidad de Heidelberg 1959, R.E.F.A., Technische Hochschule

	Darmstadt, 1962, D.I.C. Imperial College, Londres 1963.
José Darío Velásquez	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Civil, Universidad Javeriana, 1962, M.S., y Civil Engineer, Stanford University, 1964 y 1966, respectivamente.
Alejandro Zapata	Profesor de tiempo completo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1960; M.S. Administración Industrial M.I.T. 1966.
Jorge Zapp	Instructor de tiempo completo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes, 1965.
Jorge Castrillón	Profesor de medio tiempo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad de Pittsburgh, 1964.
Álvaro Duarte	Profesor de medio tiempo, Ingeniero Químico, Universidad Nacional, 1952.
José I. Rengifo	Profesor de medio tiempo, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de New Mexico, 1962. Estudios de postgrado, Universidad de New Mexico, 1963.
Francisco Rodríguez	Profesor de medio tiempo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad Técnica de Dresden, 1961; Diplomado Ingeniero Universidad Técnica de Dresden, 1963.
Álvaro Reyes	Instructor de medio tiempo, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes, 1965.
Hernán Beltz	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad Javeriana, 1962, M.S., M.I.T., 1963.
Juan R. Bernal	Profesor externo, Ingeniero Químico y M.S., M.I.T. 1963 y 1964, respectivamente.
Jorge Esguerra	Profesor externo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1956.

Mauricio García	Profesor externo, Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1965.
Carlos García-Reyes	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1955; M.S. Administración Industrial, M.I.T. 1965.
Enrique Kerpel	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad Nacional, 1959; Director del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional.
Rafael Mariño	Profesor externo, Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Notre Dame, 1963.
Santiago Monge	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Notre Dame, 1962.
Gustavo Tovar	Profesor externo, Ingeniero Químico, Universidad Nacional, 1954; estudios de postgrado, Columbia University y Newark College, 1963.
Alberto Sarria	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad del Cauca, 1961.
Guillermo Yepes	Profesor externo, Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Illinois, 1960; M.S., Universidad de California, 1963.

Profesorado en entrenamiento avanzado

Luis Enrique Amaya	Ingeniero Civil, Universidad de los Andes y Universidad de Notre Dame 1960; M.S. Universidad de Notre Dame 1962; estudios hacia el doctorado, Universidad de Notre Dame, regresa en septiembre de 1968.
Arturo Infante	Ingeniero Industrial, Universidad de Santander, 1962; M.S. Pennsylvania State University, 1963; estudios hacia el doctorado, Stanford University, regresa en noviembre de 1966.
Fernando Navas	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y M.I.T., 1961; M.S.; M.I.T. 1963; estudios hacia el doctorado, Case Institute of Technology, regresa en septiembre de 1968.

Alfonso Rueda	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y M.I.T.; M.S.; M.I.T., 1963, estudios hacia el doctorado, Cornell University.
Rodrigo Querubín	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes y Universidad de Pittsburgh, 1963; M.S. Universidad de Pittsburg, 1965; estudios hacia el Magister en Ingeniería Electrónica, Instituto Internacional de la Philips, regresa en 1968.
Ulpiano Ayala	Ingeniero Civil, Universidad de los Andes, 1966; estudios hacia el Magister, Stanford University, regresa en agosto o diciembre de 1967.
Giovanni Carnasciali	Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes, 1965; estudios hacia el Magister, M.I.T.; regresa en agosto de 1967.
Xavier Caro	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes, 1966; estudios hacia el Magister, Universidad de Pennsylvania, regresa en agosto de 1967 o enero de 1968.
Manuel I. Dussán	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes, 1966; estudios hacia el Magister, Universidad de Illinois, regresa en agosto de 1967 o enero de 1968.
Andrés Meleg	Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes, 1965, estudios hacia el Magister, Universidad de Illinois, regresa en enero de 1967.
Terence Sowards	Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes, 1965; estudios hacia el Magister, Universidad de New Mexico, regresa en agosto de 1967.

La Universidad de los Andes

La Universidad de los Andes, fundada en 1949, es una institución privada, sin ánimo de lucro, independiente y apolítica, dedicada a la investigación científica y al desarrollo de la cultura general. La Universidad está regida por un Consejo Directivo, un Rector, un Vicerrector y un Consejo Académico; a nivel de las Facultades, la dirección está constituida por un Consejo propio y un Decano. La Universidad está integrada por las siguientes facultades:

Facultad de Artes y Ciencias

Comprende entre otros los Departamentos de Física, Matemáticas, Humanidades, Lenguas Modernas, Antropología, Química, Biología y Ciencias Políticas.

Facultad de Filosofía y Letras

Facultades profesionales de Ingeniería, Económica y Arquitectura

Desde hace algunos años funcionan en la Universidad varios centros de investigación que integran y complementan sus principales facultades. En Ingeniería, el Centro de Computación y el Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas; en Arquitectura, el Centro de Planificación y Urbanismo y en Economía, el Centro de Estudios sobre el Desarrollo Económico. La Universidad ofrece programas de postgrado en Biología y Economía y cursos de actualización y perfeccionamiento para profesionales en los campos de Ingeniería y Administración.

La Universidad de los Andes ha alcanzado un sólido prestigio en Colombia y en el exterior por la calidad de los profesionales que ha formado; el nivel académico de sus programas, el ambiente de responsabilidad y estudio que caracteriza a sus alumnos, las innovaciones que ha introducido en la enseñanza superior y el énfasis dado desde su fundación al establecimiento de aquellas carreras más útiles para el progreso social, técnico, científico y cultural del país.

La Facultad de Ingeniería

Desarrollo histórico

Los fundadores de la Universidad, conscientes de las necesidades del país y de la escasez de profesorado idóneo en ciertas ramas de la Ingeniería, establecieron inicialmente un programa de intercambio con prestigiosas universidades de los Estados Unidos, por medio del cual los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, después de cinco semestres en Colombia, terminaban sus estudios en cualquiera de dichas universidades.

En 1958, la Facultad dio comienzo al estudio de su expansión y en 1959 adicionó un semestre al plan de estudios en Colombia. Durante los años siguientes se continuaron estos estudios y se aumentó notablemente tanto el

profesorado, como el personal administrativo de la Facultad. Finalmente, en 1963, el Consejo Directivo aprobó los programas completos para la terminación de las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, por considerar que están entre las especialidades de mayor importancia para el desarrollo actual del país. Este cambio empezó a tener efecto en enero de 1964 y la primera promoción de 15 estudiantes con estudios totalmente realizados en la Universidad de los Andes, terminó en diciembre de 1965.

Estado actual

Dentro de la Universidad, la Facultad de Ingeniería cuenta con el mayor número de estudiantes, cerca de 600; este número incluye aquellos que están cursando los dos años iniciales del programa de la Facultad de Artes y Ciencias que constituyen la base común de estudios generales requeridos en los programas de Ingeniería.

La Facultad ofrece estudios completos en las cuatro especialidades ya mencionadas. Brinda, además, la oportunidad a estudiantes interesados en otras especialidades, de cursar los tres años básicos de Ingeniería para luego terminar en otras universidades del país o del extranjero. Cuenta para todos sus programas, docentes con los servicios que le ofrece la Facultad de Artes y Ciencias y con sus propios profesores, cuya lista se incluye al comienzo de este informe.

Para financiar los costos de inversión requeridos por su programa de expansión, la Facultad solicitó y obtuvo en fecha reciente una valiosa donación de la Fundación Ford y un importante préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo. Aquella le ha permitido, principalmente, ampliar la biblioteca técnica, adquirir equipos, contratar profesores visitantes extranjeros y perfeccionar aún más a su profesorado por medio de becas en el exterior. El préstamo antes dicho le permitirá construir un edificio apropiado a las necesidades de la Facultad en su nueva etapa y disponer de laboratorios modernos, eficientes y bien dotados para la enseñanza y la investigación.

Aún después de la ampliación de los programas en Ingeniería Eléctrica, Mecánica, Civil e Industrial, la Facultad sigue manteniendo estrechas vinculaciones con centros docentes de los Estados Unidos, tales como la

Universidad de Illinois y el MIT Con la primera, proyecta iniciar programas conjuntos de investigación y estudios de postgrado que complementen el intercambio de estudiantes, iniciado desde 1951. Con el segundo, la colaboración se efectúa a través del Programa Interamericano de Ingeniería Civil de ese Instituto.

Recientemente la Facultad se ha vinculado a centros docentes europeos, entre los cuales se destaca el Laboratorio de Hidráulica de Delft; por medio del cual, el Gobierno Holandés está ofreciendo una valiosa colaboración a la Facultad con el envío de dos ingenieros hidráulicos para una permanencia de cuatro años, como asesores del Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas. La asistencia técnica del Gobierno de Holanda comprende, además, el envío de profesores para cursos cortos de postgrado, la dotación parcial del laboratorio de hidráulica, de una biblioteca especializada y becas para entrenamiento de profesores. La Embajada de Francia, por otra parte, ha patrocinado por dos años la visita de profesores franceses para cursos cortos sobre electrónica. Se espera que este programa de gran valor docente será continuado y ampliado por el Gobierno de Francia en los años venideros.

Objetivos de la Facultad

La Facultad de Ingeniería considera que ha cumplido satisfactoriamente los objetivos de su primera etapa de desarrollo, que consistieron en integrar y adaptar lo mejor de las metodologías docentes americanas y europeas; propiciar cambios fundamentales en los métodos de enseñanza de la Ingeniería en Colombia, haciendo más flexibles y eficientes los programas de estudio; desarrollar un equipo básico de profesores universitarios y brindar a la nación cerca de cuatro centenares de profesionales idóneos y especializados en las más diversas ramas de la Ingeniería. Aspira ahora a justificar su existencia en las próximas décadas, manteniendo viva y real su tradición de excelencia como centro de vanguardia y de constante experimentación educativa, haciendo más eficiente el papel que corresponde a una facultad de Ingeniería como factor de cambio social y como agente importante en la implantación de la tecnología moderna que el proceso de desarrollo requiere. Dentro de esta ambiciosa, pero necesaria aspiración se han fijado las siguientes metas a corto plazo.

- Establecer un programa dinámico que destaque mucho más la *responsabilidad social* del ingeniero, incorpore a la metodología de la enseñanza de la Ingeniería la *capacidad creadora* del estudiante y en general, utilice las herramientas de la ciencia para aumentar su capacidad de decisión dentro de una consideración integral de los sistemas políticos, sociales y económicos.
- Contribuir al desarrollo de la comunidad, *investigando* sus problemas fundamentales y proponiendo métodos y sistemas para resolverlos con mayor eficiencia y rapidez.
- Colaborar con el Gobierno, la industria, las firmas de ingeniería y los ingenieros particulares en la *actualización* de la práctica de la Ingeniería por medio de cursos de extensión y perfeccionamiento para profesionales.
- Formar un profesorado de elevadas cualidades, capacitado para adelantar proyectos aún más ambiciosos en la enseñanza y en la investigación. El resultado más importante de este propósito, será la creación de una escuela para graduados.

La investigación aplicada

Dentro de su objetivo de servicio a la comunidad, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes ha sido una de las primeras del país en iniciar programas de investigación aplicada. Los programas de investigación que ha llevado y está llevando a cabo se caracterizan por el interés académico y docente que ellos tienen para sus profesores y alumnos y por la utilidad práctica que representan para quienes los han financiado. Ellos exigen también, la adecuada aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos modernos a la solución de problemas específicamente nacionales.

Los proyectos de investigación se realizan, tanto dentro de los departamentos docentes (Ingeniería Civil, Eléctrica, Industrial y Mecánica), como en los centros de investigación de la Facultad (Centro de Computación y Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas). Estos centros están organizados para contratar y prestar servicios profesionales en aquellos campos y actividades que requieren, en sus estudios, complejos equipos de investigación, de laboratorio y un personal altamente calificado. Su objetivo no es, claro está, competir con las firmas profesionales de ingenieros consultores, sino por el

contrario, colaborar con ellas y llenar los vacíos que existen en la investigación aplicada y la asesoría técnica avanzada. Se prevé que algunos proyectos interdisciplinarios se llevarán a cabo en colaboración con otros centros de investigación de la Universidad, tales como el Centro de Estudios sobre el Desarrollo Económico (CEDE) y el Centro de Planificación y Urbanismo (CPU)

Proyecto en ejecución

Esta es una muestra de la variedad de los proyectos que ejecuta actualmente la Facultad:

- Regulador automático de voltaje, diseño y construcción.
- Motor rotatorio de combustión interna, diseño y construcción de un prototipo de bajo costo.
- Utilización de computadores electrónicos en el diseño de distritos de riego.
- Aplicación de técnicas avanzadas de planeación y control en la construcción de edificios.

La Facultad proyecta ampliar aún más su programa de investigación con el objeto de ofrecer sus servicios a las entidades oficiales e internacionales, a las industrias, a las firmas de ingenieros consultores y constructores y a las empresas comerciales. Los siguientes campos son los de mayor interés para la Facultad en el presente:

- Aplicación de computadores en sistemas de tráfico y transportes; en planeación, diseño y operación de sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Planeación y control de la construcción, de la producción y el mantenimiento de complejos industriales por métodos de computación electrónica.
- Uso de técnicas cuantitativas en la administración, incluyendo aplicaciones de la investigación operacional.
- Diseño y desarrollo de prototipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.
- Diseño, construcción y análisis de modelos hidráulicos.
- Planeación del desarrollo y utilización de cuencas hidrográficas.

La actualización y perfeccionamiento de profesionales

Ninguna época como la actual ha demostrado la necesidad de ofrecer a los profesionales graduados, la oportunidad de mantenerse al día con los avances de la ciencia y la tecnología. La magnitud del problema ha sido definida por notables científicos del mundo, cuando han pronosticado que dentro de unos diez años será obligatorio para todo profesional de las carreras técnicas, matricularse de nuevo en las Universidades, en cursos que les demandarán la asistencia de un día a la semana. Por consiguiente, se debe disponer de medios para ayudar al profesional técnico a vencer esta situación crítica y evitar que:

- Su período de vida profesional útil se reduzca drásticamente con un consiguiente aumento en el déficit de estos profesionales.
- La utilización de técnicas, equipos y métodos modernos se retarde injustificadamente o se haga ineficiente.
- La experiencia ganada en el ejercicio profesional se malogre en gran parte por la deficiencia técnica y no pueda ser aprovechada adecuadamente por la comunidad.

Consciente de esta necesidad, la Facultad de Ingeniería estableció desde 1963, como parte del programa de Extensión Universitaria de la Universidad, los cursos de Actualización y Perfeccionamiento para Profesionales. Los siguientes cursos han sido ofrecidos hasta el momento:

- Utilización de Computadores en el Análisis de Transporte.
- Introducción a los Métodos de Computación Electrónica. Potencia Eléctrica: Componentes Simétricos y sus aplicaciones a estudios de fallas.
- Uso de Computadores en el análisis de Estructuras.
- Diodos en Microondas.
- Aplicación de Computadores Electrónicos a Problemas de Ingeniería Sanitaria.
- Aplicación de Computadores Digitales a Sistemas de Potencia Eléctrica.
- Análisis e Interpretación de Fotografías Aéreas en Ingeniería.
- Sistemas Manuales de Planeación y Control de Construcción (Secuencia Crítica).

Dentro de este mismo espíritu de servicio a la comunidad, la Facultad ha planeado iniciar un vasto programa de difusión de las técnicas cuantita-

tivas en la administración industrial. Este programa, dirigido primordialmente a los altos ejecutivos, comprendería seminarios de corta duración (uno o dos días), cursos intensivos de un par de semanas, cursos medios de cuatro semanas y posiblemente programas completos de un año de duración

Con el fin de hacer cada vez más útiles estos cursos, la Facultad solicita a los organismos oficiales, a las asociaciones profesionales y gremiales, a la industria y a los ingenieros en general, que le manifiesten sus ideas, sugerencias y necesidades sobre este tipo de programas, los temas que consideren de mayor urgencia y la distribución anual y el horario que los harían más apropiados. Los interesados en recibir información sobre los cursos futuros pueden dirigirse, indicando su campo de interés, al Director de Cursos de Actualización y Perfeccionamiento para Profesionales de Ingeniería.

La contribución nacional

En los convenios suscritos con la Fundación Ford y el Banco Interamericano de Desarrollo, la Universidad se comprometió a cubrir los costos de operación de la Facultad. Hasta el presente los fondos para operación de la Facultad y de la Universidad han provenido de las siguientes fuentes, en su orden de magnitud:

- Ingresos por matrículas de los estudiantes.
- Donaciones de la industria, las empresas y los particulares.
- Contribución del Gobierno Nacional.
- Ingresos por contratos de investigación.

La Facultad tiene plena confianza en que las tres últimas fuentes de ingresos aumentarán notablemente durante los próximos años a fin de cubrir los crecientes costos de su expansión. En este sentido es oportuno destacar la ayuda que la Facultad ha recibido directamente de varias entidades nacionales durante los últimos meses y que refleja el interés, cada día mayor del país, por fomentar el desarrollo de centros de educación técnica superior que cumplan una función real y seria en su progreso. Así y a título meramente de ejemplo, por no poder hacer una lista de todas, se pueden mencionar las siguientes entidades:

Donaciones de equipos

La General Electric de Colombia y la Siemens de Colombia, la Westinghouse han donado equipos para los laboratorios del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Sostenimiento de cátedras

Caracol, Codi-Petróleos, Electromanufacturas, Empaques Bates S.A., Esso Colombiana, Heliacero. Estas entidades contribuyen periódicamente con sumas variables, que permiten mejorar la calidad de cursos de su interés y ampliar el número de materias ofrecidas en el campo de su actividad.

Contratos de investigación y asesoría

Contratos de estricta prestación de servicios a “Ospinas y Compañía y al Instituto Colombiano de la Reforma Agraria”, indican que han constituido una sana inversión para las entidades contratantes. Para la Facultad de Ingeniería, al cubrirle los costos en que ha incurrido, estos contratos le han permitido ganar experiencia en beneficio de su actividad docente, a la vez que estimular la capacidad investigativa y profesional de su profesorado.

Posición y causa de este enfoque

Es arriesgado hacer la presentación de una entidad de educación superior con adjetivos tales como: “nueva, creciente, pujante” y “académica y profesionalmente ambiciosa”, (características necesarias dado el progreso acelerado del país), ya que se puede pecar contra la tradicional modestia de las entidades de este tipo en Colombia. A quienes este folleto produzca esa impresión, se les pide su amable tolerancia. Nuestra aspiración es, sin embargo, el haber transmitido a quienes llegue esta publicación, el concepto verdadero y honesto de que no solamente la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, sino las de otras Universidades del país han entrado ya por las puertas que conducen a la excelencia académica como medio de desarrollo social, técnico, científico y cultural de la comunidad.

La Universidad de los Andes y su Facultad de Ingeniería han dependido y seguirán dependiendo del apoyo y estímulo de aquellas personas que creen en Colombia y practican el principio expresado en uno de los artículos de los Estatutos de la Universidad: *Quienes solo hacen por sus semejantes aquello a*

que la ley los obliga, no están cumpliendo a cabalidad sus deberes, ni son buenos ciudadanos, ni merecen la estimación y el respeto de los demás.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes^{*1}

Eduardo Aldana Valdés, Decano
Fernando Acosta Carbonell, Vicedecano

La Facultad de Ingeniería

Desarrollo histórico

Los fundadores de la Universidad, conscientes de la inexperiencia del país y la escasez de profesorado idóneo, en ciertas ramas de la ingeniería, establecieron inicialmente un programa de intercambio con prestigiosas universidades de los Estados Unidos, por medio del cual los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, después de cinco semestres en Colombia, terminaban sus estudios en una de dichas universidades.

En 1958, la Facultad dio comienzo al estudio de su expansión, la cual inició en 1959 al adicionar un nuevo semestre al plan de estudios en Colombia. Durante los años siguientes se continuaron estos estudios y se aumentó notablemente tanto el profesorado como el personal administrativo de la Facultad. Finalmente, en 1963, el Consejo Directivo aprobó los programas completos para la terminación de las carreras de Ingeniería civil, Ingeniería eléctrica, Ingeniería industrial e Ingeniería mecánica por considerar que ellas estaban entre las especialidades de mayor importancia para el desarrollo del país. Este cambio empezó a tener efecto en enero de 1964 y la primera promoción de 15 estudiantes, terminó estudios en diciembre de 1965.

^{*} *Palabras clave.* Informe de actividades, Investigación de problemas críticos, Objetivos de la Facultad de Ingeniería.

¹ Informe para los consejos Directivo y Académico. Octubre de 1966.

Estado actual

Dentro de la Universidad, la Facultad de Ingeniería es la que cuenta con un mayor número de estudiantes, cerca de 600, incluyendo aquellos en los dos años iniciales del programa de la Facultad de Artes y Ciencias que conducen a Ingeniería. La Facultad ofrece estudios completos en las cuatro especialidades mencionadas y, además, brinda la oportunidad a estudiantes interesados en otras especialidades de cursar los tres años básicos de Ingeniería para luego terminar en otras universidades del país o del extranjero. Cuenta para ello con los servicios que le ofrece el profesorado de los departamentos de la Facultad de Artes y Ciencias, en su mayoría de tiempo completo, y con sus propios profesores, cuya lista se incluye al comienzo de este informe².

Para financiar los costos de inversión requeridos por su programa de expansión, la facultad solicitó y obtuvo una valiosa donación de la Fundación Ford y un importante préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo. Aquella le ha permitido, principalmente, ampliar la biblioteca técnica, adquirir equipos, contratar profesores visitantes del extranjero y perfeccionar aún más su profesorado por medio de becas en el exterior. Este le permitirá construir un edificio apropiado a las necesidades de la Facultad en su nueva etapa y disponer de laboratorios de enseñanza e investigación modernos, eficientes y bien dotados.

La Facultad de Ingeniería ha mantenido durante toda su existencia vinculaciones muy estrechas con centros docentes de los Estados Unidos tales como la Universidad de Illinois y el MIT. Con la primera, proyecta iniciar programas conjuntos de investigación y estudios de postgrado que complementen el intercambio de estudiantes iniciado desde 1951. Con el segundo, la colaboración se efectúa a través del Programa Interamericano de Ingeniería Civil de ese Instituto. Recientemente se ha vinculado la facultad a centros docentes europeos entre los cuales se destaca el Laboratorio de Hidráulica de Delft, en Holanda.

Dentro de este programa de asistencia técnica, el Gobierno holandés está ofreciendo una valiosísima colaboración a la Facultad con el envío de

² Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: No se encontró esa lista en el documento proporcionado por el Archivo de la Universidad de los Andes. Los interesados pueden encontrar una lista de la misma época en Aldana, Eduardo et al, Enseñanza de una Ingeniería para el Desarrollo 1966_10. Ver también Aldana, Eduardo, La Parábola del Retorno a los Andes, 1991_05, nota 10.

dos ingenieros hidráulicos holandeses para una permanencia de cuatro años como asesores del Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas. La asistencia técnica del Gobierno de Holanda comprende, además, el envío de profesores para cursos cortos de postgrado, la dotación parcial del laboratorio de hidráulica y de una biblioteca especializada y becas para el entrenamiento de profesores. La Embajada de Francia, por otra parte, ha patrocinado por dos años la visita de profesores franceses para cursos cortos sobre electrónica. Se espera que este programa de gran valor docente sea continuado y ampliado por el Gobierno de Francia en los años venideros.

Objetivos de la Facultad

La Facultad de Ingeniería considera que ha cumplido satisfactoriamente los objetivos de su primera etapa que consistieron en adaptar e integrar lo mejor de las metodologías docentes americanas y europeas, propiciar cambios fundamentales en los métodos de enseñanza de la Ingeniería en Colombia haciendo más flexibles y eficientes los programas de estudio, desarrollar un equipo básico de profesores universitarios y brindar a la nación cerca de cuatro centenares de profesionales idóneos y especializados en las más diversas ramas de la Ingeniería. Aspira ahora a justificar su existencia en las próximas décadas, manteniendo vivo y real su prestigio como centro de vanguardia y de constante experimentación educativa, haciendo más eficiente el papel que corresponde a una Facultad de Ingeniería como factor de cambio social de la comunidad y como agente importante en la implantación de la tecnología moderna y diferente que requiere el proceso de desarrollo. Dentro de esta ambiciosa pero necesaria aspiración se ha fijado las siguientes metas a corto plazo:

- Establecer un programa dinámico que destaque mucho más la responsabilidad social del ingeniero, incorpore a la metodología de la Ingeniería la consideración integral de los sistemas políticos, sociales y económicos y desarrolle la capacidad creadora del individuo y su habilidad para tomar decisiones utilizando los conocimientos y las herramientas de la ciencia y la tecnología.
- Contribuir al desarrollo de la comunidad investigando sus problemas fundamentales y proponiendo métodos y sistemas para resolverlos con mayor eficiencia y rapidez.

- Colaborar con el gobierno, la industria, las firmas de ingenieros y los ingenieros particulares en la actualización de la práctica de la Ingeniería por medio de cursos de extensión y perfeccionamiento para profesionales.
- Formar un profesorado de elevadas cualidades, capacitado para adelantar proyectos más ambiciosos aún, en la enseñanza y en la investigación de Ingeniería. El resultado más importante de este propósito será la creación de una escuela de Ingeniería para graduados.

La investigación aplicada

Dentro de su cometido de servicio a la comunidad, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes ha sido una de las primeras del país en iniciar programas de investigación aplicada. Los programas de investigación que ha llevado y están llevando a cabo se caracterizan por el interés académico y docente que ellos tienen para sus profesores y alumnos y por la utilidad práctica que representan para quienes los han financiado. Ellos conllevan también, en la generalidad de los casos, la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos modernos a la solución de los problemas propios del estado de desarrollo del país.

Los proyectos de investigación se realizan tanto dentro de los departamentos docentes (Ingeniería Civil, Eléctrica, Industrial y Mecánica) como en los centros de investigación de la Facultad (Centro de Investigación y Computación y Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas). Estos centros están organizados para contratar y prestar servicios profesionales en aquellos campos y actividades que requieren, en sus estudios, complejos equipos de investigación y de laboratorios y un personal humano altamente calificado y diversificado. Su objetivo no es, obviamente, competir con las firmas profesionales de ingenieros consultores, sino más bien colaborar con ellas y llenar los vacíos que existen en la investigación aplicada y la asesoría técnica avanzada, con beneficios directos para quienes contraten sus servicios y para el país en general. Se prevé que algunos proyectos interdisciplinarios se llevarán a cabo en colaboración con otros centros de investigación de la Universidad (Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico y Centro de Planificación y Urbanismo).

Una muestra de la variedad de proyectos que adelanta actualmente la Facultad es la siguiente:

- Diseño y construcción del prototipo de un regulador eléctrico.
- Diseño y construcción de un prototipo de motor rotatorio de bajo costo.
- Uso de computadores en el diseño de distritos de riego.
- Aplicación de técnicas modernas de planeación y control en la construcción de edificios.

La Facultad aspira a ampliar aún más su programa de investigación y por consiguiente a ofrecer sus servicios a las entidades oficiales e internacionales, a la industria, a las firmas de ingenieros consultores y constructores y a las empresas comerciales. Los siguientes campos son los de mayor interés para la Facultad en el presente:

- Aplicación de computadores en sistemas de tráfico y transportes y en planeación, diseño y operación de sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.
 - Planeación y control de la construcción, la producción y el mantenimiento de complejos industriales por métodos de computación manual y electrónica.
 - Uso de técnicas cuantitativas en la administración, incluyendo aplicaciones de la investigación operacional.
 - Diseño y desarrollo de prototipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.
 - Diseño, construcción y análisis de modelos hidráulicos.
- Planeación del desarrollo y utilización de cuencas hidrográficas.

La actualización y el perfeccionamiento de profesionales

Ninguna época como la actual ha demostrado la necesidad de ofrecerles profesionales graduados la oportunidad de mantenerse al día con los avances de la ciencia y la tecnología. La magnitud del problema ha sido definida por notables científicos del mundo cuando han pronosticado que, dentro de unos diez años, será obligatorio para todo profesional de las carreras técnicas matricularse de nuevo en las Universidades en cursos que les demandarán la asistencia de un día a la semana. Por consiguiente, se debe disponer de medios para ayudar al profesional técnico a vencer esta situación crítica y evitar que:

- Su periodo de vida profesional útil se reduzca drásticamente, con un aumento en el déficit de estos profesionales.

- La utilización de técnicas, equipos y métodos modernos se retarde injustificadamente o sea ineficiente.
- La experiencia ganada en el ejercicio profesional se malogre en gran parte por la deficiencia técnica y no puede ser aprovechada adecuadamente por la comunidad. Consciente de esta realidad, la Facultad de Ingeniería estableció desde 1963, como parte del programa de Extensión Universitaria de la Universidad, los cursos de actualización y perfeccionamiento de profesionales.

Los siguientes cursos han sido ofrecidos hasta el momento:

- Utilización de Computadores en el Análisis de Sistemas de Transporte.
- Introducción a los Métodos de Computación Electrónica.
- Potencia Eléctrica: Componentes simétricos y sus aplicaciones a estudios de fallas.
- Uso de Computadores en el Análisis de Estructuras
- Diodos en Microondas.
- Aplicación de computadores electrónicos a problemas de Ingeniería Sanitaria.
- Aplicación de computadores digitales a sistemas de potencia eléctrica.
- Análisis e interpretaciones de fotografías aéreas en Ingeniería.
- Sistemas manuales de planeación y control de la construcción (Método de la Secuencia Crítica).

Dentro de este mismo espíritu la Facultad ha planeado iniciar un vasto programa de difusión de las técnicas cuantitativas en la administración industrial. Este programa, dirigido primordialmente a los altos ejecutivos, comprendería seminarios de corta duración (uno o dos días), cursos intensivos de un par de semanas, cursos medios de cuatro meses y posiblemente programas completos de un año de duración.

Crecimiento del profesorado y proyección presupuestal

La Tabla 1 indica el número de profesores y de personal administrativo no académico, que se requería durante los próximos cinco años para dar cumplimiento a las metas que se ha fijado la Facultad de Ingeniería. La Tabla 2 muestra los salarios mensuales, incluyendo prestaciones sociales, que con-

juntamente con el número estimado de profesores se utilizaron para proyectar el presupuesto de la Facultad, incluido como Tabla 3. La Tabla 4 muestra, por otra parte, los ingresos proyectados para el periodo. Como puede observarse, la Facultad se fija metas ambiciosas que servirán de marco de referencia para un examen de su progreso³.

Conclusiones y recomendaciones

- Los planes futuros de la Facultad de ingeniería son ambiciosos pero posibles de realizar. Su éxito dependerá, sin embargo, de la manera como los objetivos de la Facultad se encuentren comprendidos dentro de los objetivos de la Universidad. En este sentido, sería conveniente conocer explícitamente la política futura de la Universidad.
- El nivel académico de la Facultad de Ingeniería depende en una gran proporción de la calidad de los departamentos de la Facultad de Artes y Ciencias y en especial de aquellos más afines, como Matemáticas, Física y Química. Es conveniente, por lo tanto, que la organización académica de la Universidad le permita a la Facultad participar en la orientación y desarrollo de esos departamentos.
- Los dos requisitos indispensables para que una facultad alcance un nivel de excelencia académica son profesorado calificado y estudiantes sobresalientes. El primer requisito solamente se lograra si la Universidad y la Facultad de Ingeniería encuentran una forma de retener los buenos profesores de que disponen. En términos generales y como una primera aproximación a este problema, se sugiere que se inicie un amplio programa cuyo objetivo único sea el de estabilizar el profesorado durante los próximos diez años. El segundo requisito, tan difícil de cumplir como el primero, debe ser enfrentado inicialmente a través de los programas ya propuestos de “búsqueda de talentos”.
- La Facultad de Ingeniería aspira a aumentar considerablemente sus contratos de investigación durante los próximos cinco años. Para cum-

³Nota de Eduardo Aldana, 2014_02: Infortunadamente la copia de estas tablas guardada en los archivos de la Universidad de los Andes a partir de una copia en reproductor de alcohol es muy difícil de leer. Por esta razón no se reproducen. Para los interesados en comparaciones el presupuesto de la Facultad de Ingeniería, según esas proyecciones, para el año 1966 (segundo semestre)-1967(primer semestre) era de \$3,2 millones, aproximadamente.

plir esta meta ambiciosa será necesario que los miembros de la Facultad dispongan de los medios para llegar a las altas esferas del gobierno y de la industria que pueden otorgar estos contratos. Por consiguiente, se cree necesario que las directivas de la Universidad desarrollen los mecanismos apropiados para relacionar al profesorado de la Facultad con representantes del Gobierno y de la industria.

Uniandes: Una encrucijada de propósitos*

Bogotá, mayo 12 de 1967

Señor Presidente y demás miembros
Consejo Académico de la Universidad de los Andes
E. S. M.

Estimados señores:

Con la presente me es grato someter a su consideración un breve escrito relacionado con la actual situación de la Universidad de los Andes. Ruego a Uds. examinarlo a la luz del espíritu que me animó a redactarlo y que:

- Es una expresión de la preocupación que me producen los últimos y repentinos acontecimientos, los cuales podrían llevar a situaciones de crisis que a toda costa debemos tratar de evitar.
- Es también una reafirmación de mi profunda fe en la institución y en su capacidad de alcanzar ambiciosos objetivos ampliamente compartidos por todos los sectores y niveles de dirección que la estructuran.

Acepto la total responsabilidad por el contenido del escrito a que me he referido y mucho les sabría agradecer que, de considerarlo conveniente, le diesen el trámite del caso ante el Honorable Consejo Directivo.

Atento y seguro servidor,

Eduardo Aldana Valdés.

* *Palabras clave.* Recuento histórico, Prioridad, Profesorado eje central, Disenso.

Introducción

Las recientes disposiciones del Consejo Directivo de la Universidad de los Andes recomiendan tratar de hacer una breve evaluación de la Universidad con la esperanza de que ella sirva de documento de trabajo en la inaplazable tarea de proponer una política única de desarrollo para la misma.

Recuento histórico

Existen tres períodos bastante bien definidos en la historia de la Universidad de los Andes:

Un primer período –de unos cuatro o cinco años– que se caracteriza en general por lo siguiente:

- La implantación en Colombia de sistemas educativos novedosos, evidentemente adaptados de los Estados Unidos, tales como la departamentalización académica y el estudio independiente pero controlado de los estudiantes.
- La creación de los tres programas que más tarde habrían de convertirse en sus tres facultades profesionales más importantes, a saber, Arquitectura, Economía e Ingeniería.
- Una relativa bonanza financiera como parece indicarlo el primer dato existente sobre ingresos y egresos (en 1954) de \$764.000 y \$429.000 respectivamente. Del presupuesto de ingresos las matrículas representaban el 30%.
- El crecimiento relativamente rápido de la población estudiantil, a una tasa promedio del 55% durante los primeros cinco años, para llegar a un total de 454 estudiantes en 1953.
- La poca experiencia en la selección de los estudiantes enviados a los Estados Unidos, evidenciada por el relativamente gran número de fracasados en la Universidad de Illinois. (Más del 50% de los que fracasaron, iniciaron estudios en este periodo).
- La carencia de organismos y funciones formales para el manejo de la institución.
- La poca estabilidad de programas de estudio. Se establecían y se eliminaban algunos cursos de acuerdo con las posibilidades de profesorado o con las ideas de las personas que se vinculaban a la Universidad.

- La extraordinaria labor desarrollada por las primeras directivas al asegurarle a la joven institución el respaldo y la aceptación del sector privado colombiano.

Un segundo período de unos diez años –de 1953 a 1962– con las siguientes características principales:

- La consecución de un gran prestigio nacional e internacional. Este prestigio tuvo, entre otras, las siguientes causas:
- Las relaciones internacionales de la Universidad, iniciadas en el período anterior, tales como el envío de estudiantes a los Estados Unidos y la traída de profesores extranjeros de gran calidad;
- Los beneficios mostrados por los sistemas educativos norteamericanos adaptados en la primera etapa así como otros nuevos implantados durante este período (flexibilidad en programas, sistemas de crédito, etc.).
- La diversidad en la especialización de los graduandos y su oportuna aparición en el país.
- El funcionamiento dentro de un presupuesto limitado, casi nunca preparado de antemano y que por consiguiente sujetaba los gastos a la situación de caja. El presupuesto en 1962 era de aproximadamente 5.4 millones de pesos. De este presupuesto solamente el 27% provenía de las matrículas.
- La limitada expansión de los programas existentes y el establecimiento de muy pocos nuevos. Entre estos últimos se destacan los de Premedicina y los departamentos relacionados, y el de Filosofía y Letras.
- El relativamente lento crecimiento de la población estudiantil que en 1962 era de 824, habiendo crecido a una tasa promedio del 7% anual.
- La gran proporción del tiempo de las altas directivas dedicadas al programa de “transferencia” de los estudiantes de Ingeniería y a la financiación del mismo (el Rector, el Vicerrector y el Secretario General administraban prácticamente este programa).
- El gran desinterés de los estudiantes uniandinos por los problemas nacionales y por el funcionamiento de la institución.
- La poca vinculación de los profesores de la Universidad al estudio de asuntos y cuestiones propias del país (excepto la del grupo [de inves-

tigadores] relativamente reducido del CEDE hacia finales de la década del 50).

- Las elevadísimas tasas de “mortalidad estudiantil”, especialmente en Ingeniería que llegaron a ser de más del 80%.
- Una alta participación del profesorado de tiempo completo (casi todos eran jefes de departamentos o funcionarios académicos) en la fijación de la política académica de la Universidad.
- El gran éxito de los estudiantes de Ingeniería al nivel de pregrado y de los de Economía al nivel de postgrado en los Estados Unidos.

Hacia 1963 o un poco después se inician varios cambios fundamentales en la Institución, los cuales hacen que esta se haya caracterizado en los últimos cinco años por:

- Una explosión en su presupuesto que prácticamente se ha cuadruplicado, con los consiguientes problemas de déficits acumulados crecientes y la visión permanente de una posible crisis financiera futura. La contribución de las matrículas, por otra parte, llega ya a más del 60% del presupuesto total, clara indicación de su elevado costo relativo.
- La diversificación, ampliación y fortalecimiento de los programas existentes. Ejemplos de ello son:
 - La ampliación de Ingeniería con cuatro especialidades;
 - La creación de la Escuela para Graduados en Economía;
 - Los programas de Matemáticas, Lenguas Modernas, Antropología y Microbiología en Artes y Ciencias, y
 - La ampliación y diversificación de los programas de Bellas Artes en Arquitectura.
- El rápido crecimiento de la población estudiantil que ya pasa de 2.000 estudiantes. De 1962 a 1966 creció a la tasa promedia del 28% anual.
- La creciente atención prestada por las altas directivas de la Universidad al programa de Artes y Ciencias conjuntamente con una delegación cada vez mayor de los otros programas académicos en las decanaturas de las [respectivas] facultades.
- El interés de los estudiantes por conocer la realidad nacional e influir en el funcionamiento de la institución (Acción Comunal, por una parte,

y mesas redondas en las semanas culturales y periódicos estudiantiles, por otra).

- La iniciación de servicios de consultoría y de investigación aplicada en centros como el de Computación Electrónica, Investigaciones Hidráulicas, Planificación y Urbanismo, etc.
- Una gran disminución de la mortalidad estudiantil, acompañada, en el sentir de algunos, por un ligero desmejoramiento de la calidad académica del grupo de estudiantes.
- La vinculación masiva de exalumnos y de jóvenes profesionales de otras universidades al profesorado de la Universidad. Estos jóvenes profesores, en su mayoría, aspiran a dedicar sus vidas a la enseñanza y a la investigación y por lo tanto esperan contar con las posibilidades para hacerlo.

Aspiraciones de las facultades

El rápido desarrollo de la Universidad durante los últimos cinco años ha impulsado a las varias facultades de la Universidad a formularse sus propios objetivos y aspiraciones entre los cuales se consideran comunes a todas, los siguientes:

- Mejorar día a día los programas docentes, incorporando los desarrollos científicos, artísticos, pedagógicos y tecnológicos más apropiados para la situación de la Universidad y del país.
- Fomentar por todos los medios posibles la estabilidad y el desarrollo de los profesores con el fin de permitirles, en especial a los de las nuevas promociones, que lleguen a convertirse en verdaderos expertos nacionales en sus campos de especialización.
- Hacer de la Universidad un centro del más elevado prestigio por lo avanzado de sus programas y la calidad de sus profesores, sus alumnos y la docencia y la investigación.

Posibilidades de lograr estas aspiraciones

Se ha dicho que uno de los éxitos de la Universidad de los Andes se fundamenta en la prioridad que ha dado a la formación de profesores. De aquí que una de las grandes posibilidades de la Universidad se encuentra en su profe-

sorado actual y en la veintena más, aproximadamente, que adelanta estudios de especialización en el exterior.

Otra de las posibilidades de la Universidad resulta del prestigio que han venido alcanzando algunos de sus sectores como entidades de servicio a la comunidad y a la nación. En este sentido es conveniente destacar que para ello ha sido necesario vencer diversas dificultades, incluyendo la tradicional desconfianza del medio, y que los frutos están aún por madurar y recoger en muchos de los campos.

La tercera posibilidad nace de la confianza depositada en la Universidad por las fundaciones y las entidades de financiación internacionales. Este es un aspecto que debe considerarse con cuidado, sin embargo. Tanto las unas como las otras, han recibido la seguridad de que la Universidad tiene metas bien definidas de desarrollo y que se cumplirán los compromisos adquiridos que en la mayoría de los casos llevan consigo fuertes contribuciones locales a los programas en expansión.

Dificultades en el logro de estas aspiraciones

Las dificultades previsibles en el logro de estas aspiraciones emanan de dos causas principales: la falta de una estructura y organización acorde con los recientes desarrollos de la institución y las limitaciones de la política de consecución de fondos.

La existencia de la primera causa es apenas natural. El rápido crecimiento de la Universidad durante los últimos años ha hecho que la mayor parte de sus sistemas administrativos y sus cuadros de organización hayan sido dejados atrás. Asimismo, los tradicionales canales de comunicación se han hecho insuficientes e ineficientes y todo parece indicar que, en este preciso instante, no existe una comunidad de intereses entre los diferentes estamentos de la entidad. La Universidad cuenta sin embargo con los recursos humanos y materiales para obviar esta dificultad: Una razonable distribución y asignación de funciones; un mejor equilibrio entre la responsabilidad y la autoridad a todos los niveles, y la implantación de modernos sistemas administrativos producirían de seguro resultados positivos a muy corto plazo.

La segunda causa es más compleja de analizar. Estimativos de expertos en asuntos educacionales indican que los presupuestos financieros de las instituciones educativas deberán aumentar a una tasa del 10% anual si estas

desean mantener un ritmo satisfactorio en la evolución de sus programas. En la Universidad de los Andes, algunos estudios preliminares han indicado que, sin abrir nuevas facultades, los ingresos deberán aumentar aproximadamente del 8% al 13% anual. No parece, por otra parte, que el cumplir con esta meta haya sido el objetivo inmediato de los organismos de desarrollo financiero. Analicemos brevemente las posibles fuentes de recursos con el fin de valorar su potencialidad.

Matrículas. Es el renglón que se ha explotado más activamente durante los últimos años. De representar menos del 30% de los ingresos de la Universidad han pasado a ser más del 60% de los mismos. A menos que se puedan mostrar grandes mejoras en los servicios brindados a los estudiantes, o a que se presente un alza repentina en el costo de vida, este renglón deberá permanecer congelado por unos pocos años más.

Contratos de investigación. Los ingresos por este renglón dependen de la seriedad de la institución en sus programas de desarrollo de su profesorado. Indudablemente mucho se ha hecho ya y con el mejoramiento y la mayor experiencia de los diferentes sectores de la Universidad se pueden prever aumentos notables en un lapso de unos dos años. La propuesta presentada al Gobierno, por intermedio del Ministerio de Educación Nacional, para la creación de un Fondo de Investigación en Ciencia y Tecnología debería ser considerada y apoyada por la Universidad ya que de ser aceptada por el Gobierno abriría nuevas oportunidades.

Donaciones regulares. Los informes presentados al Consejo Académico por los funcionarios administrativos de la Universidad muestran que los ingresos de esta fuente no han aumentado, en valor constante de la moneda. Todo indica que el sector privado no responderá con entusiasmo a menos que la Universidad le demuestre palpablemente los beneficios que le representa. Programas como el de Administración Industrial en la forma del Curso de Alta Gerencia son sin, duda la mejor manera de atraer el sector privado. De aquí también la necesidad de una clara definición de objetivos y prioridades.

Fondos de rentas propias. Esta ha sido quizás la preocupación primordial de la campaña de desarrollo financiero de la Universidad. La Asociación de Amigos de Los Andes es una iniciativa laudable. Su promesa futura dependerá de la organización y el entusiasmo que le proporcione la Universidad.

A pesar de los grandes esfuerzos realizados, en este sector existen algunos vacíos de información para las personas que desconocen los planes concretos de desarrollo financiero. Por ejemplo, ¿por qué no se aprovechó el Congreso de exalumnos para presentarles un plan estructurado de colaboración? ¿Por qué no se ha organizado una vigorosa campaña con motivo del 20° aniversario de la Universidad el próximo año?

El aporte del Gobierno Nacional. Seguramente el aporte regular del Gobierno, a través de la Asociación Colombiana de Universidades, no aumentará notablemente en los próximos años. Sin embargo, se ha presentado el caso de que las gestiones casi personales del actual Decano de Economía produjeran cerca de dos millones como contribuciones extraordinarias en los dos años pasados. El Consejo Directivo de la Universidad está compuesto por personas del más sobresaliente prestigio nacional. ¿Podría el Consejo Directivo ponerse como objetivo el obtener con motivo del 20° Aniversario de la Universidad (o cualquier otro motivo) el establecimiento de una ayuda permanente del Gobierno similar a la descrita? Claro está que en la situación financiera del país es muy difícil pedirle esta clase de ayuda al Gobierno cuando por otra parte se demuestra poseer la capacidad financiera para establecer nuevos programas.

La ayuda internacional. Está dirigida a cubrir en general la inversión inicial requerida en un nuevo programa y se condiciona a considerables contribuciones locales. Como estrategia institucional se debe por lo tanto encauzar hacia programas que fortalezcan los existentes en cuyo caso la contribución de la Universidad no es una nueva carga para ella. En el momento los más importantes programas de ayuda internacional están dirigidos a la Facultad de Artes y Ciencias y la Facultad de Ingeniería. En ambos casos la Universidad se ha comprometido a alcanzar metas ambiciosas de desarrollo. De seguro la práctica supresión de un departamento básico de Artes y Ciencias no contribuirá al logro de los objetivos planteados en este sector, ni la inevi-

table reducción de recursos que afectará a [Facultad de] Ingeniería ayudará a cumplir los objetivos de esta última facultad.

La relocalización de fondos. Por relocalización de fondos se quiere significar la reducción de costos en algunos sectores con el fin de utilizarlos más eficientemente en la institución. La aplicación de esta política debe condicionarse a:

- Una notable ventaja de los ahorros financieros sobre las pérdidas académicas o
- La imposibilidad de lograr ahorros similares por mayor eficiencia o integración del programa.

También debe considerarse que quizás la mayor economía en este sentido puede lograrse al evitar programas excesivamente especializados que no utilicen las facilidades parcialmente [desaprovechadas] de otros sectores de la Universidad.

La propuesta Facultad de Derecho. Se ha querido dejar para el final la decisión que originó estas líneas, porque realmente se espera que ellas no se consideren solamente a la luz de este tema de controversia. Por otra parte se confía con sinceridad que el Consejo Directivo reconsiderará su decisión al tomar en cuenta que:

- Se pretermitieron los conductos regulares pues los Estatutos de la Universidad establecen claramente en el Art. 21, párrafo B, que es función del Consejo Académico “Presentar por conducto del Rector a la decisión y consideración del Consejo Directivo los nuevos planes de estudio, las enmiendas de los existentes y las iniciativas relacionadas con reformas o creaciones de unidades docentes”. Es evidente que el Consejo Directivo al establecer estos Estatutos para la Universidad ilustró claramente la fundamental distribución de funciones de los dos Consejos como también la importancia de oír y confiar en el concepto de las personas que él mismo ha nombrado para que dirijan la actividad académica,
- El estudio económico y financiero merece un amplio debate. En este estudio no solo se dejaron de considerar algunos egresos sino que tam-

bién los [análisis efectuados aparentemente no se ajustan a] la situación real de la Universidad. Debería compararse, por ilustración, con programas menos ambiciosos de la Universidad que en recientes estudios de costos presentan déficits considerables.

- Si bien las altruistas razones expuestas merecen la más cuidadosa consideración, la oportunidad de la iniciación del programa lleva a la Universidad a una encrucijada de propósitos y a enfrentarse [por lo tanto] a una decisión que no puede ya postergarse.

El problema de fondo. Del anterior considerando resulta que el problema de fondo y el que demanda una respuesta inmediata tiene prioridad sobre una decisión en relación con la propuesta Facultad de Derecho. Porque el problema de fondo es definir de una manera unívoca cuál es el objetivo de la Universidad de los Andes durante la próxima década, por lo menos. El clausuro, es decir, el Consejo Académico y los profesores parecen tener uno bien definido: en vista de la limitación de recursos porque atraviesa la Universidad se coloca como primer objetivo la propia institución. Hacer de ella una institución fuerte y respetada. Considerar a sus profesores y alumnos como parte integrante de la entidad y no meramente como instrumentos cuya utilidad está subordinada a condiciones externas a la Universidad. Servir al país al desarrollar programas serios de investigación y de docencia que no solo contribuyan per se a su crecimiento social y económico sino que sirvan de ejemplo a un medio que se caracteriza por la improvisación.

El Sr. Presidente del Consejo Directivo en su reciente exposición ante el Congreso de exalumnos dio la impresión de que la política que aspira a implantar tiene un objetivo bien diferente. Hacer de la Universidad un instrumento para la formación de líderes políticos. Personas que lleguen a ocupar los cargos directivos más importantes del Gobierno y desde estas posiciones dirijan la necesaria transformación del país. Sin lugar a dudas puede haber una amplia controversia en relación con estos dos propósitos. Uno y otro tienen sus ventajas y sus desventajas. Pero el enfrentarlos y discutirlos no es el objetivo de este escrito.

El Consejo Directivo tiene todos los recursos y atribuciones para escoger el que le parezca más apropiado. Se considera, asimismo, que el Consejo Académico debe ser escuchado en relación con las consecuencias de esta es-

cogencia. Porque la escogencia del segundo propósito, en estas circunstancias, debe brindar la oportunidad de hacer los ajustes internos que un cambio tan radical de política lleva consigo. Como prerrequisito a estos ajustes se considera importante tomar las siguientes medidas:

- Dejar en libertad al profesorado que aspira a progresar científica y profesionalmente dentro de la institución para buscar otros albergues que tengan en verdadera estima el alcance de estas cualidades.
- Informar a los becarios en el extranjero que la Universidad no estará probablemente en posibilidad de brindarles el ambiente de investigación y de excelencia académica que se les ha dicho sería el objetivo buscado.
- Discutir con las fundaciones y las entidades internacionales la nueva política de la institución con el fin de que ellas se enteren de los inconvenientes que se presentarán en el cumplimiento de los compromisos contraídos.

Conclusión

Las anteriores opiniones y afirmaciones están basadas en datos publicados por la Universidad y en observaciones y conclusiones personales del autor. Por esta última razón, deben ser sometidas a un análisis crítico que las reforme y las amplíe. Si este estudio estimulara un positivo intercambio de ideas entre el Consejo Directivo y el Consejo Académico tendiente a una unificación de criterios y a la formulación de una política de desarrollo para la Universidad, este escrito habría cumplido ampliamente su propósito.

Nuevo sistema de calificaciones en la Universidad de los Andes^{*1}

Aprobado por el Consejo Académico el 11 de julio de 1967

Vigencia desde el 2º Semestre de 1967

Introducción

Las calificaciones son la manera de expresar los resultados de la medición y evaluación que forman parte integral del proceso de la enseñanza y el aprendizaje. Su función adicional de instrumento de estímulo para el buen aprovechamiento de los estudiantes, no puede despreciarse, sino por el contrario, canalizarse eficientemente. Las calificaciones se dividen en dos clases:

- Parciales: Son aquellas que indican el resultado de mediciones y evaluaciones efectuadas a lo largo de un período académico sobre una misma materia. Podrán ser producidas por interrogatorios orales y escritos, tareas, exámenes parciales y terminal del curso, o cualquier otro procedimiento usado para medir el aprovechamiento y el esfuerzo de los estudiantes. En todo momento deben considerarse como un elemento valioso para juzgar críticamente los objetivos del curso, su programa, la manera como se han llevado a cabo la instrucción y la medición y el cambio que el proceso de enseñanza y aprendizaje ha producido en el estudiante como individuo.
- Finales: Tienen como fin fundamental indicar cuáles estudiantes han alcanzado los objetivos mínimos del curso y pueden continuar en otros cursos superiores, y cuáles no los han alcanzado y deben repetir el curso. Dentro de un intento de matiz, tratan también de indicar en qué grado el estudiante ha llenado o no los objetivos perseguidos.

^{*} *Palabras clave.* Trabajo en equipo, Contribución de la Facultad de Ingeniería a la Universidad, Decisiones basadas en documentos, Evaluación progreso.

¹ En julio 17 de 1997, Eduardo Aldana, uno de los coautores de este sistema, le añadió el siguiente comentario: Este sistema tiene una orientación “comparativa” que no me resulta aceptable hoy en día. Habría que buscar cómo basarlo más en la medición del progreso del propio estudiante (Comparar su estado actual con su punto de partida) en lugar de compararlo con sus compañeros. En 2014_02 anotó: Este documento se incluye, porque ilustra el trabajo en equipo del profesorado de la Facultad de Ingeniería, en esa época, para beneficio de toda la Universidad.

Son, forzosamente, el resultado de una juiciosa interpretación de las calificaciones parciales, a la luz de los objetivos del curso, pero no son necesariamente el resultado único, o mecánico, de cálculos aritméticos de ellas.

Las calificaciones parciales pueden indicarse en una escala numérica cualquiera (vgr: la tradicional de 0 a 5 o en porcentajes). Cualquier manera puede utilizarse eficientemente y su escogencia dependerá generalmente de la costumbre del calificador. Para las calificaciones finales se utilizará la siguiente escala numérica con su significado y explicación:

Números	Significado	Explicación
5.0	Excelente	El estudiante alcanzó los objetivos propuestos con amplitud. Su aprovechamiento, en términos relativos y absolutos (es decir, frente a sus condiscípulos y frente a la finalidad del programa, respectivamente) fue sobresaliente y la calidad de su trabajo fue excelente.
4.5	Muy bueno	El estudiante alcanzó los objetivos del curso con amplitud. Su aprovechamiento y la calidad de su su trabajo, en términos absolutos, fueron muy buenos.
4.0	Bueno	El estudiante cumplió bien con los objetivos del curso. Su aprovechamiento y la calidad de su trabajo fueron buenos, en términos absolutos.
3.5	Satisfactorio	El estudiante demostró dominar la materia en los aspectos fundamentales. Su aprovechamiento y la calidad de su trabajo fueron satisfactorios, a pesar de deficiencias ocasionales. Puede considerarse como el estudiante término medio.
3.0	Regular	El estudiante apenas cumplió con (apenas pasable) los objetivos del curso. Las deficiencias en su aprovechamiento y en la calidad de su trabajo no hacen necesario, sin embargo, que repita el curso.
2.5	Insatisfactorio	El estudiante no alcanzó los objetivos que le fijaba el curso. Sin embargo, demostró cierto nivel académico o buena voluntad o alguna calidad en su trabajo pero es forzoso que repita el curso.
2.0	Mal	El estudiante no alcanzó los objetivos que le fijaba el curso. En términos absolutos y relativos, su aprovechamiento y la calidad de su trabajo fueron bajos.
1.5	Pésimo	El estudiante no alcanzó, por amplio margen, los objetivos que le fijaba el curso. Su aprovechamiento, la calidad de su trabajo, su interés, su esfuerzo y su asistencia a clase fueron muy deficientes, en términos absolutos.

Manera práctica de asignar las calificaciones finales

- Establecer el porcentaje que se otorga al examen final, por una parte, y, por otra, el que se otorga al conjunto de las otras calificaciones parciales a fin de sumarlos. Vgr: tomar el 40% del examen final y el 60% de las otras notas parciales y sumarlos.
- Listar los estudiantes en orden descendente.
- Establecer la línea divisoria entre los estudiantes que aprueban el curso y aquellos que lo reprueban. Para efectuar este paso, el calificador debe utilizar su buen juicio, examinar los objetivos del curso, considerar las características, tales como facilidad o dificultad, de las varias pruebas dadas a los alumnos y aprovechar, como se indica más adelante en algunos ejemplos, la agrupación de las notas de los estudiantes.
- Dividir el grupo de alumnos que aprueba el curso en cinco subgrupos (en algunos casos, y a juicio del calificador, en menos) y asignar el conjunto de estudiantes de cada subgrupo, en orden descendente, las calificaciones de 5.0, 4.5, 4.0, 3.5, y 3.0 respectivamente, como ya se sugirió, puede darse el caso de que no existan estudiantes en un determinado subgrupo.
- Dividir el grupo de alumnos que reprueba el curso en tres subgrupos y proceder de manera análoga a la del punto anterior, asignando a los estudiantes de cada subgrupo, en orden descendente, las calificaciones de 2.5, 2.0 y 1.5.

Ejemplo # 1: Al listar en orden descendente la suma de los porcentajes del examen final y de las otras notas parciales de sus 20 estudiantes en un curso determinado, el profesor estableció la siguiente tabla:

Nombre del Estudiante	No. de Orden	Suma de Porcentajes	Calificación final otorgada
Juana	1	90	5.0
Pedro	2	89	
Diego	3	84	4.5
Javier	4	83	
Paúl	5	82	
Esteban	6	77	4.0
Tomás	7	76	
Andrés	8	75	

Nombre del Estudiante	No. de Orden	Suma de Porcentajes	Calificación final otorgada
Julio	9	71	3.5
Eduardo	10	70	
Gabriel	11	69	
Luis	12	68	
Carlos	13	62	3.0
Lucila	14	61	
Ana	15	60	
Antonio	16	58	
Aprueban ↑			
Reprueban ↓			
Juan	17	51	2.5
Ernesto	18	50	
Alberto	19	48	
Ignacio	20	20	1.5

(Ejemplo No. 1)

El profesor revisó las diferentes pruebas dadas a los estudiantes y encontró que en general, ellas habían sido un poco largas pero no demasiado difíciles. En conjunto todas las pruebas formaban una buena muestra de la materia cubierta y las preguntas iban dirigidas a medir la manera como se habían llenado los objetivos. No existía, como las sumas de los porcentajes lo indicaban, marcada diferencia en el desempeño de los estudiantes en los puestos 13 y 16 y las diferencias en esas sumas eran probablemente el fruto de los errores en medición y calificación. El rendimiento de estos cuatro estudiantes aunque algo deficiente (obsérvese que se juzga en este caso un pequeño grupo y no un individuo) era aceptable con alguna reserva. El profesor decidió finalmente que pondría la línea divisoria entre aprobados y reprobados por debajo de este grupo. Las otras divisiones fueron establecidas sin mayor dificultad, aprovechando en todos los casos los espacios más amplios entre las notas. Obsérvese que ningún estudiante obtuvo la calificación 2.0 y que para dar la nota de 1.5 el profesor tuvo muy en cuenta que el rendimiento y la asistencia a clases de Ignacio fueron pésimas.

Ejemplo # 2: En otro curso, otro profesor que había utilizado la escala de 0 a 5.0 para las notas parciales y el examen final, estableció la siguiente tabla para sus 15 estudiantes:

Nombre del Estudiante	No. de orden	Suma de Porcentajes	Calificación final otorgada
C	1	4.74	4.5
X	2	4.70	
B	3	4.66	
A	4	4.16	4.0
L	5	4.10	
K	6	3.74	3.5
S	7	3.70	
T	8	3.66	
Y	9	3.64	
R	10	3.40	3.0
M	11	3.36	
Aprueban ↑			
Reprueban ↓			
D	12	3.06	2.5
F	13	3.00	
N	14	2.96	
O	15	2.94	

Este profesor, de gran experiencia, notó que el rendimiento del grupo total fue inferior al de otros grupos anteriores, a pesar de que los exámenes, en general, fueron muy fáciles. No consideró que hubiese un estudiante que mereciese la nota máxima. Al revisar el trabajo hecho por los estudiantes D, F, N y O encontró que estos no habían logrado los objetivos del curso, aunque, como sus calificaciones lo indicaban, habían mostrado una cierta calidad en su trabajo. En cambio los estudiantes R y M, aunque habían tenido un rendimiento apenas regular, no necesitaban repetir el curso.

Ejemplo # 3: En un tercer curso, otro profesor que había utilizado la escala de 0 a 10 para las notas parciales y el examen final, obtuvo la siguiente tabla:

Nombre del Estudiante	No. de orden	Suma de Porcentajes	Calificación final otorgada
Pérez	1	9.8	5.0
Reyes	2	9.7	
Rodríguez	3	9.4	4.5
Restrepo	4	9.0	
Lozano	5	8.6	
Arciniegas	6	8.2	4.0
Angulo	7	8.0	
Soto	8	7.8	
Sierra	9	7.4	3.5
Medina	10	7.2	
Morales	11	7.0	
Medellín	12	6.8	
Liévano	13	6.7	
Londoño	14	6.4	3.0
Echeverry	15	6.2	
Bejarano	16	6.0	
Aprueban ↑			
Reprueban ↓			
Cárdenas	17	5.4	2.5
Smith	18	5.0	
Gutiérrez	19	4.0	2.0
González	20	1.0	1.5

Probablemente, dos clases de profesores asignarán las calificaciones finales en esta forma. La primera clase corresponderá a aquellos que no tienen más elementos de juicio que las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el examen final y las otras notas parciales. La segunda clase comprenderá a aquellos que, por su experiencia y habilidad en construir pruebas y calificar a sus estudiantes, tienen completa seguridad en que sus cálculos numéricos reflejan de manera precisa el significado de la escala numérica adoptada.

Bogotá, D. E., septiembre 4 de 1967

Carta de renuncia a la decanatura de Ingeniería*

Bogotá, septiembre 7 de 1967

Señores miembros

Consejo Directivo

Universidad de los Andes

L. C.

Estimados señores:

Por medio de esta comunicación me permito presentar a ustedes renuncia del cargo de Decano de la Facultad de Ingeniería que he venido desempeñando desde el año de 1965. Obedece esta renuncia al hecho de que a partir de enero de 1968 viajaré a los Estados Unidos a continuar estudios de postgrado tendientes a lograr una capacitación que me permita contribuir de una manera más eficiente al desarrollo de la enseñanza y la investigación. Como la Facultad de Ingeniería es en este momento una entidad compleja que maneja variados programas, he considerado mi elemental deber renunciar con amplia anticipación a mi viaje para que así ustedes puedan nombrar de inmediato al nuevo Decano, a quien yo, si ustedes lo juzgan apropiado, brindaría mi colaboración y asesoría durante el resto de este año.

Con esta misma comunicación me he permitido hacerles llegar un resumen muy sucinto de las actividades de la Facultad durante los dos y medio años últimos. Un informe de esa naturaleza no puede, sin embargo, transmitir los sentimientos que me han acompañado durante el ejercicio de la Decanatura; no dice nada sobre la ansiedad con que se han buscado los recursos financieros, sobre los conflictos ocasionados por una que otra oposición interna al desarrollo del programa, ni sobre la frustración que se siente cuando, por limitaciones presupuestales, se hace necesario renunciar a justas aspiraciones. Tampoco revela las relaciones con los estudiantes, la solución de sus problemas individuales y colectivos o la necesaria confrontación con aquellos que fracasan y sus familiares. No cobija ciertos asuntos internos, tales

* *Palabras clave.* Trabajo en equipo, Colegas y maestros, Resultados logrados, Sentido de pertenencia.

como la preparación de clases, cuando no se dispone de tiempo suficiente, o la supervisión de contratos en los cuales se juega el prestigio de la institución.

De otro lado, omito también lo que es más importante: la satisfacción que lleva consigo el ver a las ideas tomar forma y desarrollarse; la recompensa que proporcionan la gratitud de los egresados y la lealtad de los colaboradores; el legítimo orgullo que se experimenta al compartir ideales con un grupo humano de la calidad del que compone esta institución. Todo ello contribuye a que esta haya sido la experiencia más grata y estimulante de mi ejercicio profesional.

Por otra parte, quiero destacar el hecho de que los éxitos logrados se han debido en todos los casos a la magnífica colaboración de todo el personal docente, investigativo y administrativo de la Facultad, así como al apoyo y estímulo de las directivas de la Universidad y de los miembros de sus Consejos Directivo y Académico.

Al agradecer a ustedes la confianza que en mí han depositado, no solo durante el ejercicio de la Decanatura, sino también desde mi vinculación como funcionario de la Universidad en 1958, hago votos por el merecido progreso de la institución y porque se fortalezca dentro de sus miembros –directivos, profesores y alumnos– el sentido institucional de pertenencia que, a mi parecer, ha sido el factor más importante en su desarrollo pasado.

Con sentimientos de elevada consideración y aprecio.

Atentamente,

Eduardo Aldana V.

c.c. Dr. Mario Laserna, Rector

Anexo 1. Eduardo Aldana Valdés: Uno de los diez ejecutivos jóvenes de 1967*¹

Germán Castillo Bernal (Revista Cromos)

Formación

Hace 33 años nació en Purificación, Tolima, en donde hizo sus primeros estudios (en una escuela pública). Bachillerato en el Colegio Mayor del Rosario, de Bogotá, y luego Ingeniería en la Universidad de los Andes, y en la de Illinois, USA.; Máster en Ingeniería; actualmente adelanta estudios de doctorado en MIT.

Es axiomático: capacitación solo se obtiene con capacitación, Aldana Valdés es de apariencia sencilla, representa la integridad del campesino tolimense. Su profundidad y solidez son las del decano de Ingeniería de Los Andes, posición que venía ocupando antes de su viaje a M.I.T. La vocación por la ingeniería la heredó de su padre.

Fiel al espíritu abierto de su región, no quiere que sus conocimientos sean patrimonio exclusivo, sino que siente la necesidad de comunicarlos a las nuevas promociones, en las que tiene confianza, motivada en el diálogo a través de la cátedra.

Parece que su afición fuera la de coleccionar especialidades en Ingeniería: en la pared, el diploma que le acredita como miembro de Sociedad Colombiana de Ingenieros; junto al retrato de Santiago, está el título de Máster que obtuvo en Illinois; allí hay otro... y otro...

Sus ejecutorias

1962. Regresa de los Estados Unidos como coordinador de la facultad, 800 alumnos, 3 profesores y dos años y medio de estudios para estos muchachos

* *Palabras clave.* Compartir, Producto de colegas y alumnos, Doctoritis, Más allá del deber, Carreras intermedias.

¹ Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Se incluye este reportaje de Germán Castillo Bernal publicado en la revista Cromos de 1968_02_12 para destacar la generosidad de los medios de comunicación y sus reporteros con mis actuaciones, aún en situaciones que podrían ocasionar controversias, como se verá a lo largo de estos escritos. Esta distinción de la Cámara Junior, como varias de las que recibí de ahí en adelante, fue promovida por mis compañeros de trabajo. Muchas otras, la mayoría, por mis alumnos Uniandinos.

que tienen opción para especializarse en el exterior. ¿Por qué no pueden ser 2.000 alumnos, 25 profesores y 5 especialidades diferentes, con un título universitario colombiano? Lo aprueba el Consejo Directivo y ahí están: Ingeniería Civil, Eléctrica, Mecánica, Industrial y Sistemas y computación, que es una incursión en un campo nuevo, que va a representar una actividad benéfica para la comunidad, al brindarle profesionales en una muy necesaria actividad, para tecnificar y agilizar los procesos de información y estadística.

Su manera de pensar

Uno de los mayores problemas que afronta el profesional colombiano –dice– es la tradición del doctorado, entendido como blasón heráldico, al que muchos aspiran por el falso orgullo de ostentarlo.

Si el doctorado, en cualquiera de las especialidades –sigue diciendo Aldana– implica estudios superiores por más de cinco años de postgraduado, entonces, ¿en Colombia cuántos doctores hay?

Sigamos escuchando a Aldana: Otro de los grandes temas, en la problemática educativa de Colombia es la carencia de carreras intermedias que ejecuten, dejando en manos de los profesionales, la labor de planeación. Necesitamos técnicos a nivel superior para liberar a los titulados del compromiso de realizar lo que ellos han planeado....

La filosofía de Aldana es “ir más allá de lo que el deber lo obliga”. Considera que la educación no solo es la escuela pública, el bachillerato o la universidad; entiende como sistema educativo cualquier forma de comunicación; la prensa, la radio, las revistas técnicas y especializadas, y en general todo medio de expresión que lleve un mensaje o aporte una idea al desarrollo individual.

Su otro yo

Un pésimo torero, pero todo un “tío”, como taurófilo. De “El Cordobés” opina que es un “fenómeno”. Uno se queda pensando que este individuo debe tener una inteligencia muy brillante y rápida para sortear cada una de las situaciones que él mismo se procura “a la hora de la verdad”. Maneja la “pañosa” con arte y maestría, como los grandes. Estas palabras, dichas en acento “opita” trasladan al cronista a verle con la “bota” en la mano, gritando apasionadamente: “olé”.

Pero Eduardo tiene que asistir regularmente a la junta directiva de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, al consejo directivo de la Universidad,

a la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, preparar las clases que tiene a su cargo y dirigir la decanatura de una facultad..., etcétera, y hasta hacer de mensajero. La mayor satisfacción que le ha dado a eso que él llama “abnegación”, es reciente: el haber sido elegido por la Cámara Junior como uno de los diez ejecutivos jóvenes de 1967. Allí compitió con gente de mucha valía.

Anexo 2. Report to the Ford Foundation on visit to University of the Andes^{*1}

Prepared by:
Dale R. Corson &
Rodolfo Low-Maus
June, 1964

Introduction

During the week of June 22nd. doctor Dale R. Corson and doctor Rodolfo Low Maus visited the University of the Andes on the invitation of the Ford Foundation to assess the engineering program and to recommend priorities for its support. We met with the Rector of the University, doctor Ramón de Zubiría, the Vice Rector, doctor Hernando Groot, Dean Álvaro Salgado and with various engineering professors. In addition we visited most of the buildings of the University and talked with a number of faculty and staff in various departments including mathematics, chemistry, physics and biology. We also visited the library and talked with its Director.

^{*} *Palabras clave.* Entusiasmo por Universidad y Facultad, Ingeniería en los Andes: el mejor, Precaria situación financiera, Desafíos por superar, Urgencia.

¹ Nota de Eduardo Aldana en mayo de 2014: Este es uno de los más importantes documentos relacionados con la expansión de la Facultad de Ingeniería. No había logrado encontrarlo en los archivos de la Universidad de los Andes. Escribí a la Fundación Ford y me remitieron al Rockefeller Archive Center, depositario de sus archivos. Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a este centro y al, señor Lucas Buresch, quien antes de que pasaran 20 horas del envío de mi solicitud ya lo había localizado y me lo había enviado a mi correo electrónico, junto con otra información de mucho interés sobre esta donación de la Fundación Ford.

The University

We are enthusiastic about the University in general and the engineering program in particular. Doctor Low Maus has visited all universities in Colombia and doctor Corson has visited five or six of the leading ones. On the basis of this background it is our belief that the three year pre-engineering program at Uniandes is the highest quality engineering program at this level in the country. There are several general features of the University which lead to this conclusion. The curricula are organized so as to stimulate the students to think. For example, the number of hours per week typically spent in a classroom is not more than 17. Instruction is arranged so that classroom time is spent in discussion (unfortunately classes were not in session during our visit, so that we could not observe these teaching methods first hand). In engineering we have examined curricular programs and course syllabi in detail and found them the equal of the best in the United States. We have also studied examination papers and laboratory reports and we are pleased with student performance. The record which students have made in first rate U.S. engineering schools after three years at Andes is also a testimony to the high quality of The Andes instruction. The enthusiasm which prevails in the University and the overall atmosphere of learning which exists are highly commendable.

One feature of the University which we believe to require substantial improvement is in the quantity and quality of laboratory facilities. Only in elementary physics and chemistry are anything like adequate facilities available and even here the equipment is minimal. The engineering courses are almost without laboratories. Some laboratory experiments are accomplished with elementary physics equipment and some work is done using various facilities in the city. Students in engineering require laboratory experience in order to familiarize themselves in detail and at first hand with the physical world with which they will work.

A second feature of the University which we believe can be improved substantially is the library. With the move to the new building the central library will be housed in an excellent facility -the building is even heated- but the supply of books and journals is very limited.

The number of books catalogued in the library is stated to be 12,000. The number of books available in engineering appears to be particularly limited and they appeared to be housed in the offices of various of the professors. The independent learning approach which is encouraged at Andes would seem to

call for more books and for more ready access to books for students. We believe it also essential that at least the most important engineering journals be available both with current issues and with several years of past issues for use by students and faculty alike. Since research is not a major part of the effort in the Engineering Faculty, access to journals is the most important means for keeping up to date in the field.

We have enquired into the financial situation of the University and we have found it to be precarious. The degree of precariousness is indicated by the fact that some Ps.20.000.000 budgeted for the current year (calendar year 1964), more than four million pesos must be financed by bank loans; 2.5 million pesos have been borrowed on a long term (eight years) 6% loan from a combination of four or five commercial banks. This long term loan provides the matching funds required under the terms of a previous Ford Foundation grant for the construction of the new classroom and office building which has recently been occupied. In addition another 1.8 million pesos have been budgeted through short term bank loans at 12% to cover an operating deficit for the year.

From our brief examination only two ways appears possible for increasing the operating funds available to the University. These are through increased tuition fees and through increased gifts to the University. Of the 20 million pesos budgeted for 1964 only 4.5 million pesos were budgeted from tuition income. This was based on a tuition fee of 1.800 pesos per semester plus an additional small fee of 100 pesos per laboratory course. This tuition has now been raised to 2.200 pesos for the first year students, 2.500 pesos for second and third year students, and in engineering 3.000 for fourth and fifth year students. This will increase the income available to the University substantially, but will still leave a precarious financial situation. We are somewhat concerned incidentally, about the effect on the composition of the student body through increased tuition fees. It appears essential for the development of the country to include students from all economic levels in the student body, but this becomes more and more difficult as tuition is raised unless substantially larger scholarship funds are available, an extensive loan program for students is started, or other means for the support of students are developed; it does not appear to us that these funds will be made available in significant amount. We believe it worthwhile for the University to give detailed attention to the matter of maintaining a balanced student body.

Increased gifts to the University are not likely to be available in large amounts until an organized fund raising program exists. From our experience, a private University, without state or church support, cannot hope to prosper or even to survive without a well organized fund raising effort. This seems to be the University's highest priority problem at this point.

Doctor de Zubiría told us that there are a number of ways in which the University can hope to solve its critical financial problems, but they are ways which cannot be budgeted or are ways that do not lend themselves to firm planning for the academic program. Among the ways of solving the financial problem, if worst comes to worst, is the sale of valuable land which the University owns and which is estimated to be worth 7 million pesos. There is also possible help from the Bank of the Republic.

Since the budget is "soft" the various faculties cannot plan adequately for as much as a year ahead. Whether or not a particular expenditure is possible depends on the availability of money at the moment. There is no reserve fund to absorb the deviations from planned income.

As part of our investigation of the financial situation we have enquired into salary scales in the Engineering Faculty and they appear good. Salaries range from Ps.4.000 to Ps.6.000 per month depending on the age and experience of the faculty member. This is already high by Colombian standards but in addition the University has a program for absorbing the debts incurred in study abroad. This gives the University the opportunity to recruit a high quality faculty and to retain faculty once it has been recruited. Our discussion with engineering faculty members leads us to believe that this program has worked to great advantage for the University.

The Engineering Program

Let us turn now specifically to the Engineering Faculty. There are several steps which must be taken in the development of the program. The first is the addition of the fourth and fifth years -a step already taken. From the founding of the University, engineering students have taken six semesters at Andes and then four more semesters in the United States through a cooperative program with several leading engineering colleges. The decision to add the fourth and fifth years here was made some time ago. At least two reasons were determining in this decision, the first being the high cost for the two year program in the United States and the second being the fact that Colombian needs do

not correspond to the engineering program in the United States. The seventh term of the expanded program here was given for the first time during the semester just ended.

In order to provide even a minimum program for these two extra years the University must assume two burdens: the faculty must be increased and classroom space must be made available. We believe that the latter problem need not be considered seriously since classroom space appears to be available, particularly with the recent addition of the new classroom and office building. A number of faculty members must be added, however, in order to provide minimum level instruction for the two upper years. The number of additional faculty required is estimated at six or eight to do an adequate job. It is conceivable that the students could be carried through the fourth year or even through the fifth year on an emergency basis without adding faculty or without adding the full number. It would be unfortunate however to attempt such a venture; the existing faculty would be seriously overburdened and special qualifications required for the higher level courses would not be represented.

The faculty additions required for the expanded program are believed to be available from the former Andes students now studying in the United States. An incidental point of interest is the fact that the engineering faculty, except one, already consists entirely of former Andes students and if the additional members are also former students, the University would be in the unique position of having its faculty consist almost entirely of its own alumni. However, since a substantial part of each faculty member's education has been in a North American university, this is probably not a matter of serious concern.

The method by which the additional faculty appointments can be financed is not clear to us. At least part of the cost can be supported from the 700.000 pesos per year which the University is now investing in the support of students studying in the United States. To the extent that these funds will no longer be required for this purpose the money can be transferred to the support of the new professors. On the other hand, from a long term point of view, the funds loaned to students would be repaid to the University and in this long term sense keeping students at home for their fourth and fifth years will save the University nothing at all. However, as far as immediately available funds are concerned, there will be some support for additional faculty members.

The second step in the development of the University's engineering program is the addition of laboratories. At present, laboratory education is almost unavailable in the Andes program. This gap becomes particularly critical with the addition of the fourth and fifth years. Some facilities are available around the city. For example, the hydraulics laboratory at National University can probably be used by the Andes students. However, Andes must have its own laboratories if it is to maintain the standards for the fourth and fifth years which it has set for itself in the first three year program. Since the fourth year curriculum has already been embarked upon, the addition of laboratories becomes a high priority item.

Two problems immediately present themselves in considering the addition of laboratories: funds for the purchase of equipment and space to house the laboratories. The Engineering Faculty has compiled lists of equipment needs which seem to be adequately thought out, although they do not have available comparative cost data from different sources. They place their needs in two categories -an urgent requirement amounting to about \$300.000 dollars for the establishment of basic laboratories and a further requirement, amounting to an additional \$475.000 dollars, for more adequate laboratories. Space for the minimum laboratory installation can be made available in the existing Quonset building which presently houses drawing classes and which serves as an auditorium. Drawing instruction is being moved to other quarters, made available by the move into the new classroom and office building. If the Quonset building is taken over for laboratories, the University would then have no auditorium available, but engineering laboratories seem to represent a higher priority. The cost of converting the Quonset building into laboratories is estimated at \$45.000 dollars and is included in the \$300.000 dollar estimate for the basic laboratory project. If these minimal laboratories were later moved into other space designed specifically for engineering, a significant fraction of the \$45.000 dollar conversion investment would be lost. However, the need for laboratories is so urgent, and any new building for engineering is at least three years away, that provision of the minimum laboratory facility in the Quonset building seems to us to be a high priority item.

The third step in the development of the engineering program is the provision for a larger student body, the increased number of students arising not only from the admission of larger numbers of students, but also from decreased attrition among those admitted. The University is to be com-

mended for its effort to decrease attrition through provision of two levels of mathematics at the beginning level and through provision of vacation period mathematic courses of those who must take the lower level. The commitment to expand the engineering student body stems from the fact that Colombia needs more engineers and from the unsubstantiated belief that the cost per graduate can be decreased if the number of students in the program is increased. It is clear that the cost per student at the upper levels will decrease as more students are added since the initial classes will be small- no more than 15 students per class. However, adding more students at lower levels will entail faculty additions, increased physics and chemistry laboratory facilities and more classrooms space. How much these costs will amount to is not clear: no cost analysis has been made. We believe that such an analysis is in order and we suggest that the Andes will want to make one before they proceed far with their plan to increase the number of engineering graduates to 130 per year by 1971.

The fourth step in the development of the engineering program is the provision of a new building. The space now available to the Engineering Faculty is absolutely minimal with only faculty offices and a room for the computer provided. The Engineering Faculty shares in the use of general University classrooms. As already mentioned, the only potential laboratory space at the moment is in the Quonset building and this can handle no more than a minimum laboratory program. With the expansion into the fourth and fifth years, it will be impossible to maintain the standard of engineering education which Andes has set for itself in the first three years of the curriculum, unless new space is provided. Since the expanded program is already underway, with the first graduates expected in 1965, and since a new building cannot possibly be constructed in less than three years, it appears inevitable that the quality of The Andes engineering graduates is going to slump, at least for a few years.

The Faculty has available a preliminary estimate, totalling some 45,000 square feet, for the amount of space required to house the engineering program adequately. This estimate is very rough and no detailed program for the functions to be included in the building has been developed. We believe that a new building is so important to the maintenance of standards, that detailed planning should proceed, even before a plan for financing such a building is available. The importance we attach to the new building will seem reasonable when we note that, while engineering students constitute about one third of

the student body (excluding the arts and science students destined for engineering), the amount of space assigned to the engineering program is almost negligible.

The fifth and sixth steps in the development of the Engineering Faculty include a technical assistance program and a faculty development program. These seem to be well thought out by the faculty and we have nothing to add except to recommend support. In the technical assistance area one proposal which seems particularly good to us is that of conducting technical seminars at the Andes on subjects of current engineering interest, open to all Colombian engineers whether industrial or university connected, and taught by experts from the United States. Such institutes might run for a few weeks in vacation periods. They can make significant contributions to the level of Colombian engineering competence at minimum expense.

In the technical assistance program the Engineering Faculty visualizes a contract with a single North American university to provide visiting professors over a period of a few years to help establish the more advanced courses. Such an arrangement, with a single university, is advantageous if it can be worked out. Only the largest United States universities would be in a position to undertake the effort. Even if a single university cannot provide all the visiting faculty required, it would still be advantageous to have the recruitment responsibility in the hands of this single United States university.

An important feature of the faculty development program over the next several years will be the development of a plan to provide a few engineering faculty members trained at the Ph.D. level. Such people will be important in guaranteeing the quality of the more advanced courses in the fourth and fifth years of the curriculum, but they need not constitute more than a fraction of the entire faculty. Perhaps two Ph.D. qualified teachers in each of the engineering disciplines will be adequate.

A final conceivable step in the development of the engineering program could be the expansion into new engineering disciplines such as chemical engineering or agricultural engineering or into a program of graduate studies. At the present time the Faculty has no thoughts of any such expansions, at least for the next ten years, and we strongly urge that no such developments be undertaken in the foreseeable future. By consolidating the present program, The Andes will be making a major contribution to Colombian higher education.

The Financing of the Engineering Program

Financial situation is a confused one. We see no likely possibility of financing the addition of laboratories, the provision of the new building or even the development of the technical assistance and teacher training program with the resources now available to the University. The University has made a proposal to the Inter-American Bank under the date of June 1, 1964, for a loan of \$2.291.000 dollars to finance the building and land for the building, equipment, technical assistance and faculty development. If the bank makes the loan, the problems will be solved, provided the delays incidentals in arranging the loan are minimal. The University, however, will be left with a long term debt on its hands and no program for stimulating local contributions to the University will have been developed. Since the future of the University seems to depend on local fund raising, there would appear to be substantial advantage in making part of whatever support becomes available on a matching basis. There appears to be no way to develop details of possible support by the Inter-American Development Bank and by the Ford Foundation without discussion between the two agencies.

Recommendations for the University

In connection with the development of the engineering program we recommend that the University of The Andes undertake the following steps:

Development of a detailed cost analysis of the projected student growth. This analysis should project both operating cost and capital cost on a year-by-year basis. Included in the operating cost will be the added faculty, not only in engineering but also in Arts and Sciences, technical assistance, and faculty development. Included in the capital cost will be the provision for laboratory facilities, equipment, and library expansion. This planning should be done on the basis that laboratory instruction will be included in the curriculum as soon as the Quonset building can be modified and equipped.

- Preparation of a more precise equipment, technical assistance and faculty development plan for consideration by the Inter-American Development Bank and by the Ford Foundation.
- This more precise plan, outlining the requirements for equipment, for technical assistance, etcetera, on a year-by-year basis will follow directly from the detailed cost analysis suggested above.

- Development of the detailed program for new building to be followed by preliminary lay-out and designed for its construction, together with a capital cost analysis for the building. The Engineering Faculty requires a new building at the earliest possible date and the plan should proceed without delay. The Faculty must develop in detail the functions to be served in the building. With the help of technical consultants, skilled in laboratory design, the program can be converted in the building lay-outs, preliminary architectural design to fit the site (whose firm availability is assumed). All this can be done even before a plan for financing the building exists.
- Clarification with the Inter-American Development Bank and with the Ford Foundation concerning the parts of the development program which each is in a position to support. Detailed planning for the whole development program is impossible until it is known which parts of the program and in what amounts these agencies are likely to support. Inquiry could be made directly to the Bank and to the Foundation.
- Preparation of revised and detailed proposals to the Inter-American Development Bank and the Ford Foundation. When the interests of these agencies are known and when the detailed cost analysis of the engineering development program and of the building construction are known, precise proposals can be submitted.

We believe that the steps outlined in 1) through 5) above can be accomplished in the next two months with the exception of the building lay-out and preliminary architectural design. We visualize the possibility of making revised proposals in August of this year. Although the cost analysis on the building will not be firm by that time it should be firm enough, however, to proceed with the grant and loan proposals.

Recommendations to the Ford Foundation

On the basis of our conversations with Mr. Wickham it seems reasonable to make our recommendations on the assumption that the Inter-American Development Bank will support the equipment program and part of the technical assistance program proposed by the Andes. We also think that the Andes should proceed to develop its minimum laboratory program in the existing Quonset building and that it should also proceed with the planning of a new

building for engineering without delay. In the light of these considerations were commend the following for the Foundation's consideration:

- Help to the University in acquisition of the land for the new building. The Rector states that the University is firmly in possession of the land but that \$125.000 (the amount listed in the Inter-American Development Bank proposal) remains to be paid in order to complete the purchase of the land. We recommend that such help to the University be on a matching grant basis.
- Immediate assistance with planning for the new building. The Engineering Faculty can develop the program for the building and the Rector states that local architects will contribute their services in the design of the building. The Foundation can play a major role, however, in supplying consulting architectural advice from the United States in order to provide skill in the design of the laboratory buildings.
- Support for the portion of the technical assistance program not supported by the Bank. The details of this programs should be proposed in revised and detailed proposals to the Foundation once the Inter-American Development Bank's portion of the support is identified and once the Andes has refined its needs.
- Support of the faculty development program.
- Help in the construction of the new engineering building. Again we suggest that this help be on an appropriate matching funds basis.

The refined proposals covering each of the above items should be available during the next few months. It will take longer than this to develop a refined cost estimate on the building, but an approximate figure should be available soon and this should serve adequately in the consideration of the matching grant. Finally, we wish to mention the library. Only incidental help has been requested by the Andes for its library, but we believe that a substantial expansion will be required in order to provide even a minimum library for an engineering program of the Andes quality. The Foundation may wish to consider the possibility of support here.

June, 1964

Anexo 3. Proposición del Consejo Directivo al aceptar la renuncia*

Bogotá, D.E., 28 de septiembre de 1967

Señor doctor

Eduardo Aldana Valdés

E. S. D.

Estimado doctor y amigo:

El Consejo Directivo en su sesión del miércoles 27 de septiembre, después de comentar elogiosamente el contenido del informe de las labores adelantadas por usted durante el tiempo que ha permanecido al frente de la Decanatura de esa unidad docente, y al tener conocimiento de su renuncia con motivo de la especialización que usted va a adelantar en los Estados Unidos, aprobó, por unanimidad, la siguiente proposición:

El Consejo Directivo de la Universidad de los Andes al tener conocimiento de la renuncia presentada por el Doctor Eduardo Aldana Valdés, Decano de la Facultad de Ingeniería, deplora hondamente su retiro y entendiendo los altos propósitos que han motivado su renuncia, formula los mejores votos por el éxito de la tarea que el Decano Aldana Valdés cumplirá en los Estados Unidos.

Considera muy propicia esta ocasión para expresarle al Decano Aldana Valdés la incancelable gratitud de la Institución por el excelente desempeño en el cumplimiento de la misión a él encomendada y destaca el ejemplar espíritu de la colaboración, la nobleza de propósitos y la generosidad que distinguieron en forma tan característica su invaluable cooperación en el desarrollo de la Universidad. El Consejo Directivo acepta esta situación como una de naturaleza transitoria y solamente en la perspectiva de que a su regreso su vinculación a la Universidad no solo será segura sino aún más fecunda.

Al hacer míos los sentimientos expresados por el Consejo Directivo en esta ocasión, me es muy grato suscribirme, muy cordialmente,

Fernando Cepeda Ulloa
Secretario Consejo Directivo

* *Palabras clave.* Excelente desempeño, Compartir.

Anexo 4. Agradecimientos del Consejo Directivo*

Bogotá, enero 9 de 1968

Señor Doctor
Eduardo Aldana Valdés
Decano de la Facultad de Ingeniería
E. S. M.

Muy apreciado doctor y amigo:

Me permito informar a usted que el Consejo Directivo de esta Universidad acordó aceptar su renuncia, a partir del 19 de enero del presente año.

Quiero reiterarle, en nombre del Consejo y del Rector de la Universidad, la expresión de nuestro más profundo agradecimiento no solo por la brillante gestión cumplida por usted al frente de la Decanatura de la Facultad, sino también por haber aceptado continuar prestando sus servicios cuando el Consejo Directivo así se lo solicitó hace algunos meses y haber desarrollado durante este último lapso una tarea extraordinaria de consolidación de los programas de la Facultad y, lo que es más importante aún, de iniciación de otros no menos importantes, tales como el de Alta Gerencia y el de Magíster en Ingeniería Industrial.

Valga esta oportunidad para repetirle a usted los sentimientos unánimes del Consejo Directivo en el sentido de considerar su retiro como puramente transitorio y manifestarle la seguridad que las Directivas de la Universidad tienen que al terminar sus estudios en MIT usted regresará a su claustro Uniandino.

Con el mejor deseo por el éxito de sus labores futuras, me suscribo,
Muy cordialmente,

Fernando Cepeda Ulloa
Secretario del Consejo Directivo

* *Palabras clave.* Consolidación del pregrado, Iniciación programas de postgrado.

5

Massachusetts Institute
of Technology, MIT
(1968 A 1971)

Informe de la visita de directivos de MIT a Uniandes^{*}

Junio 20 de 1968

Señor doctor
Francisco Pizano
Rector
Universidad de los Andes
Bogotá

Estimado Francisco:

Te ruego excuses mi demora en hacerte llegar las prometidas ideas que se me ocurrieron con motivo de la visita a esa del señor Vincent Fulmer, Vicepresidente del MIT, y el profesor Frederick J. McGarry del mismo instituto. Desafortunadamente a mi regreso me cogió la carrera final del semestre y ya no tuve tiempo para algo que fuese diferente a mis tareas, exámenes y proyectos. Gracias a Dios logre sobrevivir con buen éxito y ahora aprovecho un breve descanso para escribirte.

El informe breve que te acompaño lo hice en inglés debido a que el profesor McGarry me pidió que le diera una copia. Espero me perdones mi pereza en traducirlo.

No creo que en este informe encuentres nada diferente a lo que te dije durante nuestra última reunión, pero en todo caso espero que te sea de alguna, aunque mínima utilidad.

Espero viajar a esa en agosto y tener la oportunidad de saludarte y charlar largo rato.

Cordialmente,

Eduardo Aldana

^{*} *Palabras clave.* Comunicaciones estamentos, Comités de Facultades, Composición Consejo Directivo.

Memorandum

Room 1-043

To: Dr. Francisco Pizano
From: Eduardo Aldana
Date: June 20, 1968

Introduction

In March 15, 1968, Mr. Vincent Fulmer, Professor Frederick J. McGarry and the writer visited the University of Los Andes in Bogota with the objective of reviewing its long-term development programs and informally advising the University on this respect. Mr. Fulmer made valuable suggestions to the University which were later summarized in a memorandum prepared by Mr. Carlos Garcia-Reyes, President of the Development Committee of the University.

During the discussions at Uniandes, this writer came to several conclusions which he agreed to present to the rector of the University in the hope that they could be of some benefit for the University. These conclusions do not necessarily reflect the opinions of either Mr. Fulmer or professor McGarry and because of the delay of this report could be no longer necessarily correct.

Major Issues

Every visitor of the University agrees that Uniandes offers a great promise of becoming the most outstanding private institution of higher learning in Latin America (Some of them even state that *it is* the best private University in South America). In order to keep up to these justified expectations, there are two problem areas that the University should give immediate attention.

1. Communications. It was evident to the visitors from M.I.T. that Uniandes, because of its very fast development, has run into problems that will be herewith called of communications. In this sense, it could be concluded that at least some members of the Board of Trustees had very little information about the specific academic and research activities of the several units of the University. On the other hand, very few of the faculty members were

informed of the current projects and programs at the highest administrative levels of the University. The continuation of this trend could, however, make very difficult the development of a joint purpose for the whole University and create an environment of distrust among the several components of the Institution.

For the above given reasons, it is herewith recommended that Uniandes study the possibility of:

- Creating committees within the Board of Trustees for each one of the major academic and research units of the University. Thus for example there could be Committees for Engineering, Economics, Architecture, etc. Each one of these committees would be entrusted with the responsibility of maintaining high academic standards in the assigned unit and keeping the Board of Trustees informed of the current activity of such unit. To accomplish these functions, each committee would visit the assigned unit once or twice a year, meet with the professors and even with the students and present a written report to the Board of Trustees about the state and needs of the unit. If considered necessary, a committee could enlist the participation of outstanding experts non-members of the Board of Trustees.
- Establishing means of permitting a more active participation of the faculty members in the policy-making activity of the University. Since the professor should be the most stable element of the University, it seems reasonable to give him some participation in shaping the institution in which he is going to work for many years.

2. Area of Influence of the University-Uniandes has students from many geographical zones of Colombia. The friends of the University come from many parts of the world. However, it has been tacitly assumed that the support of the University should be mainly supplied by the Bogota region, although the University could benefit by openly reaching other regions in Colombia and even in the world. The following movements could be considered:

- Appointing members of the Board of Trustees from other cities in Colombia.

- Appointing members of the Board of Trustees from other countries. Thus, now that the Latin American integration program has been initiated, it could be very important to have trustees from other Latin American countries. On the other hand, the University of the Andes Foundation in New York could be largely stimulated by having its President or one of its members appointed to the Board of Trustees of the University.
- As it could happen that the size of the Board of Trustees would become very large, the Board could entrust some of its functions in a smaller Executive Committee and meet only two or three times a year.
- In any case, it seems important that the Board should have a full-time executive (President or Secretary General) whose main function would be to coordinate the activities of the several Committees and to keep every member active and aware of the programs and projects of the Board.

c.c. V. A. Fulmer
F. J. McGarry

Comunicación remisoria y anteproyecto^{*}

Room 1-043
Septiembre 24 de 1968

Señor doctor
Octavio Arizmendi Posada
Ministro de Educación Nacional
Bogotá

Muy estimado doctor Arizmendi Posada:

Reciba usted mis más sinceras felicitaciones por la justísima distinción que se le ha hecho y que estoy seguro redundará en grandes beneficios para nuestro país.

^{*} *Palabras clave.* Ministro de Educación Nacional, Propuesta creación fondo similar a Colciencias.

El año pasado tuve el honor de conocerlo cuando la Cámara Junior me honró inmerecidamente al incluirme con usted y otros distinguidos colombianos entre los ejecutivos del año. Después de esa ocasión me retiré de la Decanatura de Ingeniería de la Universidad de los Andes, con el fin de trasladarme a MIT para continuar estudios de postgrado y así poder servir con mejores bases al campo de la educación superior en Colombia.

Me he permitido hacerle llegar con esta, una copia revisada de un anteproyecto que presenté hace algún tiempo al Ministerio de Educación Nacional y que hoy más que nunca considero de la mayor prioridad. Estoy seguro de que el Señor Ministro comparte las razones que hacen necesario un organismo de esta naturaleza que entre otras muchas cosas nos permitiría presentar una política de investigación coherente a las instituciones financieras internacionales. Me anima, sin embargo, a escribirle directamente el convencimiento que tengo de que nuestro atraso científico y tecnológico obedece –además de la ausencia de organismos de esta clase– a un complejo de motivos sociales imperantes en nuestro país que ha dado origen a un escepticismo científico de parte de aquellos que están en capacidad de propender por su desarrollo y que solamente el interés de líderes como usted podría cambiar esta situación que amenaza mantenernos en permanente subdesarrollo intelectual.

En espera de que el Señor Ministro encuentre de algún interés estas notas, me place suscribirme con sentimientos de elevada consideración y aprecio a la vez que desearle los mejores éxitos en el desempeño de su elevado cargo.

Atentamente,

Eduardo Aldana Valdés
Room 1-043
Department of Civil Engineering
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts 02139
USA

Anteproyecto Fondo para la investigación científica y tecnológica

Objetivo

Estimular, orientar, coordinar y patrocinar la investigación científica y tecnológica en Colombia como instrumento para el desarrollo social y económico del país.

Justificación

En relación con el Gobierno nacional

Corresponde al Gobierno identificar, formular y procurar el logro de los objetivos nacionales para lo cual debe movilizar a todas las entidades que puedan contribuir con sus recursos humanos y materiales. Entre estas, una de las más importantes es la Universidad la cual, por la limitación de sus recursos normales de operación, no ha podido hasta ahora participar activamente. Una política sana e inteligente de investigación haría que las mejores mentes universitarias del país se dedicaran al estudio y solución de sus más apremiantes problemas.

Por otra parte, el Gobierno necesita desarrollar verdaderos expertos en los campos vitales para el progreso del país. Los programas de investigación harían que tales expertos se formaran y que el Gobierno los conociera y tuviera los mejores elementos de juicios al solicitar en cualquier momento su colaboración.

En su atribución de vigilar la educación superior, el Gobierno tendría una herramienta poderosa para fomentar el progreso de un número razonable de centros educativos y de esta manera, muy positiva, frenar la peligrosa proliferación de instituciones mediocres.

En relación con las universidades

El poder desarrollar programas de investigación traería múltiples ventajas a las universidades entre las cuales se pueden destacar:

- Les permitiría desarrollar internamente su profesorado y posiblemente asegurar una mayor estabilidad del mismo, solucionando de esta manera uno de sus problemas más críticos;
- Se elevaría el nivel de la docencia y, al poner al profesor en contacto con la realidad del país, se orientaría mejor esta enseñanza, y

- Contribuiría a una mejor preparación del estudiante y a desarrollar su conciencia por la problemática nacional.

En relación con la comunidad

Muchos de los hallazgos de las investigaciones realizadas en el extranjero pueden y deben ser adaptados a los problemas de nuestra comunidad. Sin embargo, son bien pocos los individuos y las entidades que se dedican a esta empresa. Aún mucho más reducido es el número de los investigadores de aquellos problemas que nos son exclusivamente propios y, por lo tanto, no reciben atención en otros países.

Otro aspecto, que debe preocupar al país se relaciona con los efectos de la tremenda explosión tecnológica mundial. Es evidente que la distancia que nos separa de los países más avanzados continuará aumentando a una tasa creciente, si desde ahora no planeamos estrategias de desarrollo para nuestra ciencia y nuestra tecnología. Tenemos como estímulo para iniciar un programa de esta naturaleza los ejemplos de países como el Japón e Israel. En ambos casos el resultado exitoso de su desarrollo se debe, en gran parte, a una vigorosa política de investigación y desarrollo de sus recursos humanos que les permitió adaptar rápidamente los conocimientos y técnicas mundiales y como consecuencia desarrollar los propios.

También debe considerar nuestra comunidad los peligros que trae consigo el no tomar a la mayor brevedad medidas positivas en este sentido. Las palabras de Clark Kerr en su libro *The Uses of the University* vienen muy a propósito: “Los nuevos conocimientos son el factor más importante en el crecimiento económico y social. Nos estamos dando cuenta de que el producto invisible de la Universidad, el conocimiento, puede ser el elemento simple más importante de nuestra cultura que afecta el surgimiento y desaparición de profesiones, de clases sociales, de regiones y aún de naciones”.

Muy estrechamente relacionado con este problema se presenta el de la fuga de nuestros recursos humanos como resultado principalmente del poco estímulo que ofrece nuestro país a las gentes que con gran esfuerzo y a gran costo ha llegado a los mayores niveles de entrenamiento y formación. Por el paralelismo entre los problemas anotados, aunque no por la magnitud relativa que de seguro es mayor en los nuestros, es conveniente conocer lo que piensan los países europeos en este sentido. El Boletín de la Integración No.

13 del Banco Interamericano de Desarrollo comenta y cita los pronunciamientos de estos países en la siguiente forma:

Así, los países europeos y en especial los que componen la Comunidad Europea han comprendido que si no encaran a corto plazo una política científica común, la brecha actualmente existente entre su capacidad económica y la de EE.UU., se agrandará aceleradamente. Reconociendo la importancia de este problema el señor Marjolin, vicepresidente de la Comisión de la CEE, afirmaba recientemente ante el Parlamento Europeo que la capacidad de descubrimiento y su complemento, la de explotar el descubrimiento, desempeñan un papel análogo al que correspondía anteriormente a la posesión de yacimientos de materias primas y de fuentes de energía, pues para encontrarse en la primera fila de las naciones, no basta ya poseer el equipo necesario para producir en masa, sino que es preciso, además, ser capaz de renovar, y de renovar a un ritmo rápido, productos y técnica, concluyendo que todo inclina a pensar que ese ritmo se acelerará en el futuro.

La Comisión de la Comunidad Económica Europea ha llegado a considerar que, junto a las tendencias inflacionistas y a la insuficiente integración regional, los retrasos registrados en materia de investigación científica y tecnológica constituyen uno de los tres principales factores que reducen las perspectivas económicas de la Comunidad a mediano plazo. Y en el proyecto de programa de desarrollo económico 1966/70 dicha Comisión manifiesta que “si los países (de la CEE) han de seguir siendo, como lo han sido probablemente desde una generación, el principal importador de descubrimientos y el primer exportador de inteligencias del mundo, se condenarían a un subdesarrollo acumulado que haría bien pronto irremediable su declive.

Organización

Se presentan varias alternativas para el establecimiento del Fondo y su ubicación dentro de las instituciones nacionales que cumplen objetivos estrechamente relacionados con el que aquel se propondría. Para la selección de la más apropiada deben tenerse en cuenta por lo menos los siguientes criterios sobre las cualidades de la alternativa escogida:

- a. Capacidad operativa: el Fondo debe estar dotado de los mecanismos y herramientas que le permitan utilizar sus recursos con gran eficiencia;
- b. Conocimiento del problema: la dirección del Fondo debe colocarse en manos de personas o entidades que aseguren un cabal cumplimiento

de su objetivo en lo relacionado con la orientación y coordinación de la investigación;

- c. Subordinación a los objetivos nacionales: el Gobierno debe retener la capacidad de dirigir la actividad del Fondo hacia el logro de objetivos nacionales;
- d. Independencia de los beneficiados: el Fondo debe tener la independencia necesaria para poder tomar las decisiones relacionadas con la ayuda financiera únicamente en consideración a su objetivo y a la capacidad investigativa de la institución o del individuo al cual se otorga la ayuda, y
- e. Economía en burocracia: la organización que se dé al Fondo debe evitar que la administración del Fondo consuma una parte apreciable de sus recursos.

En consideración a lo anterior se proponen las siguientes alternativas:

- El Fondo como una unidad del Departamento Administrativo de Planeación Nacional u otra dependencia similar del Gobierno. En tal caso se cumplirían los criterios c) y d) y en la reglamentación y organización del Fondo se podría buscar el cumplimiento de los otros criterios;
- Una sociedad profesional o científica como guardián del Fondo. Se podría considerar que una sociedad académica, reconocida ya como asesora del Gobierno, (vgr. la Sociedad Colombiana de Ingenieros), se encargase de la custodia y administración del Fondo. En este caso se cumplirían los criterios b), d) y e) y en el contrato entre el Gobierno y la Sociedad se podría reglamentar el cumplimiento de los otros criterios.

Funciones del Fondo

Debido a la brevedad necesaria en un anteproyecto, no se considera conveniente fijar aquí sino algunas de las más características:

- Conocer los objetivos nacionales y las prioridades de investigación que de ellos se deduzcan;
- De acuerdo con el literal anterior, anunciar periódicamente los campos técnicos y científicos en los cuales estaría dispuesto a patrocinar investigaciones;
- Nombrar consejeros ad honórem que lo asesorarían en el análisis de propuestas;

- Analizar las propuestas y los informes de sus consejeros y escoger aquellas meritorias;
- Proporcionar los recursos necesarios para la ejecución de las propuestas aceptadas;
- Supervisar el uso de los fondos y fomentar todas aquellas actividades necesarias para desarrollar la investigación dentro de un marco nacional de prioridades.

Como se puede observar, no se pretende que el Fondo adelante por sí mismo la investigación, sino más bien que vele porque esta se desarrolle en todos aquellos lugares que tengan ya bases suficientemente sólidas para llevarla a cabo y que son principalmente las mejores instituciones universitarias.

Plan de acción

- Consultar al Gobierno Nacional, por intermedio del Ministerio de Educación Nacional, sobre la conveniencia y oportunidad de la creación del Fondo y solicitarle que, si su reacción al anteproyecto es favorable, tome las medidas del caso para convertirlo en realidad.
- Una de las medidas preliminares podría ser la integración de una comisión que se encargase de preparar el proyecto de ley y demás documentos necesarios para estructurar y reglamentar la futura operación del Fondo. Para este fin sería muy conveniente considerar las organizaciones similares que tienen otros países como Chile, cuyo gobierno destina cerca del 0.5% del presupuesto nacional para la investigación, y Argentina, Brasil y los Estados Unidos, que han creado fundaciones nacionales para la investigación científica y tecnológica.
- El Gobierno Colombiano podría también solicitar la colaboración de una entidad internacional tal como la UNESCO, la Fundación Ford o la Agencia Internacional para el Desarrollo. Cualquiera de estas instituciones seguramente estaría dispuesta a brindar la asistencia técnica necesaria, a financiar los estudios del caso y aún a dotar al Fondo de los elementos y facilidades requeridos para la iniciación de actividades.

Eduardo Aldana Valdés
Bogotá, abril de 1967

Towards Microanalytic Models of Urban Transportation Demand*

by

Eduardo Aldana-Valdes

Bs, University of Illinois and IC, University of Los Andes (1957)

MS, University of Illinois (1958)

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Doctor of Philosophy at the

Massachusetts Institute of Technology

February 1971

Signature of Author _____ (firma) _____

Department of Civil Engineering, January 15, 1971

Certified by _____ (firma) _____

Thesis Supervisor

Accepted by _____

Chairman, Departmental Committee on Graduate Students of the

Department of Civil Engineering

Abstract

The demand for urban transportation is modeled at the level of the individual household. This demand is regarded, first, as a choice of means of mobility among the alternatives of locating, in the central zones of the metropolitan area or in the surrounding suburban zones, owning one, two, or more automobiles or not owning an automobile, and making use of public transportation or not. The demand for trips by travel mode and trip purpose is subsequently analyzed as conditional upon the previous choice.

For the estimation of the parameters of the model, the households are stratified into fourteen "market segments", using the concepts of life cycle stages and social classes. The groups obtained are observed, as expected, to have widely different preferences for means of mobility.

* *Palabras clave.* Demanda transporte urbano, Modelos estadísticos, Modelos estructurales.

The estimation procedures are illustrated by estimating the parameters of one segment by means of discriminant analysis techniques. The validity of the model is successfully tested by predicting the transportation selections of households in a different sample.

The potential of the models as decision-making tools is discussed. Possible applications are envisioned in the design of market strategies for mass transportation systems, the evaluation of effects of transportation investments, and the design of new urban transportation technology.

Finally, extensions of the approach to dynamic and decision oriented models are outlined.

Thesis Supervisor: Joseph H. Stafford
Assistant Professor of Civil Engineering

Acknowledgments

I am most grateful to directors and executive officers of the following agencies and groups:

The Ford Foundation for providing a grant to the University of Los Andes which included support for fellowships for faculty members. The Institute of International Education efficiently managed the fellowship portion of this grant.

The Project *Cars* of the Massachusetts Institute of Technology for making computer time and the research resources from which this thesis evolved, available.

The Inter-American Program in Civil Engineering of the Massachusetts Institute of Technology for providing research and travel funds that permitted a link of my doctoral studies to the School of Engineering of the University of Los Andes, in particular, and to developing countries, in general.

I am very grateful and acknowledge the encouragement and guidance received from the members of my Doctoral Committee: Joseph H. Stafford, Richard L. de Neufville and Michael B. Godfrey. Professor Stafford, as Thesis Supervisor, provided some of the ideas and the motivation which made this research a reality.

Innumerable friends, mainly at the University of Los Andes, the University of Illinois and at the Massachusetts Institute of Technology, lent assistance and encouragement to my academic undertakings and have influenced my ac-

ademic and professional interest. I hope that this general acknowledgement will transmit to each one of them how much I appreciate their contributions.

Mrs. Julie Mester was most efficient in typing this document under the pressure of very limited time.

Maristella Sanin de Aldana made the greatest contribution to my doctoral studies by enlightening our home with courage, optimism and understanding. For her, in deep admiration, and for our children Santiago and Maristella, this work is dedicated.

Table of contents*

Abstract

Acknowledgements

Table of contents

List of tables

Chapter I Introduction and objectives

1.1 Introduction

1.2 Objectives

Chapter II Modeling considerations

2.1 General

2.2 Model Type and Basic Postulates

2.3 Outline of Research and Further Considerations

2.3.1 Endogenous Variables: The Dimensions of Mobility

2.3.2 Exogenous Variables: Policy and Control Variables

2.3.3 Market Segmentation of Households

2.3.4 Formulation, Estimation and Validation of Choice Model

2.3.5 The Trip Model

2.3.6 Summary

2.4 Data Used in Research

Chapter III Empirical sample classification

3.1 General

3.2 Location: Central city versus Suburbia

3.3 Auto ownership: No auto versus auto ownership, versus multiple ownership

* Unicamente se incluye el Capitulo I de esta tesis.

	3.4	Transit use: None versus some
Chapter IV		Demographic segmentation of households
	4.1	General
	4.2	Methods of Stratification
	4.3	Factors Affecting the Mobility Behavior of Households
	4.4	The Empirical Approach to the Segmentation of Households
	4.5	Examination of Segments
Chapter V		SPECIFICATION OF THE CHOICE MODEL
	5.1	General Specification
	5.2	Detailed Specification
	5.3	Alternative Specification of the Model
	5.3.1	Simultaneous Relationships
	5.3.2	Structural Forms
	5.3.3	Marginal Distributions
	5.4	Equivalence of the Two Formulations
Chapter VI		Estimation of the choice model
	6.1	General
	6.2	Exogenous Variables in Transit Choice
	6.3	Exogenous Variables in Choice of Number of Automobiles
	6.4	Estimation of the Structural Forms in the Transit Choice
	6.5	Estimation of the Structural Forms for the Choice of Automobile Ownership Level
	6.6	The Unconditional or Marginal Choice of Auto Ownership Level
Chapter VII		Validation of choice model and implication of estimates
	7.1	Introduction
	7.2	Predicting Transit Usage
	7.3	Predicting Choice of Auto Ownership
	7.4	Testing for Disaggregative Prediction
	7.5	Implication of the Estimates
	7.6	Conclusion on Validity of the Choice Model
Chapter VIII		The trip model
	8.1	General
	8.2	Tripmaking Rates
	8.3	Specification of the Trip Model
	8.4	Estimation of the Model

	8.5	Additional Validation of the Models
Chapter IX		Conclusions and recommendations
	9.1	General Conclusions
	9.2	Methodological Conclusions
	9.3	Implications of Results
	9.4	Recommendations for Extensions
Bibliography		
Biographical summary		
Appendices		
A.		Estimates of the Parameters of Choice Model for Demographic Groups 11 and 14
B.		Classificatory Power of Discriminant Analysis
C.		Average Trips per Household by Purpose and Mode in Demographic Groups 3, 11 and 14

Chapter I

Introduction

During the twenty years, 1950-1970, much effort has been allocated to the analysis of urban transportation systems. A consequence of the analysis effort has been the design of models for predicting future transportation demand. Much of the interest in demand models – especially in the academic world – has been stimulated by the availability of information collected in the travel surveys (best known as origin-and destination surveys) started in the forties and continued through the fifties and the early sixties.

Through the contributions of hundreds of individuals, both in the United States and abroad, the emphasis has gradually shifted from a purely pragmatic interest in the forecasting of volumes of travel towards a more fundamental concern with the explanation of the underlying factors that determine the response of the population when confronted with transportation choices.

It also has been observed that the urban transportation activity is so intrinsically related to the rest of the complex urban system that the boundaries between the transportation and other urban subsystems are very ill-defined. Thus, many of the efforts to isolate and abstract the transportation subsystem have been handicapped by the problems of separating the effects of the exogenous elements from the effects of the endogenous elements.

Under this constraint, analysts have frequently been forced to limit the applicability of their results to a particular city and a particular time period. The approach generally followed to solve this problem has been to expand the boundaries of the subsystem to include more characteristics of the transportation activity and more elements of the urban environment. With respect to transportation demand models, some methodological problems seem to slow down further progress in this direction. Most of the existing urban transportation demand models deal with the behavior of aggregate masses of population such as those residing in geographical zones within a metropolitan area¹. Thus, in the first place, it is not at all clear how the residential location choice – both an explanatory factor of the demand for transportation and an endogenous element in an expanded system can be accounted for in the model formulation. In addition, it is rather difficult to identify the effects of those characteristics of the transportation activity which are regarded differently by individuals residing in a given zone but pass as unimportant explanatory elements of the behavior of the aggregate zonal populations.

Finally, even the most sophisticated macroanalytic models recently developed use one form or another of zonal averages. Critical assumptions underlying these macroanalysis are that the households within a given zone of analysis can be considered as fairly homogeneous and that variations of the zonal averages provide accurate representation of the variations between individual households. But as McCarthy (1969), among others, has shown these are rather untenable hypotheses in the light of available empirical information.

During the last decade, there has been an increasing interest in a more disaggregate analysis of complex systems of this type². In urban transportation, modelling the microanalytical approach has generally been based on the assumptions that the traveler is the basic decision unit and that the trip

¹ See, for example, Wohl and Martin (1967) for a brief survey of some of these models and further references.

² Orcutt et al (1961) make the case for this approach in modelling complex social systems in what they define as microanalysis of socio-economic systems. Both microanalysis and disaggregate analysis are of course relative expressions which have different meanings for people in different academic disciplines. To avoid ambiguity, they will be used in this report with the meaning of analysis at the level of the assumed decision making unit (i.e., the commuter, the family, etc.).

is the object of the considered decisions. The best known applications have thus consisted of models of the selection of a transportation mode for the commuter's journey to work³. Most of these models have been able to deal successfully with detailed attributes of the transportation modes and the travelers.

Many of the models described in the above paragraph have regarded as exogenous elements several characteristics of the decision maker, such as whether an automobile is available for the journey to work and whether transit constitutes a valid alternative. These latter characteristics of the decision maker, however, are the results of choices previously made within a broader system which defines his overall outlook on the problem of mobility in an urban setting. These choices can be regarded as made in an effort to satisfy the demand of the traveler and – as discussed below – his immediate family for accessibility to the sources of income, commodities and services required by present-day living practices. Thus, it seems a natural extension to look for microanalytic models capable of dealing with issues in this broader system. By doing so, the focus is switched from the so-called modal split problem to the demand for urban transportation and from the trip as subject of analysis to the different means by which the decision unit can meet this demand for mobility.

The interest in microanalytic models can be justified on three more accounts. First, their degree of disaggregation provides a most natural setting for the development of causal relationships among their components based on simple assumptions about the behavior of the decision-making unit. Second, they usually allow a building block approach which could be extremely useful as a strategy for the development of urban models based on interrelated blocks describing the urban transportation sector, the housing sector, the educational sector, etc. Finally, they provide useful guidance as to the appropriate way to aggregate data and relationships in the development of more efficient and operational aggregate models⁴.

³ Interesting works in this area are those of Warner (1962), Quarmby (1967), Lisco (1967), Stopher (1969), and McGillivray (1969).

⁴ See Stowers (1968), for a useful summary of the opinions of model builders on the issue of micro versus macro model development. See Supporting comments by Kenneth J. Arrow, cited in Chapin (1956), as well as Chapin's discussion on level at which to study consumer behavior.

To complete this introduction, the level at which the analysis is to be carried must be indicated. This is done by choosing the decision-making unit, a critical element in the formulation of any microanalytic model. It has been hinted that, given the present structure of the society, mobility and travel decisions are by and large made implicitly or explicitly by the household, that is, the group of related individuals sharing a dwelling unit. Although this selection could be defended on purely intuitive grounds, there is direct and indirect empirical evidence to support it. Thus Oi and Shuldiner (1962) were pioneers in demonstrating how much understanding of the urban travel phenomena could be gained from a careful study of the behavior of individual households. Similarly, researches in the closely related area of demand for durable goods⁵ have learned to explain the demand for these items through the study of family budgets and their characteristics. This experience is extremely relevant to the urban transportation demand problems because the automobile, one of the most important durables, has been found to dominate the urban travel scene⁶.

Objectives

Although macroanalytical models of urban transportation are very useful, they cannot capture some of the urban traveler's responses to many factors of interest to the designer and operator of a transportation system. These inherent limitations of the aggregate approach arise mainly from the inability of the models to handle detailed descriptions of the transportation system and from their limited ability to consider the differential responses of population subgroups. A knowledge of these responses is, however, extremely useful in planning new transportation systems and in evaluating their impact on different sectors of the population.

The valuable features of the microanalytic method make it desirable to test the feasibility of the approach in the greatly expanded system in which the urban dweller determines his approach to mobility. As previously noted, the microanalytical method has already shown some promise as a tool for ex-

⁵ See Pyatt (1964) for references into the subject as well as for an interesting model of the demand for durable goods in England.

⁶ Almost all of the so-called "trip generation" models have found that mean automobile ownership rate constitutes the single most important factor accounting for the average number of trips made by families in a given zone. For examples of findings of some well-known studies, see Chapter III in Oi and Shuldiner (1962).

plaining the modal split process of urban commuters. This thesis, therefore, explores the problem involved in the development of a more comprehensive model of the urban households' choices among mobility options: residential location, use of public transportation and ownership of automobiles.

In order to keep the size of this undertaking within the time limits and available resources of a thesis, no effort will be made to model the residential location choice. It is included in the analysis in order to insure that proper care is given to its effects on the other choices. It could subsequently become an interrelated block within an enlarged model.

The microanalytical approach does not indicate a switch of interest away from the behavior of the aggregated population of an urban area. On the contrary, the interest in the elementary decision making units is not to predict their individual behavior but to assess through them the behavior of geographical or demographic sectors of the urban population.

The "trip" is not considered as the main subject of the decisions under the hypothesis that its characteristics (i.e., number, mode, etc.) are predetermined to a great extent by the mobility options selected by the household. However, the trip behavior of the households, conditional on the location and transportation options selected by each, is analyzed in an effort to assess the importance of the remaining systematic variability.

The nature of the research is largely exploratory and therefore no effort is made to provide final answers to the multiplicity of issues which are raised and identified in the course of developing the model. In testing the feasibility of the microanalytical approach for the study of urban transportation demand, real data on the household and their characteristics is used. However, the purpose of the research remains mostly methodological in the sense that its concern is with the problems associated with the method rather than with the empirical results per se. This restriction of the scope of the research results in part from time and budget limitations and in part from the limitations of the data which were never envisioned to entirely meet the needs of this research. Mostly, however, it results from the preferences of the researcher for problems of this type and from his subjective evaluation of their priority as subjects of academic analysis.

The need for these drastic limitations on the scope of the research will become apparent in the next chapter which briefly describes the tasks confronting

the development of the model. They will be observed to be extremely demanding of time and data, a common characteristic of the microanalytic method. Hopefully, the advantages of the approach will compensate the costs involved.

Microanalysis of urban transportation demand^{*1}

Eduardo Aldana, University of Andes, Bogotá, Columbia
Richard L. de Neufville, Massachusetts Institute of Technology
Joseph H. Stafford, University of Florida

Summary

A disaggregate or microanalytic demand model for urban travel is developed. The model takes into account the simultaneous and interdependent character of decisions about travel, location, and automobile ownership. Two special features characterize the structure of the model: The household is taken as the basic decision unit, and the social class and the stage of the life cycle of those units are important explanatory variables. Stratifying Boston survey data according to those groups generally supported the hypotheses and emphasized the importance of location as a prior determinant of travel choices. An important conclusion for transportation policy grows from that observation: Indiscriminant improvements in transit service, which do not considered the existence of market segments defined by location, may lead to frustratingly small changes in the use of public transportation.

Introduction

Much effort² has been allocated to the design of models for predicting future demands for transportation. Through the contributions of hundreds of individuals, the emphasis has gradually shifted from a purely pragmatic interest in the forecasting of volumes of travel to a more fundamental concern with

^{*} *Palabras clave.* Modelos Microanalíticos, Proyecciones vs entendimiento, Bibliografía.

¹ Highway Research Record Number 46, 1973, Travel Behavior, Highway Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences – National Academy of Engineering.

² Publication of this paper is sponsored by Committee on Social, Economic and Environmental Factors of Transportation.

the explanation of the underlying factors that determine the response of the population when confronted with transportation choices. This paper describes recent efforts to develop such a causal model for urban travel.

A disaggregate or microanalytic demand model for urban travel is the developed. It takes into account the simultaneous and interdependent character of decisions about travel, location, and automobile ownership. Two special features characterized the structure of the model: The household is taken as the basic decision unit, and the social class and the stage of the life cycle of those units are proposed as important explanatory variables. As shown below, the results generally support the hypotheses and emphasize the significance of location as a prior determinant of travel choices.

Level of analysis

Most of the existing urban transportation demand models deal with the behavior of aggregate masses of population, such as those residing in geographical zones of a city (39). That may not be appropriate. First, it is not clear how the choice of residential location can be accounted for as an explanatory factor of demand. It is also rather difficult to identify the effects of transportation characteristics that may be significant to individuals but relatively unimportant in explaining the behavior of zonal populations. Finally, macroanalytic models embody the critical assumption that households within a given zone are fairly homogeneous and that variations in zonal averages accurately reflect the variations among individuals. But as McCarthy (21) and others have shown, this hypothesis does not appear correct for transportation in light of available evidence.

The alternative to an aggregate or macroanalytic model is a disaggregate or microanalytic analysis. Whereas the macroanalytic analysis estimates the parameters of a model from data on the average behavior of groups of the population, the microanalytic approach focuses on information about individual units. Statistically speaking, disaggregate analysis provides more efficient estimates of the parameters in that smaller standard errors can be obtained at a smaller computational cost. Furthermore, a disaggregate analysis avoids the ecological fallacy of inference, whereby factors that coincidentally dominate the behavior of the arbitrary groups of an aggregate analysis are interpreted to affect the behavior of individuals (8). On both counts, a microanalytic analysis is preferable for developing demand models.

The interest in microanalytic models can be justified on 3 more counts. First, disaggregation provides a most natural setting for the development of causal relations among their components, based on simple assumptions about the behavior of the decision-making unit. Second, they usually allow a building-block approach that can be extremely useful as a strategy for the development of urban models based on interrelated blocks describing the urban transportation, housing, educational, and other sectors. Finally, they provide useful guidance as to the appropriate way to aggregate data and relations in the development of more efficient and operational aggregate models (32).

Recently, there has been an increasing interest in a more disaggregate analysis of complex social systems (25). In urban transportation, the microanalytic approach has generally been focused on the prediction of the commuter's selection of a transportation mode for his journey to work (19, 22, 27, 31, 34). Most of those models have been able to deal successfully with detailed attributes of the mode of transportation and of the travelers.

Context and decision units

Many of the microanalytic transportation demand models treat as exogenous important characteristics of the traveler, such as whether an automobile is available for the journey to work and whether transit constitutes a valid alternative. But those attributes are actually the results of choices that the decision-maker or his household has made, within a broader system, to satisfy demands for accessibility to sources of income, commodities, and services. It is natural, therefore, to extend the microanalytic model to this larger context. By so doing, the focus is switched from the modal-split problem to the demand for urban transportation and from the trip to the different means by which the decision unit can meet its demand for mobility.

As a further extension, the decision unit, critical to any microanalytic model, was chosen in this study as the household rather than the individual. Given the present structure of society, mobility and travel decisions are, by and large, made implicitly or explicitly by the household. That selection is both intuitively reasonable (5) and well supported by considerable evidence. Oi and Shuldiner (23) showed how much understanding of urban travel could be gained by examining individual households, and researchers in the closely related area of demand for durable goods have learned to explain demand

through the study of family budgets and characteristics (26). That experience is extremely relevant to urban transportation demand because of the dominance of the automobile, one of the most important durables, in urban travel.

Modeling considerations

To model the demand of households for mobility in an urban environment is to achieve a representation of the outcomes of the process by which each household selects sets of transportation options under given sets of stimuli. Ideally, one would like to achieve a dynamic representation that could “simulate” the adjustment, through time, of each household to different stimuli. That approach requires a clear understanding of, and detailed information about, the process underlying the choices and behavior of households at any moment. As a prerequisite for gaining that understanding, one must usually begin by learning how the household’s course of action is affected by different situations.

The concept of equilibrium, when applicable, has been found to be extremely useful for this purpose. Equilibrium assumes that any random observation on a system shows in at, or very close to, the most stable or desirable position, given the set of stimuli upon it. For example, in the urban transportation system, a household might be assumed to have the most preferred number of cars in accordance with any other alternatives, its socioeconomic characteristics, and whatever constraints may its choices. To the extent that a system is, indeed, close to equilibrium, the governing models are much easier to estimate than they would be for a dynamic model.

The simplification obtained by introducing the concept of equilibrium is paid for. It imposes caution on the interpretation that can be given to the response of households to external factors. Specifically, Grunfeld (12) and Malinvaud (20) have shown that coefficients estimated from cross-sectional data tend to include long-term tendencies and cannot, by themselves, provide fully accurate estimates of short-run responses. But that limitation does not seem to hamper the exploration of the causes of individual choice.

Acceptance of the notion of equilibrium points to a set of postulates drawn from the theory of consumer behavior, as described by Lancaster (16). This theory, which has already provided a basis for much work in demand studies, can be used as a theoretical base for the specific model formulated here. The specific postulates are that households (a) desire transportation

characteristics such as mobility and accessibility, which are required in their daily activities and (b) attempt to maximize, subject to the constraints of available income, the combined utility that they can obtain from the characteristics of all services and commodities, including mobility and accessibility.

Choice of variables

To specify the model, it is necessary to be fully explicit about its endogenous and exogenous variables. These are described below from a theoretical point of view. The translation of such definitions in to practical terms always requires some considerable effort. In this instance, data from 3 sources were used for the application of the model to Boston: the comprehensive traffic and transportation inventories (38), which include files on more than 38,000 households, 117,000 persons, and 300,000 trips; the land use and forecasting matrices for 626 zones, which were developed by the Eastern Massachusetts Regional Planning Project; and statistics of the Registry of Motor Vehicles. Details on the use of those files for the establishment of the variables are given by Aldana (1).

Endogenous variables

The endogenous variables of this model can be considered to be the dimensions of the space in which a household can look for sources of mobility and accessibility. Neglecting some rather unusual cases, there are essentially 3 dimensions: residential location, number of automobiles available to a household, and use of public transportation.

The choice of residential location is, certainly in part, a transportation decision, notwithstanding evidence that households are often concerned more with neighborhood quality than with accessibility in choosing a site (3, 30). Location clearly influences their available options and, thus, their choices. Conversely, households that can select some options (for example, buy several cars) are more likely to locate in certain zones than those that cannot. Although metropolitan areas are quite heterogeneous, 2 broad subareas seem to be especially important from the point of view of accessibility and mobility: the business districts with their concentrated activities and the suburban residential area. The household's choice of location is, subsequently, regarded a selection of one of those two.

The number of automobiles available to a household (say, none, one, or more) is both a determinant of choice of transportation means and, as a consequence of residential location, a result of preferences for different forces of mobility. That levels of automobile ownership are determined outside of the model has been an assumption in most empirical studies, but it seems more reasonable to take this as a transportation decision. A few recent studies by Kain (14), Shindler and Ferreri (29), and Leathers (18) have already taken that view.

The use of public transportation would be the central issue for the applications concerned with the prediction of the effects of improvements in this sector. A natural classification of the households would seem to be between those using transit regularly and the rest. This typology indicates not only which households rely in some sense on transit as a source of mobility but also which households are likely to have information about transit schedules and transit times.

Exogenous variables

As in any other model, the exogenous variables can be classified into policy and control variables. The policy variables are those that can be altered to achieve particular objectives and, thus, whose effect the analyst wishes to predict. In the present model, they are represented by variables measuring the level of service of public transportation.

The control variables measure the diversity of the population being observed. In the present case, they are the measures of the socioeconomic characteristics of households. To avoid errors in the estimation of the effects of the policy variables, one should stratify or segment the population and the data into reasonably homogeneous groups, as described by the control variables, or those latter variables should be explicitly included in the model.

Market segmentation of households

The stratification of the population of households into groups likely to have similar utility functions is a prerequisite for a microanalytic model based on the analysis of the behavior of such micro-units. This need has been recognized in the past from quite different points of view. Thus, Zellner (41) studied the biases introduced into the analysis when the micro-units are different, and marketing

researchers have been concerned with this problem under the heading of “market segmentation” (11). Both of those points of view are complementary. The stratification of the sample population is necessary to ensure the statistical acceptability of the estimates and, once those estimates are found, permits an analysis of the differential characteristics of the population strata.

The study of consumer behavior has shown that it is extremely important to consider the so-called “life cycle stage” of the household, which accounts for a large fraction of the variation of consumptional patterns of the households, and of automobile ownership in particular (15). Lansing and Morgan (17), for instance, suggest 3 main stages in the life of an ordinary family—the bachelor stage, the stage of marriage, and the stage of the solitary survivor—and describe how income, expenditures on durable goods, and attitudes about financial position differ from stage to stage. The closely related concept of age has, of course, been extensively used as an explanatory factor in studies of urban transportation demand (37, 40); but, as indicated by Wells and Gubar (36), the life-cycle concept seems to provide a better description of the family as a unit.

Another important taxonomic concept is what sociologists have referred to as social class. Although there is no consensus on the definition of that term, a social class may generally be thought of a group of individuals with broadly similar positions of power. Some marketing researchers, such as Carman (4), have found the concept highly useful. Specific justification for the use of social class in the study of the demand for urban transportation comes in addition from empirical studies of urban social stratification, which disclose a close relation between social and spatial distances in a community (10), and from evidence of trip generation rates of different occupational groups (33).

Income was not used for the segmentation of household. First, several researchers have, as reported by Carman (4), become convinced that social class is a more significant determinant of consumption patterns. Second, the residual effects of income, once social class and life-cycle stage have been considered, can relatively easily be approximated.

Classification of data

The data for the example analysis in Boston were classified quite readily into the postulated typologies of location, life cycle, and social class. Standard clustering techniques, such as factor analysis, were used (13). The essential

procedure consists of using detailed data on each element of a population to define mutually exclusive, collectively exhaustive groups. A formula, which is developed by using any one of a number of procedures, assigns elements to the groups so as to minimize the chance of misclassification. Details of the techniques used are given by Aldana (1).

For the example analysis, all Boston zones were divided into the 2 categories of business district and suburban. The following market segments were obtained. Seven life-cycles stages were significant: young bachelors; childless, young couples; couples with small children; couples with teenagers or adult dependents; broken families; childless, old couples; and single, old persons. Only 2 social classes were significant: white- and blue-collar workers.

The choice model

The description of the model can be made more precise if possible outcomes of the choice are regarded as alternative “states” in a 3-dimensional space. From the point of view of the household, the states are described by combinations of the 3 endogenous variables: automobile ownership level, transit usage, and locations within the metropolitan area. The choice procedure can be simply regarded as the activity of the household directed toward evaluating the utility of, or preference for, each one of those states and the selection of the one affording in the highest satisfaction.

Conclusions

The model produces results that seem admissible in the light of prior knowledge of the situation, and tests of hypotheses rejected the irrelevance of the postulated causal mechanism. Statistical tests of the validity of the model, although never conclusive, did not undermine the credibility of its predictions.

The choice and trip models provide a means to assess the impacts of policy changes on the different segments of society. Concepts borrowed from the social sciences, such as life-cycle stage and social class, seem to be extremely useful for segmenting the population into homogeneous strata, a

* El resto de esta sección y la siguiente (Illustration of results) se han omitido por contener fórmulas y tablas de poco interés para el lector general.

necessary step in any disaggregative approach. Only through the identification of the several market segments and the quantification of the intensities of their responses will it be possible to design truly effective strategies for expanding the clientele of urban transit.

One result of the limited calculations conducted so far is the indication of low sensitivity of transit usage for a particular demographic group to changes in accessibility. This contrasts with the large variations shown by this group throughout the entire city. One is led to conclude, therefore, that the changes in use of transit observed within the city are not just the result of differences in the level of transit service but are mostly the product of dissimilar attributes and preferences of the households located in different areas. As a corollary, it would appear that indiscriminate improvements in transit service, that is, changes that do not consider the existence of market segments, might lead to frustratingly small changes in transit use, at least until long-term changes in residential patterns and adjusted to existence of new service.

Acknowledgments

The authors are grateful to many groups for the support, both intellectual and financial, that encouraged this work and enabled it to be completed: the Ford Foundation, the M.I.T. Department of Civil Engineering, and the M.I.T. Urban Systems Laboratory.

References

- Aldana, E. Toward Microanalytic Models of Urban Transportation Demand. Dept. of Civil Eng., M.I.T., Cambridge, PhD thesis, 1971.
- Anderson, T. W. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley, New York, 1958.
- Butler, E. W. Chapin, F. S., Hemmes, G. C., Kaiser, E. J., Stegman, M. A., and Weiss, S. F. Moving Behavior and Residential Choice-A National Survey. NCHRP Rept. 81, 1969.
- Carman, J. M. The Application of Social Class in Market Segmentation. Inst. of Bus. and Econ., Univ. of California, Berkeley, 1965.
- Chapin, F. S. Explaining Consumer Behavior On What Level. In Consumer Behavior (Foote, N.N., ed.), New York Univ. Press, New York, Vol. 4, 1961.
- Christ, C. F. Econometric Models and Methods. John Wiley, New York, 1966.

- Cragg, J. G. Programs for Multiple Probit and Logit Analysis and Extensions to Them. Unpublished, 1968.
- De Neufville, R., and Stafford, J. H. Systems Analysis for Engineers and Managers, McGraw – Hill, New York, 1971.
- Development of a Behavioral Urban Travel Demand Model. Charles River Assoc., final report draft, June 1971.
- Duncan, O. D., and Duncan, B. Residential Distribution and Occupational Stratification. *Am. Jour. of Sociol.*, Vol. 60, 1954-1955, pp. 493-502.
- Frank, R. E. Market Segmentation Research: Findings and Implications. In *Applications of the Sciences in Marketing Management* (Bass, King, and Pessemier, eds.), John Wiley, New York, 1968.
- Grunfeld, Y. The interpretation of Cross Section Estimates in a Dynamic Model. *Econometrica*, Vol. 29, July 1961, pp. 397-404.
- Harman, H. M. Modern Factor Analysis. Univ. of Chicago press, 1967.
- Kain, J. F. A Contribution to the Urban Transportation Debate: An Econometric Model of Urban Residential and Travel Behavior. *Rev. of Econ. and Stat.*, Vol. 46, 1964, pp. 55-64.
- Katona, G., Mueller, E. L., Schmiedeskamp, J. W., and Sonquist, J. A. Survey of Consumer Finances, 1966. Inst. for Social Res., Univ. of Michigan, Ann Arbor, 1967.
- Lancaster, K. J. A New Approach to Consumer Theory. *Jour. of Polit. Econ.*, Vol. 74, April 1966, pp. 132-157.
- Lansing, J. B., and Morgan, J. N. Consumer Finances Over the Life Cycle. In *Consumer Behavior* (Clark, L.H., ed.), New York Univ. Press, New York, Vol. 2, 1955.
- Leathers, N. J. Residential Location and Mode of Transportation to Work: A model of Choice. *Transp. Res.*, Vol. 1, 1967, pp. 129-155.
- Lisco, T. E. Value of Commuters' Travel Time: A Study in Urban Transportation. Univ. of Chicago, PhD thesis, 1967.
- Malinvaud, E. Statistical Methods of Econometrics. Rand McNally, Chicago, 1966.
- McCarthy, G. M. Multiple Regression Analysis of Household Trip Generation-A Critique. *Highway Research Record* 297, 1969, pp. 31-43.
- McGillivray, G. R. Binary Choice of Transport Mode in the San Francisco Bay Area. Dept. of Econ., Univ. of California, Berkeley, PhD thesis, 1969.
- Oi, W. Y., and Shuldiner, P. W. An Analysis of Urban Travel Demands. Northwestern Univ. Press, Evanston, Ill., 1962.
- Olkin, I., and Tate, R. F. Multivariate Correlation Models With Mixed Discrete and Continuous Variables. *Ann. Of Math. Stat.*, Vol. 32, 1961, pp. 448-465.

- Orcutt, G. H., Grennberger, M., Korbel, J., and Rivlin, A. M. *Microanalysis of Socio-Economic Systems: A Simulation Study*. Harper and Row, New York, 1961.
- Pyatt, F. G. *Priority Patterns and the Demand for Household Durable Goods*. Univ. of Cambridge Press, England, 1964.
- Quarmby, D. A. Choice of Travel Mode of the Journey to Work: Some Findings. *Jour. of Transp. Econ. and Policy*, Sept. 1967, pp. 273-314.
- Rao, C. R. *Linear Statistical Inference and Its Applications*. John Wiley, New York, 1965.
- Shindler, R., and Ferreri, M. G. Auto Ownership as Affected by Transportation System Alternatives. *Traffic Eng.*, Vol. 38, Oct. 1967, pp. 24-28.
- Stegman, M. A. Accessibility Models and Residential Location. *Jour. of Am. Inst. of Plann.*, Vol. 35, Jan. 1969, pp. 22-29.
- Stopher, P. R. A Probability Model of Travel Mode Choice for the Work Journey. *Highway Research Record* 283, 1969, pp. 57-65.
- Stowers, J. R. *Residential Simulation Models for Urban Planning: A Methodological Study With Emphasis on Taxonomy and Location Decision Rules*. Northwestern Univ., Evanston, Ill., PhD thesis, 1968.
- Walker, J. R. Social Status of Head of Household and Trip Generation From Home. *Highway Research Record* 114, 1966, pp. 141-155.
- Warner, S. L. *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A Study in Binary Choice*. Northwestern Univ. Press, Evanston, Ill., 1962.
- Warner, S. L. Multivariate Regression of Dummy Variates Under Normality Assumptions. *Jour. of the Am. Stat. Assn.*, Vol. 58, 1963, pp. 1055-1063.
- Wells, D., and Gubar, G. Life Cycle Concept in marketing Research. *Jour. of Mark. Res.*, Vol. 3, Nov. 1966, pp. 355-363.
- Wickstrom, G. V. *The Use of Census Data in Urban Transit Planning*. Unpublished, 1970.
- Comprehensive Traffic and Transportation Inventory*. Wilbur Smith and Assoc., 1965.
- Wohl, M., and Martin, B. V. *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*. McGraw-Hill, New York, 1967.
- Wynn, F. H., and Levinson, H. S. Some Considerations in Appraising Bus Transit Potentials. *Highway Research Record* 197, 1967, pp. 1-24.
- Zellner, A. Estimation of Cross-Section Relations: Analysis of a Common Specification Error. *Metroeconomica*, Vol. 14, 1962, pp. 11-117.

Anexo 1. Invitación MEN. Seminario de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo y programa tentativo*

Bogotá, enero 11 de 1968

Señor doctor

Eduardo Aldana

C/o. Universidad de los Andes

Ciudad

Ref.: Seminario sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

Estimado doctor:

Tengo el gusto de confirmarle lo que ya ha sido tratado con usted respecto a la realización, en la última semana de febrero próximo, de un Seminario sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

El Gobierno tiene especial interés en el buen éxito de este Seminario, al cual asistirán distinguidas personalidades de la comunidad científica y técnica internacional, y cuya ceremonia inaugural será presidida por el señor Presidente de la República en el Palacio de San Carlos.

Conforme al programa tentativo del cual me permito enviarle una copia anexa, los principales objetivos de este Seminario son: el examen crítico de nuestros recursos en materia de ciencia y tecnología; el estudio de una política científica y tecnológica para el país, y la creación de una conciencia general sobre el papel fundamental e insustituible que hoy tiene la ciencia y la tecnología para el desarrollo.

Por estas razones, y en nombre del Gobierno Nacional, me permito pedirle a usted su valiosa colaboración, la cual sería sobre: “Análisis de los problemas que afronta el país para el desarrollo de la *Investigación*”.

En hoja anexa separada se dan algunas indicaciones generales sobre la presentación de los documentos de trabajo. Para cualquiera otra informa-

* *Palabras clave.* Ministro de Educación Nacional, Seminario Fusagasugá, Estado de la investigación científica, Planes futuros ciencia y tecnología para el desarrollo.

ción adicional sobre el tema, o sobre el desarrollo de las reuniones de trabajo, le ruego ponerse en contacto con el Ingeniero Alberto Ospina T. (calle 19 No. 6-68, oficina 1007, teléfono 426055), quien ha sido nombrado por este Despacho como coordinador y organizador del Seminario.

Le anticipo los más sinceros agradecimientos, en mi propio nombre, y en el del Gobierno, por la colaboración brillante que estoy seguro, dará usted a tan importante evento nacional.

Con toda atención,

Gabriel Betancur Mejía
Ministro de Educación

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
Seminario sobre Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo

Programa tentativo resumido

Fecha y lugar

Del 26 al 29 de febrero de 1968, en el Club Colonia de Vacaciones de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones en Fusagasugá.

Participantes

Diez Delegados nombrados por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. Diez Delegados nombrados por el Gobierno de Colombia. Diez invitados especiales, pertenecientes a varios sectores del Gobierno de Colombia y a la comunidad científica nacional y extranjera.

Objetivos

- Examen sectorial, en la Educación, la Industria y los Recursos Naturales, del estado de la investigación científica y tecnológica en Colombia, que comprenda: Recursos humanos, físicos y financieros. Con este examen se desea despertar una conciencia general sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo.

- Análisis de la política científica en varios países del mundo en relación con el desarrollo, y estudio de los mecanismos posibles para su implementación.
- Estudio de posibles planes futuros para una acción conjunta en los campos de la ciencia y la tecnología aplicadas al desarrollo.

Temarios

Los temas sobre los cuales se espera elaboración de documentos, por parte de las personas y entidades participantes invitadas, son las siguientes:

- Análisis de los problemas de orden técnico que afronta el país para su desarrollo en el *Sector Industrial*.
- Análisis de los problemas de orden técnico que afronta el país para el aprovechamiento de sus Recursos Naturales, con énfasis en la actividad agropecuaria.
- Análisis de los problemas que afronta el país para el desarrollo de la *Investigación*.
- Bases para una política científica y tecnológica en Colombia.
- La investigación Científica y Tecnológica como factor del desarrollo.
- ¿Cómo está la investigación educativa en Colombia?

Programa

Lunes 26 de febrero

Inauguración por el Señor Presidente de la República en el Palacio de San Carlos, y Primera Sesión Plenaria sobre el tema: *La política científica y tecnológica y su relación con el desarrollo*.

Martes 27 de febrero

Segunda Sesión Plenaria. Temas: *Bases para una política Científica y Tecnológica en Colombia. ¿Cómo está la investigación Educativa en Colombia? La Investigación Científica y Tecnológica como factor del Desarrollo.*

Tercera Sesión Plenaria. Temas: *Los problemas de orden técnico que afronta el país para el aprovechamiento de sus Recursos Naturales, con énfasis en la actividad agropecuaria. Los problemas de orden técnico que afronta el país para su desarrollo en el sector industrial. Los problemas que afronta el país para el desarrollo de la investigación.*

Miércoles 28 de febrero

Trabajo de comisiones. Redacción de Recomendaciones.

Cuarta Sesión Plenaria. Tema: Informe de Comisiones.

Jueves 29 de febrero

Quinta y Sexta Sesiones Plenarias: Discusión y aprobación de recomendaciones. Clausura del Seminario.

Viernes 1o. de marzo

En Bogotá: Reuniones Informales de consultas. Conferencias, Reuniones de Mesa Redonda.

Organización y coordinación

Para todos los efectos de organización y coordinación de este Seminario, se ruega dirigirse al ingeniero Alberto Ospina T. Calle 19 No. 6-68 oficina 1007. Teléfono: 426055 o al Ministerio de Educación, Despacho del Ministro, Secretaría Privada. Edificio Ministerios–San Agustín.

Anexo 2. Rector Uniandes sobre visita directivos de MIT*

Julio 8 de 1968

Señor Doctor

Eduardo Aldana

Department of Civil Engineering

Massachusetts Institute of Technology

CAMBRIDGE 39, Mass.

Muy estimado Eduardo:

Recibí tu carta de junio 20 y el informe adjunto, sobre el cual tengo el gusto de comunicarte que estamos poniendo en práctica sus principales puntos. Creo que en una próxima ocasión te podré informar sobre los desarrollos concretos y definitivos que hayan tenido lugar.

* *Palabras clave.* Recomendaciones visita MIT, Contribución de la Facultad de Ingeniería a la Universidad.

Ha habido una serie de buenas noticias para la Universidad, que es posible las sepas, pero que de todos modos te las comunicaré:

- Hernán Echavarría aceptó la presidencia del Consejo Directivo y vendrá próximamente a trabajar a Los Andes.
- Jorge Ruiz Lara aceptó la Decanatura de la Facultad de Artes y Ciencias, lo cual es una garantía de que el desarrollo de esa Facultad se hará en una forma seria y ordenada.
- Hernando Gómez Otálora aceptó la Decanatura de la nueva Facultad de Derecho y está desarrollando un programa muy serio que contempla el envío de profesores al exterior y el establecimiento de relaciones permanentes con una o dos universidades americanas, para que la Facultad sea, en cierto modo, un proyecto conjunto. Creo que esta nueva Facultad comienza a desarrollarse en una forma seria y efectiva.

Estamos haciendo un muy serio esfuerzo por fijar unas metas claras y accesibles para los próximos cinco años, sin sobresaltos presupuestales y con una razonable garantía de que las cosas que se emprendan podrán ser continuadas. Ya el Presupuesto de este año ha tratado de reflejar esa tendencia y para mí ha sido muy satisfactorio ver cómo todas las áreas de la Universidad han contribuido a integrar sus metas y aspiraciones a las posibilidades generales de la institución. Debo hacer resaltar la encomiable capacidad de la Facultad de Ingeniería de pensar en términos de la Universidad, sin por eso dejar de defender razonable y vigorosamente sus propios programas. Y quiero poner de manifiesto esa capacidad de colaborar y entender los problemas de otras áreas, porque esta es una característica que se debe mucho a tu influencia como miembro de la Decanatura de esa Facultad.

En general, estamos trabajando con mucho ánimo y con bastante vigor. Obviamente, existen problemas entre los cuales el futuro financiero para los próximos cinco años no es el menor preocupante, pero los estamos encarando con lucidez y decisión y creo que, en todo caso, los problemas no nos tomarán por sorpresa.

Aunque sé que tus estudios no te dejan mucho tiempo para la correspondencia, no dejes de mantenerme informado, aunque sea ocasionalmente, de tus actividades.

Todos aquí te mandan sus más cordiales saludos y yo, personalmente, un muy sincero abrazo.

Francisco Pizano de Brigard
Rector
Universidad de los Andes

Anexo 3. MEN avisa recibo anteproyecto “Fondo para la investigación científica”*

Bogotá, octubre 7 de 1968

Doctor
Eduardo Aldana Valdés
Room 1-043
Department of Civil Engineering
Massachusetts Institute of Technology
U. S. A.

Estimado doctor Aldana:

Siguiendo instrucciones del señor Ministro, tengo el agrado de avisar recibo de su atenta comunicación de fecha 24 de septiembre, 1968. El señor Ministro le agradece el anteproyecto que usted tuvo a amabilidad de enviarle, el cual va a estudiar con gran interés. Le envía un gentil saludo y le desea muchos éxitos en su brillante carrera.

Sin otro particular, me suscribo de usted muy atentamente,

Alberto Castaño Abadía
Secretario Privado
Ministerio de Educación
Secretario Permanente Comisión
Nacional de la Unesco

* *Palabras clave.* Ministro de Educación Nacional, Propuesta creación fondo similar a Colciencias.

6

Universidad de los Andes
(1971 a 1973)

Ingeniería y Sociedad^{*1}

Cuando mi colega, el ingeniero Antonio José Angulo me comunicó, sin darme mayor oportunidad de reflexión, que me correspondería hablar sobre el papel del ingeniero en la sociedad y las soluciones sociales de la ingeniería, me sentí honrado y agradecido por la oportunidad de dirigirme a un grupo tan importante de nuestra profesión y, a la vez, bastante perplejo sobre la orientación apropiada para esta charla. Finalmente decidí que podría ser oportuno revisar algunos conceptos básicos y en torno a ellos hacer algunas consideraciones que podríamos probablemente ampliar en la discusión general, posterior a las presentaciones.

Supongamos, en gracia a la discusión, que estamos de acuerdo en definir al ingeniero como el profesional que utiliza la tecnología para alcanzar los objetivos definidos por los integrantes, individuos, entidades e instituciones, del aparato decisorio de nuestra sociedad. Veamos, entonces, algunas consecuencias de esta definición:

El ingeniero es un profesional. Esta afirmación tiene por lo menos dos corolarios. El primero indica que el ingeniero ha cumplido a satisfacción los requisitos de un programa académico al nivel superior y, por lo tanto, tiene un sólido conocimiento de su campo así como ciertas habilidades mentales relacionadas con creatividad, estudio independiente y crítica objetiva y constructiva. En el caso colombiano este corolario también indica que, por cada uno de ustedes, como ingenieros, hay aproximadamente cien contemporáneos suyos que no pudieron obtener una educación superior y de los cuales cerca de 30 jamás cursaron un año de estudios elementales. Esta

^{*} *Palabras clave.* El Ingeniero profesional privilegiado y responsable, Tecnología es conocimiento acumulado, Decisiones en complejos sistemas sociales.

¹ Palabras pronunciadas en reunión efectuada en la Sociedad Colombiana de Ingenieros, c. 1971.

situación de privilegio del profesional colombiano –no solamente del ingeniero– claramente conlleva una gran responsabilidad social en el sentido de que sus habilidades deben estar al servicio de la comunidad que lo ha formado y de ninguna manera orientadas a proporcionarle solamente un egoísta beneficio personal.

El segundo corolario compromete al ingeniero a observar rigurosamente un *código de ética*. Este código debe establecer primordialmente el marco de referencia para las relaciones del ingeniero con los usuarios de sus servicios, a quienes asegura que la confianza de ellos en sus conocimientos especializados no será abusada así como tampoco se les explotará por su ignorancia natural sobre esos temas. Secundariamente, en mi concepto, el código de ética debe regular las relaciones de los ingenieros entre sí para evitar la competencia desleal.

Pero ¿quién debe hacer cumplir este código de ética profesional? Fundamentalmente las sociedades profesionales de ingenieros, es decir, el mismo ingeniero a través de las corporaciones gremiales y académicas que lo asocian con sus colegas. Quisiera estar equivocado, pero mucho me temo que cierta crítica popular, ojalá pasajera, a las actividades de asesoría puede ser consecuencia parcial de que nuestros organismos corporativos han dado mayor prioridad en la vigilancia al código de ética a los aspectos de las relaciones de los ingenieros entre sí que a los de estos con sus clientes. Que yo recuerde, hay muy pocos casos, verdaderamente excepciones, en que una sociedad profesional se haya manifestado en épocas recientes sobre los errores técnicos resultantes de ligereza en el ejercicio profesional.

El ingeniero utiliza la tecnología. Es muy común que la tecnología se identifique con el mundo creado por el hombre: tractores, centrales termoeléctricas, edificios, reactores nucleares, el teléfono y la televisión, las carreteras, los automóviles y los aviones; los minicomputadores y los grandes cerebros electrónicos; los armamentos destructivos y los grandes sistemas defensivos; los productos químicos y los complejos procesos industriales. Pero todo esto no pasa de ser más que una expresión de la tecnología. Esta es fundamentalmente el conocimiento de la humanidad en un momento dado. Conocimiento cuya distribución geográfica no es uniforme pues se encuentra en las

grandes bibliotecas, en los cerebros de los habitantes y en ese mundo creado por el hombre mismo.

Superpuesta a la tecnología, como la hemos definido, está la capacidad de administrarla, la cual a su vez puede considerarse como una forma superior de tecnología, o metatecnología. Herbert Simon, quien presenta estas ideas en su artículo *Tecnología y Medio Ambiente*, sostiene que la tecnología como conocimiento almacenado, influye de manera destacada sobre la sociedad en las siguientes dimensiones:

- Aumenta nuestra capacidad para lograr metas individuales y colectivas (Por ejemplo, para producir una cantidad adecuada de alimentos).
- Produce efectos laterales involuntarios o no deseados que son típicamente proporcionales en magnitud a los efectos buscados (Por ejemplo, la cantidad de óxidos de azufre vertidos a la atmósfera crece proporcionalmente con la producción de energía).

Por otra parte, la metatecnología, como conocimiento directriz de la aplicación de la tecnología, afecta a la sociedad desde los siguientes ángulos:

- Proporciona conocimiento sobre los efectos laterales de la tecnología que en esta forma pasarían desapercibidos, de tal manera que puedan ser considerados en nuestras decisiones de usar o evitar ciertas tecnologías (por ejemplo, la cromatografía, un ejemplo de tecnología cruzada, nos permite identificar la presencia de pequeñas cantidades de posibles sustancias dañinas en el aire, el agua o los alimentos).
- Proporciona medios alternativos entre los cuales podemos escoger, en cumplimiento de nuestras metas (por ejemplo, trenes, buses y automóviles como medios alternativos de transporte).
- Nos hace reconocer nuevas necesidades y establece nuevas metas (por ejemplo, la tecnología nos enseñó, que se requiere una adecuada cantidad de vitaminas en la dieta alimenticia).
- Proporciona herramientas para analizar y entender sistemas complejos (por ejemplo, las herramientas de la investigación operacional, y los modelos matemáticos por computadores que puedan entonces usarse en los procesos de decisión entre varias alternativas tecnológicas).

- Proporciona conocimiento acerca del hombre mismo, contribuyendo, en esta forma, a definir la naturaleza humana (por ejemplo, nos instruye sobre la forma como se determinan las aspiraciones humanas y la forma como se toman decisiones colectivas).

Como ingenieros, en nuestro medio nos corresponde la doble función social de acrecentar la tecnología nacional, el conocimiento disponible dentro de nuestras fronteras, y desarrollar la capacidad nuestra y de nuestros dirigentes para administrar esa tecnología. Los problemas que enfrenta nuestra sociedad en la búsqueda de un mayor bienestar y en la preservación de sus valores morales y sus riquezas naturales no se resuelven borrando la tecnología pues ello equivaldría a sumirnos en la ignorancia. No tengo nada que añadir o quitar al resumen que hace el profesor Herbert Simon de su artículo cuando dice:

“La solución de los problemas sociales más críticos de nuestro tiempo vendría de más y mejor tecnología –no de menos tecnología–, porque tecnología es solo otro nombre que se da al conocimiento que posee el ser humano. Necesitamos profundizar nuestro conocimiento científico, ampliar nuestro repertorio de alternativas y reforzar nuestra tecnología de procedimientos de decisión. Pero, sobre todo, necesitamos adquirir un mayor conocimiento del hombre mismo ya que todos los problemas humanos tienen su raíz en nuestra propia naturaleza”.

El objetivo de la acción del ingeniero es determinado por el aparato decisorio de la sociedad. El último punto derivado de nuestra definición del ingeniero establece que este somete su acción al cumplimiento de objetivos establecidos por las personas, entidades o instituciones a quienes la sociedad, en forma implícita o explícita, ha confiado la función de tomar decisiones. Paradójicamente, este aspecto es uno de los que lleva al ingeniero a jugar un papel muy importante en la sociedad. Ello es así, por tres razones fundamentales:

- Como una de las personas mejor educadas en nuestra sociedad, el ingeniero adquiere la responsabilidad de participar activamente en las instituciones que formulan nuestra política social.
- Los cargos dentro del sector público o privado que se confían usualmente a los ingenieros conllevan elevadas responsabilidades decisorias.

- La ingeniería es una de las profesiones en mejor capacidad de desarrollar herramientas para el análisis y la síntesis de los más complejos sistemas socio-técnicos –vgr., las grandes ciudades– contribuyendo en esta forma a ilustrar al decisor sobre los costos y beneficios de políticas alternativas.

Surgen también de esta situación posibles dilemas para el ingeniero. Permítanme plantear algunos, cuya solución deberá quedar al ilustrado razonamiento de cada uno de ustedes:

- ¿Es responsable moralmente ante la sociedad una firma de ingenieros que construya a solicitud de un cliente una planta industrial cuyos desperdicios arruinarán la calidad de las aguas de un importante río vecino?
- ¿Puede un consultor limitarse en la evaluación de un proyecto a la consideración de los costos y beneficios que le indica su cliente cuando sabe muy bien que el proyecto tendrá otros efectos negativos que lo harían socialmente indeseable?

Una metodología útil en la función social del ingeniero. Ahora que hemos concluido que el ingeniero tiene un papel importante en la sociedad parece conveniente que nos refiramos brevemente a una manera de pensar sobre estos problemas que ha tenido algún éxito en los últimos tiempos. Me refiero al análisis de sistemas. Empecemos por definir como sistema al segmento de la realidad en el cual tenemos interés y que podemos considerar como compuesto por partes coordinadas para cumplir un conjunto de objetivos. Claramente el aparato respiratorio puede considerarse como un sistema. En igual forma podemos considerar como sistemas al transporte dentro de una ciudad, a la ciudad misma, al conjunto de instituciones encargadas de la prestación de servicios de salud o de educación, o a la administración de justicia.

En el estudio de estos sistemas se ha encontrado que ciertos pasos lógicos son de aplicabilidad general. Ellos determinan que se consideren los objetivos generales de sistemas, las metas concretas, las medidas de efectividad que permitan comparar alternativas, el medio exterior al sistema y las limitaciones que de él se derivan, los recursos o insumos del sistema; los componentes del sistema en sus aspectos de funciones y metas; la administración

del sistema. Con estas bases se procede a diseñar maneras alternativas de lograr los objetivos y metas; a comparar la efectividad de estas alternativas y a escoger la que mejor cumpla con los objetivos y metas dentro de las limitaciones del medio externo. Claramente este proceso íntimamente relacionado con la metodología de diseño del ingeniero. Es por ello, que a manera de conclusión yo quisiera sugerir que las soluciones sociales de la ingeniería están relacionadas claramente con su naturaleza y se refieren a la producción de nuevo conocimiento para resolver nuestros problemas permanentes y al perfeccionamiento de la metodología de decisión en complejos problemas con consecuencias sociales de importancia.

Propuesta para la creación de un programa de educación e investigación en sistemas públicos^{*1}

Contenido²

1. Introducción
2. El entorno nacional y académico
3. Objetivos y alcance del programa
 - 3.1 Motivación
 - 3.2 Objetivos
 - 3.3 Características
 - 3.4 Alcance
 - 3.5 Criterios
 - 3.6 Evolución

^{*} *Palabras clave.* Integración investigación, aplicación y enseñanza, Planes de desarrollo no implementados, Creciente demanda por servicios públicos, Enfoques unilaterales y disciplinarios, Programa como centro coordinador y promotor.

¹ Documento presentado por la Facultad de Ingeniería y preparado por Ulpiano Ayala y Eduardo Aldana. Agosto 15 de 1971. Revisado en febrero de 1972.

² Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: Este fragmento del documento original solamente contiene las partes I, II y III. Se incluyen para mostrar a las nuevas generaciones interesadas en la gestión pública que los conceptos básicos del enfoque de sistemas podrían ser de utilidad en el estudio de los grandes problemas de la actualidad. Las otras dos partes contienen cifras y estimativos que naturalmente no tienen interés.

4. Estructuración

4.1 Estructura

4.2 Funciones

4.3 Estrategia de desarrollo

4.4 Modelo del programa académico

5. Consecuencias y conclusiones

5.1 Suposiciones

5.2 Gastos

5.3 Ingresos y financiación

5.4 Bases disponibles

Tablas

Anexo. Profesorado de la facultad de ingeniería 1972

Introducción³

Este documento ha sido preparado para su presentación a las directivas de la Universidad y a otras entidades interesadas en el desarrollo de un Programa de Educación e Investigación en sistemas públicos en la Universidad de los Andes. El programa ha sido motivado por la conveniencia de enfrentar los problemas de prestación de servicios públicos en una forma más sistemática. El desarrollo del país y el crecimiento de su población imponen demandas cada vez más amplias y complejas sobre el sector público. El desarrollo de nuevos enfoques conceptuales y de medios avanzados de procesamiento de información, proveen instrumentos para un análisis encaminado a facilitar la toma de decisiones que sean más sensitivas a esas demandas y consecuentes con los propósitos de quienes las tomen.

En este documento se propone la realización de un programa de educación a nivel de postgrado, combinado con investigación y asesoría técnica que pretende responder a las necesidades aludidas utilizando y extendiendo los desarrollos ya mencionados. Se hace énfasis en la conveniencia de adelantar estas actividades en forma interdisciplinaria y de manera tal que la enseñanza vaya asociada con la investigación y la aplicación. En la estructuración del programa se ha procurado diseñar un sistema que sea flexible; que utilice

³Nota de Eduardo Aldana en 1974: Este fragmento del documento original solamente contiene las partes I, II y III. Se incluyen para mostrar a las nuevas generaciones interesadas en la gestión pública que los conceptos básicos del enfoque de sistemas podrían ser de utilidad en el estudio de los grandes problemas de la actualidad. Las otras dos partes contienen cifras y estimativos que naturalmente no tienen interés.

en la mejor forma posible, los recursos y estructura de la universidad, que sea experimental y sensible a la demanda por sus productos, que cree compromisos para la universidad en la medida en que se justifiquen por sí mismos y que trate y pueda evolucionar en sus intereses y alcance.

El programa podría servir como núcleo para el desarrollo posterior y paralelo de un centro de educación e investigación en sistemas socio-técnicos, donde se trabaje en términos más amplios sobre las relaciones entre los procesos de cambio social y cambio tecnológico.

Este escrito tiene básicamente cinco partes: la primera es la presente introducción, la segunda revisa el entorno nacional y académico en el que se desarrollará y pretende servir el programa, la tercera expone los objetivos y alcance del programa, la cuarta planea la estructura organizacional y muestra un modelo de programa académico y la quinta explora algunas consecuencias financieras del programa⁴.

El entorno nacional y académico

Dos factores magnifican los problemas que enfrentan los países en desarrollo: el crecimiento acelerado de la población y la aguda limitación de los recursos de que disponen sus gobiernos. En estas circunstancias, los países aparecen agobiados por la aparente incapacidad de lograr un ritmo de desarrollo económico y social que les permita satisfacer las necesidades más básicas de sus poblaciones.

Ante estas circunstancias, no es de extrañar que las entidades internacionales que les brindan asistencia, se pregunten constantemente cuáles serían las áreas en las cuales la ayuda sería más beneficiosa. Esta pregunta también ha surgido en ambientes académicos como el de la Universidad de los Andes, receptora de importante ayuda internacional en el pasado y dispuesta, por sus objetivos y las características de su profesorado, a buscar los campos de actividad que más favorezcan a la comunidad. Durante los años pasados en discusiones internas de la Facultad de Ingeniería y en charlas informales con prestantes miembros de la comunidad académica de varias universidades americanas, algunos de sus profesores han analizado los siguientes puntos:

⁴Nota de Eduardo Aldana en 2014_02: la segunda parte se escribió en 1972 pero no se incorporó al documento original.

- La poca influencia que tienen los planes de desarrollo nacional ante la imposibilidad de llevarlos a la práctica (el problema de la “implementación”).
- La creciente demanda por servicios de toda índole –transporte, energía, salud, justicia, protección, educación, etc.– que se presentará irremediablemente en los próximos años y que en estos países deben ser prestados esencialmente por el Estado.
- La inconveniencia de enfoques unilaterales a la solución de problemas sociales. Por ejemplo, se presenta ahora una gran preocupación por aumentar la cantidad y la calidad de la producción agrícola pero se descuidan los problemas de su transporte y su mercadeo. Igualmente, se ignoran los hábitos alimenticios cuyo arraigo hace a menudo inoperantes los mejores intentos de elevar el nivel nutritivo de los habitantes de ciertas regiones.
- Las limitaciones que existen para llevar a cabo trabajos verdaderamente interdisciplinarios. Estos se originan en tres problemas básicos: la ausencia de lenguajes comunes a las varias disciplinas, la falta de información apropiada y la carencia de herramientas de análisis cuantitativo de que adolecen por lo regular los practicantes de las disciplinas sociales en el medio colombiano. Así, por ejemplo, los programas de análisis de grandes volúmenes de datos no son accesibles al investigador en las ciencias sociales como tampoco este se halla, por lo general, preparado para hacer uno de los grandes avances de la metodología estadística.

Todo lo anterior lleva a concluir que:

- Existe una marcada necesidad por preparar profesionales calificados para estudiar y resolver los problemas relacionados con la prestación de servicios a los grandes núcleos de la comunidad. Estos servicios cubren aspectos amplios, desde salud, justicia, educación, nutrición, protección hasta vivienda, agua potable, energía, transportes, etc.
- El enfoque en la solución de estos problemas debe ser genuinamente interdisciplinario, pero sería ingenuo pensar que ello se puede llevar a cabo de inmediato, dadas las limitaciones que existen. Por lo tanto, se propone como estrategia la preparación de individuos que ya tengan una formación cuantitativa básica y que podrían, con un costo marginal reducido, adquirir una actitud y unos conocimientos amplios que los capaciten para el estudio y solución de estos problemas.

- La situación social, política y económica de Colombia y sus posibles desenvolvimientos acentuarán la necesidad de dar soluciones a estos problemas.
- El programa constituye un punto de partida sólido hacia enfoques más atrevidos como lo constituye, por ejemplo, un programa para la formación de asesores en la definición de “política pública”.
- Dado que la idea proviene de círculos académicos y no ha sido considerada explícitamente por los organismos oficiales en sus planes de expansión, es difícil poder obtener cifras concretas sobre la demanda por este tipo de profesional. Sin embargo, cuando el esquema ha sido presentado a diversos funcionarios públicos, estos no han vacilado en calificarlo como altamente conveniente, deseable y de gran actualidad.
- Varios de los contratos que adelanta la facultad de ingeniería se relacionan directamente con este campo (i.e. electrificación, transporte y tráfico). Así mismo, se adelantan muchos proyectos de grado sobre el problema general de servicios públicos y sus sistemas de información. La limitación de recursos y el nivel de los estudiantes –pregrado– no permiten, sin embargo, hacer contribuciones fundamentales a la metodología o al trabajo interdisciplinario.
- Uno de los objetivos más importantes del programa es reforzar entre los estudiantes la conciencia de que el profesional es un servidor de la sociedad que debe estar dispuesto en todo momento a medir y valorar los beneficios sociales de sus proyectos y a actuar de acuerdo con patrones de conducta que favorezcan a los miembros más necesitados de la comunidad.
- Por último, y de no menor importancia, es el objetivo de mejorar la administración y el manejo de entidades públicas que dirigen proyectos de gran envergadura económica. No se escapa que las economías que se pueden lograr por una mejor administración y unas mejores políticas de inversión en algunos institutos de gobierno pueden ser extremadamente cuantiosas. Este objetivo se lograría esencialmente a través de los mecanismos de asesoría que desarrolle el programa.

Objetivos y alcance del programa

A continuación se presentan las razones que motivan esta propuesta, los objetivos, características y alcance del programa, los criterios que permiten

aplicar esos objetivos y algunos modos posibles de evolución. La naturaleza experimental del programa hace que esos objetivos y alcance sean propuestos como puntos de partida para un proceso donde serán revisadas con base en la experiencia adquirida.

Motivación

El programa ha sido motivado por las siguientes razones:

- El desarrollo del país y el crecimiento de su población imponen demandas cada vez más amplias y complejas sobre el sector público.
- El sector público desempeña a su vez un papel motor fundamental en el proceso de desarrollo y, por ello, demanda atención principal por parte de quienes se interesen en el adelanto de la comunidad.
- En los últimos años se han desarrollado nuevos enfoques (e.g., en las ciencias sociales, la ingeniería de sistemas y la investigación operacional) y medios de procesamiento de información que pueden ser utilizados para ejecutar análisis que faciliten la escogencia y mejoren la calidad de las decisiones públicas, en forma tal que estas sean más sensitivas a las demandas y consecuentes con los propósitos sociales y que asignen en forma más eficiente los recursos disponibles.
- Para hacer frente a la complejidad de los problemas de los servicios públicos y aprovechar mejor los nuevos medios de análisis, es conveniente el desarrollo de un enfoque más sistemático e integrado para el planeamiento y operación de esos servicios.
- El nuevo enfoque debe trabajar sobre el marco social, legal, político y económico que requiere todo proyecto público para no caer en el defecto tradicional de los buenos diseños técnicos que son, sin embargo, muy discutibles desde el punto de vista del bien común y poco viables legal y políticamente. Para esto es necesario la consideración y el manejo de variables de decisión de tipo político, legal y económico, además de las convencionales medidas físicas para la provisión de los servicios públicos.
- El futuro de una universidad como la de Los Andes, está condicionado a su contribución al bienestar general y al cambio social, así como a su papel innovador en los medios de la educación superior y la investigación aplicada para el desarrollo.

- Dentro de la Universidad ya se está desarrollando un complejo de programas como los de Administración, Desarrollo Regional y Urbano, Economía e Ingeniería que crean una base para el trabajo interdisciplinario sobre los problemas de los sistemas públicos.
- Sin embargo, puede ser necesaria la creación de centros motores y coordinadores, que puedan operar experimentalmente y evolucionar fácilmente y que sin restar impulso a otras actividades, llenen los vacíos existentes en ese complejo y promuevan, al mismo tiempo, la realización de actividades de la Universidad.
- A través de sus programas de formación de profesores, la universidad ya ha capacitado buena parte del personal necesario. En este momento ya se está trabajando en forma algo dispersa en investigación y asesoría en sistemas públicos.
- A nivel internacional ya existe interés y se comienzan programas en el área de esta propuesta, lo cual sugiere la oportunidad de la misma y su conveniencia como medio parcial para el desarrollo de programas de cooperación e intercambio internacional.

Objetivos

Como respuesta a las motivaciones expuestas en el aparte anterior, se propone la realización de un programa de educación en sistemas públicos que sería combinado con la investigación y la asesoría técnica y que tendría como objetivos iniciales, los que a continuación se discuten.

El objetivo principal del programa es el de la educación de quienes participan en él, a través del trabajo realizado en el área de sistemas públicos. Se trata principalmente de un programa para graduados conducente, por ahora, a la maestría. Se programará también la realización de cursos de extensión y conferencias y seminarios de divulgación no conducentes a la maestría.

El propósito de educar al nivel propuesto está muy ligado al segundo objetivo básico del programa, el de la investigación. En la concepción del proceso de educación, que prevalece en esta propuesta, las actividades de investigación constituyen una condición necesaria para un aprendizaje activo en el programa de postgrado.

Se tratará además de contribuir al cuerpo de conocimiento necesario para mejorar la provisión de servicios públicos en nuestro medio. Estos ade-

lantos serán transmitidos y divulgados para que puedan ser utilizados por personas y entidades no envueltas directamente en nuestro proceso educativo.

El último de los propósitos principales del programa es el de prestar asistencia técnica a entidades públicas y privadas que tengan problemas en el área de interés. Esta última serie de actividades contribuirá directamente al bienestar de la comunidad y proporcionará medios de prueba para los conceptos y técnicas desarrollados en el curso de la investigación y estudios de problemas.

En cumplimiento de estos propósitos se procurará el desarrollo de un enfoque unificado a los problemas de servicios públicos. Estos objetivos representan un punto de partida para el desarrollo del programa, pero deberán ser revisados con base en la experiencia adquirida. Esta formulación concreta de objetivos iniciales limita el alcance del proyecto al concentrarlo en un programa académico de postgrado centrado en la investigación y la aplicación. Más adelante se proponen áreas concretas de trabajo con las cuales se comenzaría el programa y que lo limitan aún más.

La razón principal para la imposición de tales restricciones es la de que se procura asegurar un alto nivel académico, eficiencia en la investigación y utilidad social directa en las actividades de asesoría. Una vez logrados esos niveles se podrá pensar en crear nuevas actividades como: programas de actualización y divulgación para líderes, ejecutivos y la base del sector público, ampliación de las investigaciones interdisciplinarias sobre el papel del sector público y sobre la innovación tecnológica para el bienestar y el cambio social.

Estas limitaciones pueden ser obviadas en el corto plazo mediante la integración y coordinación del programa con los otros programas del complejo ya mencionado. La estructura propuesta para este programa tiende a asegurar la viabilidad de esa integración y permite concebirlo desde ahora como un posible núcleo y/o modelo experimental para el desarrollo de programas de más amplio alcance. Parte de las actividades con que se comienza este programa, especialmente en la investigación y la divulgación, pueden estar orientadas a experimentar sobre la concepción más amplia y a largo plazo.

Características

A continuación se hacen explícitas algunas de las características deseables para el programa propuesto:

- El programa debe tener una orientación interdisciplinaria dada la verdad y complejidad de las demandas y soluciones a los problemas de los sistemas públicos.
- La educación activa de los participantes y asociados estaría ligada a la investigación y aplicación de los desarrollos logrados.
- La experimentación en la educación, la investigación y la aplicación, así como en la estructuración misma del programa, debe ser una preocupación constante de sus participantes.
- El programa debe ser flexible: debe utilizar en la mejor forma posible los recursos y estructura de la universidad, debe ser sensible a la demanda por sus productos, debe crear compromisos para la Universidad solo en la medida en que se justifiquen y financien por sí mismos y debe tratar y poder evolucionar en sus intereses y alcance.
- No se debe competir con las otras unidades y programas de la Universidad, sino servir de centro de coordinación y promoción para las actividades interdisciplinarias.

Alcance

Como el objetivo de la prestación de servicios públicos debe ser el de la máxima contribución al bienestar general de los individuos que componen la sociedad, resulta muy difícil y arbitrario definir limitadamente y a priori el alcance de un programa en el área de los sistemas públicos. Por esa razón el programa debe tener la flexibilidad necesaria para extender su acción en los campos relevantes del conocimiento y debe operar coordinadamente con otros programas existentes, o previstos dentro del desarrollo futuro de la Universidad, para poder atender a los aspectos que sea necesario considerar en cada problema particular.

Hasta el momento se han identificado tres áreas principales que podrían ser inicialmente cubiertas por este programa: la planeación y evaluación de inversiones en servicios públicos, la administración y operación de los mismos y los sistemas de información necesarios para las otras funciones estudiadas. En este programa también tendrán cabida actividades realizadas bajo la dirección y responsabilizas de otros programas como los ya existentes en economía e ingeniería o como los propuestos en Administración y en Planeación Regional y Urbana.

A manera de ilustración se puede mencionar que, dentro del área de la planeación y evaluación de inversiones en servicios públicos, se adelantarán eventualmente trabajos y estudios en áreas como: transporte, electrificación, saneamiento ambiental y programas de salubridad, vivienda, comunicaciones, defensa y seguridad, desarrollo y control de recursos naturales, desarrollo de comunidades, investigación, información y administración pública.

En la administración y operación de servicios públicos, se podrían adelantar estudios sobre tarifas, administración de empresas públicas y servicios de salud, operación de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales, control ambiental, operación de sistemas de transporte, comunicaciones, defensa y seguridad y otros similares.

Se considera de especial importancia el desarrollo de sistemas de información que atienda las necesidades de la toma de decisiones en la provisión de servicios públicos. Estos sistemas podrían ser de gran utilidad también en áreas como las de contraloría, aduanas, el sistema judicial y penitenciario, los servicios de salud, etc. Se podría colaborar con organismos oficiales en la elaboración y análisis de estadísticas sociales y se podrían desarrollar sistemas de información para institutos públicos, áreas metropolitanas y otros.

No se cree que el máximo tamaño y el cubrimiento simultáneo de un gran número de estas áreas sean buenos criterios (ni siquiera parciales) para el desarrollo del programa. Las listas anteriores sirven solo para ilustrar más concretamente el área general donde podrían moverse los intereses del programa.

El trabajo en ciertas áreas de interés como la vivienda, el desarrollo de comunidades, tarificación e inversiones públicas, sistemas de información en la administración pública y la justicia y otros similares, está condicionado a la participación y cooperación de las unidades correspondientes de la Universidad, tales como Arquitectura, Economía, Derecho y Administración.

El desarrollo de la educación e investigación en áreas como transporte, electrificación, recursos naturales, comunicaciones, sistemas de información y otros similares, será promovido dentro de los departamentos y centros ya formados, pero que por limitaciones en la demanda no tienen programas de postgrado ahora, o no esperan tenerlos en el futuro próximo.

A esas unidades se le ofrecerá una infraestructura básica para el adelanto de sus programas avanzados con las economías de escala, coordinación y flexibilidad que no podría lograr independientemente. Contarán con los

beneficios de la presencia del punto de vista interdisciplinario y de la preocupación por el desarrollo de un enfoque integral a los problemas de los servicios públicos. También les permitirá ofrecer trabajo a nivel avanzado al personal que en ello encuentre un estímulo adicional para permanecer en la Universidad.

Criterios

Se propone que el programa actúe esencialmente como centro de coordinación y promoción de actividades académicas llevadas a cabo dentro de otras unidades de la Universidad y que promueva, lleve a cabo y se responsabilice por las actividades de investigación y asesoría.

Dentro de este programa se desarrollaría un núcleo básico y mínimo de cursos que aseguren una visión integrada de los problemas envueltos y quizás también algunos cursos de tipo innovativo.

La suficiente demanda potencial externa y existencia de personas y grupos interesados en problemas especiales, dentro de los departamentos y programas actuales y futuros, serían las señales necesarias para el programa de sistemas públicos coordine un programa de investigación y asesoría y promueva la realización de los cursos correspondientes en cada departamento. Se crearán compromisos marginales para la Universidad solo en la medida en que se justifiquen y financien por sí mismos en un plazo prudencial y siempre se contará con la posibilidad de reevaluar cada uno de estos sub-programas para modificar su orientación o, dado el caso, cancelarlo.

El programa colaborará con otras unidades de la Universidad mediante el aporte de parte de sus recursos y sus servicios de promoción y coordinación cuando esas unidades ejecuten proyectos y desarrollen áreas que sean de interés en sistemas públicos, pero que deban estar bajo la dirección y responsabilidad de esas otras unidades.

Evolución

Es muy conveniente el planear desde ahora algunos modos posibles de evolución del programa o centro formado inicialmente sobre la idea de los sistemas públicos. Con esto no se trata de fijar desde ahora algo que solo será determinable cuando llegue la ocasión, sino que se procura ver cuál es el futuro de la decisión actual.

Ya se mencionó la conformación posible de un complejo de programas de educación avanzada dentro de la Universidad en un futuro muy próximo. Frente a ese complejo, este programa plantea una alternativa organizacional complementaria y no necesariamente competitiva. Esta estructura alterna puede ser adoptada por uno o más centros como el que se discute en esta propuesta.

A partir de cierto punto la Universidad requerirá la organización de un programa de estudios para graduados que coordine todos los programas de ese nivel. Puede ser que desde el punto de vista de las actividades educacionales convenga la unicidad de ese centro.

Para la investigación y la asesoría hay conveniencia parcial en la especialización, pero esta no puede ser extrema porque se incurren en desventajas de escala y se pierde la perspectiva interdisciplinaria. Quizá la combinación de estos dos criterios sea la que determine la creación de unos tres o cuatro centros de este tipo dentro de la Universidad. Este programa podría evolucionar en sus intereses y alcance para construirse en uno de esos centros en el mediano o largo plazo (cuatro a ocho años), mediante la promoción de nuevas actividades y la agregación de otras desarrolladas separadamente.

A manera de ilustración se piensa que este programa podría servir de centro a actividades educacionales e investigativas centradas sobre el problema del desarrollo, transferencia y utilización de sistemas artificiales (versión amplia de la “tecnología”) para promover el bienestar y el cambio social.

Con base en estas observaciones se cree que el programa desde un principio debe desarrollar algunas actividades preparatorias para su transformación en uno de esos centros. Esas actividades serían principalmente del tipo de investigación, divulgación y seminarios educacionales. Este es uno de los campos donde la experimentación educacional tendría su aplicación más promisorio. A partir de cierto punto, a determinar con base en la experiencia adquirida, se podría ya contar con el carácter institucional conveniente, tal como el de centro o instituto. Otra dimensión importante en la evolución del programa es la posibilidad de extender su alcance académico hasta ofrecer el doctorado en sistemas públicos.

Asociación de exalumnos de la Universidad de los Andes: En torno a la reforma universitaria^{*1}

VI Congreso Nacional de Exalumnos²

En recientes intervenciones, el señor Ministro de Educación Nacional ha planteado la ineficiencia de la universidad colombiana tanto en lo que respecta a la formación de los recursos humanos requeridos para el desarrollo social y económico del país, como en cuanto a su capacidad para planear, determinar prioridades y administrar ordenadamente sus recursos. En la gran mayoría de los comentarios de prensa posteriores a las palabras del Ministro se advierte un cierto consenso respecto al deber del Estado de ordenar estas deficiencias de la educación superior del país pero parece haber alguna confusión sobre la manera de hacerlo y el necesario resguardo de la autonomía universitaria.

En efecto, tanto la Constitución Política como la voluntad de las fuerzas políticas mayoritarias le otorgan al Estado la función de planear el desarrollo integral del país y, claramente, dentro de esta función está comprendida la determinación de una política rigurosa que asegure la formación cuantitativa y cualitativa de individuos en las diferentes áreas científicas, culturales y técnicas requeridas por cualquier estrategia de desarrollo nacional. Entonces, parece que habría consenso acerca de la idoneidad del Estado para ejercer la función de determinar, periódicamente, el número y las características –calidad y especialización– de los individuos que aspiraría a educar con sus propios recursos. Por otra parte, existe un amplio acuerdo en cuanto a que la universidad, en razón de la naturaleza de su función, debe tener completa autonomía académica para determinar el contenido de su enseñanza y los métodos de llevarla a cabo. Es evidente que la presencia de esta autonomía,

^{*} *Palabras clave.* Política universitaria, Financiación de la demanda, Democracia fortalecida como requisito.

¹ Este artículo fue presentado y discutido en el VI Congreso Nacional de Exalumnos de la Universidad de los Andes, reunido en San Andrés Islas en julio de 1972 y publicado en las Memorias del Congreso preparadas por Julio Zuluaga Giraldo, quien fue desde la fundación de la Universidad, y por muchos años, su Secretario Académico.

² Eduardo Aldana era el Vicerrector de Uniandes y esta es quizás su primera propuesta sobre la reforma universitaria.

sin un claro entendimiento por parte de las instituciones de educación superior de las prioridades fijadas por el Estado, ni un interés o poder por hacer coincidir los objetivos de cada institución individualmente con los de aquel, ha sido causa de mucha duplicación de esfuerzos e ineficiencia de la universidad colombiana como un todo.

Finalmente, dentro de estos considerandos, podría decirse que los sistemas escogidos hasta ahora por el Estado para financiar y controlar la educación superior tienden a fomentar la irresponsabilidad y a tratar en iguales términos tanto los esfuerzos por alcanzar altos niveles de docencia e investigación como aquellos caracterizados por la desidia o por intereses inaceptables.

Dadas estas condiciones, el sistema que se propone a continuación en forma muy esquemática, intenta reunir la propiedad de “dar a Dios lo que es de Dios y al César lo que es del César”, con ventajas de gran importancia como las de propender por la igualdad de oportunidades para los estudiantes de menores recursos económicos, impulsar más eficientemente la localización de los presupuestos para la educación superior y propiciar la planeación y autoevaluación dentro de cada institución universitaria.

Una comisión coordinadora de políticas

No se pretendería crear nuevos organismos sino utilizar aquellos que el Estado ya ha establecido, coordinando su acción con la del sector universitario. Para este propósito, se recomienda la creación de una “Comisión de Recursos Humanos Superiores” formada por representantes o delegados de –institución más o institución menos– el Ministerio de Educación Nacional, el Departamento Nacional de Planeación, el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, Colciencias y la Asociación Colombiana de Universidades. Podría ser también conveniente la participación en este organismo de miembros del Congreso Nacional.

Esta Comisión se reuniría unas pocas veces por año con el fin de evaluar y fijar políticas con base en los estudios que le preparasen las entidades que la conformaren.

Funciones de la comisión de recursos humanos superiores

La Comisión tendría como funciones fundamentales:

- Determinar las necesidades del país en recursos humanos de alto nivel y revisarlas periódicamente con el objetivo de adecuarlas a la evolución educativa y a las alteraciones en los planes de desarrollo.
- Determinar las partidas que el Gobierno debería asignar a la formación de estos recursos en períodos de cinco o más años y, específicamente, en cada ejercicio presupuestal.
- Fijar los criterios para la distribución de estas partidas, dentro del esquema discutido a continuación.

Cómo operaría el sistema

Aunque existe un necesario período de transición entre la situación actual y la que se presentaría bajo el nuevo sistema, una vez este entre en vigencia total, no es difícil encontrar mecanismos que permitan un cambio ordenado. Sin embargo, la discusión de esta etapa obligaría a considerar una serie de detalles que oscurecerían las bases fundamentales del sistema propuesto. Por esta razón, parece conveniente suponer en lo que sigue que el sistema ya haya estado en funcionamiento por varios años, con solo alguna ligera mención a los necesarios ajustes iniciales.

Cada año, la Comisión de Recursos Humanos Superiores determinará el número de estudiantes, por especialidades o programas, que las universidades, como un todo, deberían admitir para cumplir los planes nacionales de desarrollo. En la determinación de este número se consideraría que sería función del Estado costear la educación superior de estos estudiantes dentro de ciertas reglas que se discuten más adelante. Posteriormente la Comisión llamaría a concurso, por intermedio de alguna de las instituciones que la forman, a la totalidad de los bachilleres colombianos. Con base en las necesidades de recursos humanos por áreas y en los resultados del concurso, la comisión determinaría los estudiantes cuya educación superior sería costeadada por el Estado³.

Cada uno de los estudiantes seleccionados sería informado de que podría escoger cualquiera de las universidades aprobadas por el Estado que ofreciese la carrera escogida previamente para adelantar sus estudios. La uni-

³ Se ha llamado la atención al autor sobre la importancia de aplicar criterios de equidad regional en la escogencia de los estudiantes beneficiarios del sistema.

versidad escogida tendrá la opción de fijar otros criterios académicos propios para la admisión de estos individuos, pero si algunos de los seleccionados por el concurso del Estado no fuesen admitidos a ninguna de las universidades –situación algo improbable– ellos serían repartidos con algún criterio y forzosamente entre las universidades.

Basada en estudios serios sobre costos por especialidad, la Comisión determinaría el aporte que el Gobierno debería hacer a cada universidad por cada uno de los estudiantes seleccionados que cursasen en ella su carrera.

El Gobierno podría reglamentar que parte de este aporte sería contribuido por el individuo y descontado directamente por la Administración de Hacienda en función de la renta y patrimonio de los padres o del estudiante mismo. También determinaría la contribución que le correspondería a los departamentos y municipios, estableciendo una tasa más alta para los que se benefician directamente por tener universidades locales o regionales.

Las universidades podrían admitir a otros individuos que no hubiesen participado en el concurso o no hubiesen sido seleccionados y que llenasen sus requisitos propios de admisión, pero no les podrían fijar una matrícula inferior a la que la Comisión determinara.

Es evidente que la reglamentación del sistema requeriría que se diera atención a muchos otros detalles. Específicamente, como se considera que el aporte del Estado por estudiante sería seguramente inferior al costo en la Universidad Nacional, habría que determinar si a esta se le daría un tratamiento especial permanente o se le concedería un plazo prudencial para que se ajustara al nuevo sistema. Las ventajas del sistema, discutidas a continuación, ilustran de todas maneras varias otras de sus características.

Ventajas potenciales del sistema

Se presenta una enumeración y discusión breve y no exhaustiva de algunas de las ventajas más importantes del sistema propuesto:

- Con una cuidadosa definición de los criterios del concurso, se daría oportunidad de ingresar a la universidad a estudiantes con potencial y méritos intelectuales pero que por sus bajos recursos económicos no han podido gozar de una educación familiar, escolar y de bachillerato equivalente a las de sus compañeros de clases económicas más favorecidas.

- Permitiría al Estado influir directamente en el desenvolvimiento de carreras y profesiones directamente relacionadas con sus políticas de creación de empleos, redistribución de los ingresos, etc., sin que ello significara que se descuidasen totalmente otras áreas del conocimiento necesarias para elevar el nivel cultural de la nación, pero sí que se regularizara la formación de profesionales que no encontrarían empleos o actividades adecuadas.
- Haría más explícita la contribución del Estado a la formación de cada estudiante, permitiéndole al primero exigir al segundo el cumplimiento de ciertas obligaciones. Así, por ejemplo, el Estado podría exigir a sus científicos y profesionales que ejercieran sus actividades en el país o, en caso de querer emigrar antes de cierto tiempo, que reintegrasen el costo de su educación superior. También sería más clara la reglamentación de cualquier tipo de servicio civil.
- Al ser el Gobierno, por intermedio de la Administración de Hacienda, el encargado de recaudar el aporte de cada estudiante para su educación universitaria, en función de sus capacidades económicas, haría que los fraudes de que actualmente son víctimas las universidades en el pago de los derechos de matrícula pudiesen ser contrarrestados con los instrumentos legales y de control de que dispone el fisco nacional.
- Las universidades estarían en mejor capacidad de planear su desarrollo aprovechando sus ventajas comparativas y el conocimiento de los programas nacionales sobre recursos humanos de alto nivel.
- Estimularía una sana emulación entre las universidades por atraer a los mejores talentos dentro de reglas de juego que obliguen a una objetiva presentación de cada institución.
- Fortalecería a los programas no profesionales –carreras cortas– que estarían a la disposición de los no seleccionados en el concurso del Estado.
- Fundamentaría un razonable control y supervisión por parte del Estado del manejo financiero de sus fondos en cada universidad, enfocados más hacia el estímulo de los buenos programas que hacia la excesiva preocupación por los mediocres.
- Permitiría la correcta adquisición de información sobre las carreras en mayor demanda entre la juventud, sugiriendo así el establecimiento de determinados programas de orientación en el bachillerato.

- El sistema sería adaptable y flexible de manera tal que se pudiese aprender con su funcionamiento y permitiese que se introdujeran reformas y revisiones sin traumatismos mayores para los estudiantes o las universidades.

A manera de conclusión

El sistema propuesto representa un cambio verdaderamente fundamental en la posición del Estado con respecto a la educación superior y por ello tiene inherentes inconvenientes para algunos grupos interesados. Por ejemplo, para ciertos individuos representaría una indebida intromisión del Estado en la educación superior con tendencias claramente socializantes; para otros, el sistema contribuiría a fortalecer situaciones viciadas que se deben destruir por la base en lugar de reformar y hacer más eficientes sin tener en cuenta el uso final que se daría a sus productos. El proponente supone que paralelamente a cualquier cambio debe venir una reestructuración y fortalecimiento del sistema político nacional que asegure una debida participación en los organismos dirigentes del país a las mayorías nacionales, conjuntamente con un esfuerzo en la formación política de estas mayorías para que se puedan definir claramente sus objetivos y utilizar las herramientas del Estado –entre ellas el sistema universitario– para lograr estos últimos. De todas maneras, la discusión de esta propuesta, que tiene raíces en sistemas de muy variada ideología política, permitiría hacer explícita la posición de las fuerzas políticas nacionales con relación a un asunto de tanta importancia.

San Andrés, julio de 1972

Carta a Ramón de Zubiría sobre proyecto Instituto SER*

Noviembre 22 de 1972

Señor doctor
Ramón de Zubiría
Buurtweeg 3
Wassenaar
Holanda

Estimado don Ramón:

Espero que por tercera persona le hayan llegado los mensajes que con frecuencia le envío ante este pecado mío de no escribir sino para asuntos concretos –mal profesional– y que tanto usted como doña Carmen se encuentren bien de salud y ojalá considerando una pronta visita a Colombia.

Como sé de su interés en tener noticias de la Universidad, me apresuro a darle mi punto de vista que necesariamente refleja mi posición dentro del conflicto. La situación sin lugar a dudas es grave porque a través de los tres últimos años la Universidad se ha venido deteriorando por diversas causas, entre las cuales creo que las siguientes tienen cierta importancia:

- El crecimiento rápido en número de estudiantes y profesores, sin un crecimiento proporcional en la calidad de algunos miembros del profesorado.
- La influencia del “odio internacional” que ha calado muy hondo entre la juventud.
- La creencia firme de los estudiantes de que los años universitarios deben proporcionales un entrenamiento político por medio de su participación activa y decisoria en la formulación y ejecución de las políticas de la institución.

* *Palabras clave.* Instituto SER, Investigación interdisciplinaria, Vicerrectoría Uniandes.

- Un cierto desequilibrio entre el prestigio social de los estudiantes –muy alto, por la clase social de donde provienen– y al prestigio académico de los profesores –no reconocido en nuestro medio–.
- El grado de “concientización” logrado por grupos de izquierda que ven el sistema educativo como una herramienta importante en el logro de sus objetivos y, por lo tanto, centran sus esfuerzos en la “toma del poder” en la Universidad.

Como están las cosas parece que el dilema fuera permitir un deterioro lento de la Universidad o enfrentarnos a un conflicto grave, cuyas consecuencias no son enteramente previsibles. Esta situación naturalmente está acompañada por posiciones irreconciliables a todos los niveles.

Personalmente para mí ha sido muy duro ocupar la Vicerrectoría en estas circunstancias. Llegué a la Universidad hace dos años lleno de ilusiones sobre la labor investigativa que podría realizarse y los nuevos programas interdisciplinarios que creía necesarios para el país y que Uniandes podría iniciar. Mi natural tendencia a decir “sí” pronto me llevó a formar parte de un “Comité de Diálogo” de estudiantes y profesores y a aceptar funciones administrativas que durante un año me impidieron realizar una actividad eficiente. Hace un año al aceptar la Vicerrectoría creí posible, y lo he venido intentando, continuar mis cátedras, impulsar programas serios de investigación y mejorar los sistemas administrativos de la Universidad. ¡El balance general es de honda frustración!

A pesar de lo que le he descrito, creo que la Universidad encontrará de nuevo su camino, pero a un costo grande. El más inminente es la pérdida de sus mejores profesores, muchos de los cuales se empezaron a formar desde su Rectoría. Esta deserción se producirá por dos motivos: falta de ambiente adecuado y dificultad financiera de la Universidad para asegurar un nivel salarial mínimo (como comprenderá, los problemas financieros están relacionados con su problemática interna).

La gravedad de la situación me ha movido a revivir una idea que acaricé durante mi último año en Cambridge y se relaciona con el establecimiento de un instituto de investigación interdisciplinario a la manera de los *Think Tanks* de los Estados Unidos y las entidades análogas en Europa. Consulté mi iniciativa con el Rector y el Presidente del Consejo Directi-

vo y ambos se mostraron ampliamente favorables y me autorizaron para iniciar gestiones como Vicerrector, en el entendimiento que yo manifesté, de que tan pronto se aclare la situación de la Universidad se me aceptará la renuncia de mi cargo para poder así dedicarme de lleno a organizar el instituto.

Desde el primer momento he tenido la ilusión de que usted me brindará su colaboración en esta empresa y aceptará a ser parte de los fundadores del Instituto, cuyo proyecto de Estatutos e ideas básicas acompañan a la presente. Honestamente lo veo como una manera de ayudar en esta emergencia a la Universidad proporcionado asilo a algunos de sus profesores y compartiendo la carga presupuestal representada por el sueldo de muchos otros.

Además de las discusiones que he tenido con directivos y profesores de la Universidad, he consultado a personas como Jaime Sanín y Jaime Michelsen que no solo se han entusiasmado con la idea, sino que me han ofrecido el más generoso apoyo. Espero tener en breve plazo reuniones con personalidades de la industria privada, del gobierno, de las fundaciones y gobiernos amigos para explorar más en detalle las bases financieras del instituto.

Después de esta larga misiva quedo a la espera ansiosa de sus comentarios y consejos.

Cordial abrazo,

Eduardo Aldana Valdés

Un índice de pronóstico coronario*

Revista de la Facultad de Medicina
Volumen XXXIX – No. 1

Un índice de pronóstico coronario

Aníbal Ríos¹
Eduardo Aldana²
Carlos Manrique³
Juan José DiRuggiero⁴

Universidad Nacional de Colombia
Centro Hospitalario San Juan de Dios
Bogotá, D.E.
Enero, febrero, marzo 1973

* *Palabras clave.* Investigación interdisciplinaria, Modelos estadísticos, Salud.

¹ Profesor Asociado Departamento de Medicina Universidad Nacional.

² Rector de la Universidad de Los Andes. Profesor de Ingeniería.

³ Estudiante del XI Semestre, Facultad de Medicina Universidad Nacional.

⁴ Residente I Departamento de Medicina. Facultad de Medicina Universidad Nacional.

Resumen

Intentamos una valoración pronóstica del infarto agudo del miocardio en nuestro medio con 15 variables de fácil obtención. Se revisaron 115 historias clínicas codificadas bajo el número 410, de la Sección de Estadística del Hospital Universitario San Juan de Dios, correspondientes a dos años consecutivos, de los cuales se seleccionaron finalmente 80. Las variables consideradas fueron:

- Edad en años cumplidos.
- Localización del infarto, dicotómica (0,1): Anterior o posterior transmural.
- Tensión Arterial Sistólica en mm. Hg.
- Tensión Arterial Diastólica en mm. Hg.
- Tamaño de la Silueta Cardíaca, categórica: Normal, dudosa y definitivamente aumentada. Valoración radiológica de los campos pulmonares, categórica: Normales, congestión venosa pulmonar, edema intersticial y edema pulmonar.
- Antecedentes coronarios, de hipertensión arterial y diabéticos: dicotómicas.

Al analizar las variables [individualmente] vimos que las personas más jóvenes sobrevivieron más, pero el análisis discriminante [con las demás variables] no le dio significancia a este hecho. Así ocurrió también con la localización y las cifras tensionales. Encontramos que los datos de mayor valor para predecir el riesgo de muerte en los pacientes con infarto agudo del miocardio [considerando las variables conjuntamente] fueron el edema agudo del pulmón y la cardiomegalia. Al suministrar las 15 variables al [análisis estadístico discriminante por] computador, este clasificó correctamente el 85% de los pacientes, mientras que al azar, solo [se] hubiese podido ubicar correctamente el 54.5%. Finalmente, el análisis estadístico de la información [permitió calcular la función discriminante o clasificadora que en este caso se denominó “índice de pronóstico coronario”]. [Según esa función] los pacientes con índices inferiores a menos 1 mueren en el 78% de los casos, los ubicados entre menos 1 y más 1 tienen una mortalidad de 48.0%, mientras que los situados por encima de 1, tienen sólo una mortalidad de 7.0%⁵.

⁵Nota de Eduardo Aldana en 2014. Se incluye únicamente el resumen del estudio realizado. Mis responsabilidades como rector de la Universidad de los Andes no me permitieron seguir acompañando a este grupo de investigadores. Supe que intentaban recolectar más casos y hubiese sido muy interesante utilizar otras técnicas de clasificación estadística que permitieran valorar mejor el valor predictivo de las variables escogidas y, por ejemplo, utilizar ese índice para prestar una atención especial a pacientes con alto riesgo.

Agradecimiento

Se agradece la colaboración prestada por los estudiantes del XI Semestre de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional, señores Gilberto Martínez, Luis Martínez y Nancy Lafaurie, quienes con su valiosa ayuda facilitaron la realización de este trabajo.

Referencias

- R. M. Norris, P. W. Brandt, D. E. Caughey, A. J. Lee, P. J. Scott, A new coronary Prognostic index. The Lancet I: 274-278, February, 1969.
- R. M. Norris, P. W. Brandt, A. L. Lee, Mortality in a Coronary Care Unit Analysed by a New Coronary Prognostic Index. The Lancet I: 278-281; February, 1969.
- Cooley William, Lohnes Paul R. Multivariate Procedures for the behavioral sciences. Edit John Wiley, 1962.

Modelos estadísticos^{*1}

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

Introducción

Estas notas de clase cubren la materia tratada por el autor en un curso de postgrado en la Universidad de los Andes. Los estudiantes de este curso han tomado, generalmente, cursos previos sobre Álgebra Lineal, Probabilidad, Estadística, Regresión Lineal Múltiple y Análisis de Varianza.

A todo lo largo del curso se hace énfasis en la función de la estadística como herramienta para cuantificar modelos formulados con base en conocimientos teóricos sobre el sistema en consideración. Se espera que el estudiante adquiera durante el curso un entendimiento muy claro de las suposiciones de

^{*} Palabras clave. Textos de clase, Modelos estadísticos

¹ Nota de Eduardo Aldana en 2014: Tengo mucho afecto por estas notas que escribí durante el ejercicio de la Rectoría y que fueron mecanografiadas por quien fuera la secretaria leal y eficiente de los rectores de Uniandes durante los primeros cuarenta años. Solamente se incluyen las dos primeras secciones resaltadas en la página de contenido, a continuación. Las múltiples funciones que desempeñé después de la Rectoría me impidieron revisarlas y publicarlas como libro de texto.

las diferentes técnicas estadísticas estudiadas, en tal forma que pueda evaluar su aplicabilidad a casos específicos. Igualmente, se intenta desarrollar la habilidad del estudiante en la formulación de modelos, su determinación empírica, el establecimiento y prueba de hipótesis y la interpretación de los resultados.

El curso incluye la lectura y discusión de aplicaciones en varias de las siguientes áreas: Ingeniería, Transportes, Educación, Salud, Economía, Psicología y Mercados. También se pide a los estudiantes que apliquen alguna de las técnicas estudiadas a un caso de su interés. El autor agradece la colaboración que le han prestado sus estudiantes en la preparación y corrección de estas notas, así como la paciente labor de mecanografía de la señora Emperatriz de Fernández.

Contenido²

Sistemas y modelos

Revisión del modelo lineal clásico

Condiciones de mínimos cuadrados

Propiedades del estimador mínimo cuadrático

Distribución de algunas estadísticas relacionadas con mco

Especificación del modelo lineal

Mínimos cuadrados generalizados

Multicolinealidad

Variables Estocásticas

Errores en las Variables

Variables Atrasadas

Sistemas de ecuaciones

Sistemas de ecuaciones simultáneas

Condiciones de Orden y Rango para la Identificación

Estimación de una Ecuación en un Sistema: MCO, MCI, MCDE

Estimación del Sistema: MCDE

Sistemas Recursivos y Predicción

Técnicas de clasificación estadística y análisis discriminante

El Método de Fisher para Dos Grupos

Análisis Discriminante para m Grupos

Correlación Canónica

² Los numerales en cursiva son los que están incluidos en este fragmento.

El método logístico (LOGIT)

Generalización del Método Logístico para m Grupos

El método probístico (probit) para dos grupos

Potencia predictiva de estas técnicas de clasificación

Apéndice (el principio de máxima verosimilitud)

Bibliografía sobre técnicas de clasificación y sus aplicaciones

Sistemas y modelos

Un sistema es aquella porción de la realidad sobre la cual se tiene interés especial en explicar o predecir su comportamiento. El sistema está compuesto por partes y por las relaciones de estas partes entre sí. Cada parte, a su vez, puede comprender a otros sistemas –subsistemas– y el sistema que interesa puede formar parte de un sistema más amplio pero que, para los propósitos del analista, puede considerarse como irrelevante, excepto por sus efectos observables sobre el primero. Un modelo es la representación abstracta de la forma y el funcionamiento de un sistema.

La construcción de modelos constituye una parte integral del método científico. En efecto, construimos modelos porque hemos observado datos que varían y nos interesa tratar de explicar dicha variabilidad. Para ello formulamos teorías-conjuntos estructurados de proposiciones acerca de algún aspecto de la realidad que trata de describir los componentes de este aspecto y de especificar las relaciones entre sus componentes que transformamos en modelos y si estos modelos son capaces de replicar la variabilidad de nuestros datos, consideramos que nuestra teoría, en principio, contribuye a la explicación de la realidad observada y que, por lo tanto, estamos en mejor capacidad de predecir datos que no han sido observados.

Debe ser claro que la inferencia de datos no conocidos a partir de datos conocidos puede llevar a resultados incorrectos. Este punto lleva a considerar la validez de los modelos, que de acuerdo con los planteamientos anteriores puede mirarse desde el punto de vista de la “utilidad” de esos mismos modelos. Así, un modelo será válido en cuanto sea útil en alcanzar el fin que se propone el analista. Debe anotarse que desde este ángulo, la validez de un modelo se convierte en una cuestión empírica que solo puede ser resuelta por la experiencia que se tenga con la construcción y el uso de modelos. En realidad, los más expertos constructores de modelos aprenden a usarlos sin

mayor apego por el isomorfismo –relación de uno a uno– de los componentes de dichos modelos con el mundo real. Aunque hay modelos gráficos, físicos y matemáticos, esta presentación se ocupará únicamente de una clase especial de estos últimos, como se mostrará más adelante.

Los modelos matemáticos se expresan usualmente por medio de ecuaciones o relaciones entre variables de dos tipos: independientes o exógenas al sistema en consideración y dependientes o endógenas al sistema. La suposición implícita es la de que existen relaciones causales entre las diferentes variables del modelo, derivadas de la teoría que ha dado lugar a este.³

Específicamente, el objetivo de los modelos que trataremos en estas conferencias será el de producir afirmaciones cuantitativas, por medio de ecuaciones, que bien *expliquen* el comportamiento de variables observadas o *predigan* el comportamiento no observado. Estos modelos deben ser, entonces, determinables por los métodos de la estadística inferencial.

Revisión del modelo lineal clásico

Se supone que el lector está familiarizado con el Modelo Lineal Clásico y el correspondiente estimador mínimo cuadrático conocido como Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) o Regresión. En esta sección se presentan, en forma resumida, algunos de los aspectos más importantes de este modelo y de su estimador.

El modelo tiene la siguiente expresión matricial:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

Para una muestra de tamaño n , los símbolos representan:

Y al vector correspondiente a las observaciones de la variable dependiente o endógena de dimensión n .

X a la matriz de observaciones de las variables independientes o exógenas, k vectores de dimensión n arreglados en una matriz de orden n por k . usualmente se supone que la primera variable es una variable ficticia con valor unitario para todas las observaciones.

³ En algunos modelos simples esta relación causal no existe y sólo se hace uso de la relación-correlación entre dos o más variables por tener ellas alguna causa común.

β al vector de los parámetros, correspondientes a las k variables independientes. Su primer elemento, si existe la variable ficticia unitaria, corresponde, por consiguiente, al término constante.

ε al vector de “disturbancias” o errores, es de dimensión n .

Para estimar el vector β por un vector b , que sea función de la nuestra y que tenga ciertas propiedades estadísticas, se utiliza el método de mínimos cuadrados. El estimador tiene la siguiente expresión:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2)$$

Condiciones de mínimos cuadrados

El método de mínimos cuadrados proporciona un estimador insesgado, eficiente y consistente si se cumplen las siguientes condiciones:

Condiciones relacionadas con la matriz de observaciones, X

a.
$$r(X) = k \quad (3)$$

El rango de la matriz X es igual al número de variables independientes.

Esto implica que debe haber por lo menos k observaciones y ninguna variable independiente puede ser función lineal de otra u otras variables independientes.

En caso de que esta condición no se cumpla, no se puede utilizar el método de mínimos cuadrados, pues la matriz $(X'X)$, usada en la estimación de los parámetros del modelo, tiene un determinante igual a 0 y, por consiguiente, no tiene inverso. En la práctica lo que sucede es que una variable independiente se aproxima a ser una combinación lineal de otra u otras variables independientes. Este caso se conoce como *Multicolinealidad* y se tratará en la sección correspondiente.

b. La matriz de las variables independientes X debe ser predeterminada, es decir, no estocástica o aleatoria. Esto significa que los valores de las variables independientes son escogidos previamente por el investigador. Esta es una suposición demasiado exigente y así, por ejemplo, en las aplicaciones en las Ciencias Sociales es casi imposible de cumplir. Se puede “relajar” permitiendo que X sea aleatoria, pero, estocásticamente independiente de ε . En este caso el método de mínimos cuadrados mantiene sus propiedades.

En varias circunstancias es necesario “relajar” aún más esta suposición. Se mostrará que X y ε pueden ser dependientes estocásticamente pero estar

asintóticamente no correlacionadas y mínimos cuadrados sigue siendo consistente, pero deja de ser insesgado. En secciones posteriores se analizará el caso de variables independientes aleatorias y algunas situaciones importantes en las cuales aún la última suposición no se cumple, tales como *variables medidas con errores, variables atrasadas y ecuaciones simultáneas*.

Condiciones relacionadas con el término de error, ε

a. El término de error tiene esperanza matemática igual a 0, es decir:

$$E(\varepsilon_i) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

En caso de no cumplirse esta suposición se ve afectado el estimador del término constante y no puede determinarse la magnitud de su sesgo a menos que se conozca de antemano este término. En efecto, supóngase que:

$$E(\varepsilon) = C \quad (5)$$

Se puede definir un nuevo término de error:

$$\varepsilon^* = \varepsilon - C \quad (6)$$

Cuya esperanza matemáticamente es claramente nula. El modelo (1-1) puede re-escribirse:

$$Y = (\beta_1 + C) + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon^* \quad (7)$$

Es evidente que el efecto de la media del término de error ha pasado al término constante.

b. La varianza del término de error debe ser constante, es decir:

$$E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Si no se cumple esta suposición mínimos cuadrados continúa siendo insesgado y consistente, pero deja de ser el Mejor Estimador Lineal Insesgado (MELI).

c. No existe correlación entre los términos de error de las observaciones, es decir:

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_i \varepsilon_j) &= 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9) \\ j &= 1, 2, \dots, n \\ i &\neq j \end{aligned}$$

En caso de que exista correlación entre los términos de error, lo que se denomina autocorrelación, mínimos cuadrados tiene las mismas características que en el caso anterior. El tratamiento de estos dos últimos problemas se lleva a cabo por medio de un estimador modificado conocido como Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG).

El término de error sigue siendo una distribución normal, es decir:

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I), \text{ combinando b), c) y d)} \quad (10)$$

De no cumplirse esta última suposición solo se afectan las pruebas de hipótesis, pero esto no es muy grave ya que estas pruebas son robustas, es decir, insensibles a la falta de normalidad, por la propiedad del teorema del límite central.

Propiedades del estimador mínimo cuadrático

Si se cumplen las condiciones enunciadas, el estimador mínimo cuadrático, o de mínimos cuadrados ordinarios, MCO, tiene las siguientes propiedades:

a. Mínimos cuadrados es un estimador insesgado. Reemplazando (1-1) en (1-2) se tiene que:

$$\begin{aligned} b &= (X'X)^{-1} X' (X\beta + \varepsilon) \\ &= (X'X)^{-1} X' X\beta + (X'X)^{-1} X' \varepsilon \\ &= \beta + (X'X)^{-1} X' \varepsilon \quad (11) \end{aligned}$$

Tomando valores esperados en (1-11)

$$\begin{aligned} E(b) &= \beta + E[(X'X)^{-1} X' \varepsilon] \\ &= \beta + (X'X)^{-1} X' E(\varepsilon) \\ &= \beta \end{aligned}$$

b. Un estimador insesgado de la varianza del término de error está dada por:

$$s^2 = (u'u)/(n-k) \quad (12)$$

donde u es el vector de residuos.

La raíz cuadrada de esta expresión, s , se conoce como el error típico del estimativo. Se establece, entonces, que:

$$E(s^2) = \sigma^2 \quad (13)$$

c. La matriz de varianza covarianza de b y un estimador insesgado de ella están dados por las siguientes expresiones:

$$\Sigma_{bb} = E [(b - \beta) (b - \beta)'] = \sigma^2 (X'X)^{-1} \quad (14)$$

$$S_{bb} = s^2 (X'X)^{-1}$$

d. Mínimos cuadrados es el mejor estimativo lineal insesgado de β . Esto indica que cualquier función lineal de los elementos de b estimados por mínimos cuadrados tiene una menor varianza que la misma función lineal de los correspondientes estimativos insesgados de cualquier otro estimador lineal insesgado.

e. Mínimos cuadrados es consistente. O sea que al aumentar el tamaño de la muestra, la distribución b se concentra en β .

Es decir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (b) = \beta \quad (15)$$

Distribución de algunas estadísticas relacionadas con MCO

a. Supóngase que una hipótesis nula impone r restricciones simultáneas a los valores de los parámetros de un modelo lineal. Sean:

u^* = el vector de residuos (diferencia entre valores observados y calculados de la variable dependiente) en el modelo restringido por la hipótesis nula.

u = el vector de residuos en el modelo original, no restringido.

Entonces, la estadística:

$$F = \frac{(u^{*'}u^* - u'u)/r}{(u'u/n - k)} \quad (16)$$

Sigue una distribución F central con r y $n - k$ grados de libertad, si la hipótesis es cierta.⁴

b. Supóngase que la hipótesis $\beta_j = \beta_j^0$, donde β_j^0 es un número conocido es cierta. Entonces la estadística

$$t = \frac{b_j - \beta_j^0}{s_{jj}} \quad (17)$$

⁴ Ver Fisher, Franklin M. "Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions: An Expository Note", para el desarrollo de esta estadística y sus aplicaciones.

En donde b_j es el estimativo de β_j y S_{jj} su error típico, sigue una distribución t central con $n-k$ grados de libertad.

Especificación del modelo lineal

Se conoce como especificación de un modelo de esta clase la escogencia apropiada de la función que relaciona la variable dependiente con las independientes y la selección correcta de la lista de variables independientes. La especificación del modelo lineal da lugar a ciertos problemas y limitaciones del mismo, tales como:

a. *Linealidad.* El modelo debe poder ser expresado como una función lineal en los parámetros y en el término de error, simultáneamente. Este requisito significa que debe ser posible llegar a una expresión de la siguiente forma:

$$f(y) = \beta_1 f_1(X_1, \dots, X_k) + \beta_2 f_2(X_1, \dots, X_k) + \dots + \beta_k f_k(X_1, \dots, X_k) + \varepsilon \quad (18)$$

En donde cada una de las funciones $f_1, f_2, \dots, f_k$ no incluye parámetros desconocidos. Es evidente, por lo tanto, que la limitación de linealidad no excluye la consideración de modelos multiplicativos que pueden linearizarse al tomar los logaritmos de las variables o modelos que incluyan potencias o productos de las variables independientes. El uso de variables ficticias (0,1) permite, por otro parte, incluir factores cualitativos entre las variables independientes, y en términos más generales, analizar por técnicas de regresión los modelos conocidos como análisis de varianza y covarianza.⁵

Existen, sin embargo, varios modelos que no pueden reducirse a una expresión como (18). Considérese, por ejemplo, el modelo:

$$Y = \alpha + \beta X^\delta + \varepsilon \quad (19)$$

Esta expresión no puede ser reducida a una forma lineal simultáneamente en los parámetros α, β, δ y en el término de error ε . Se requiere, por lo tanto, utilizar otros estimadores diferentes a MCO.⁶

⁵ Ver Suits, D. B. "Use of Dummy Variable in Regression Equations", Jour. American Statistical Association, Vol. 52 (1957) págs. 548-551 y los textos de Goldberger (1964) y Johnston (1963) para una discusión más completa sobre variables ficticias.

⁶ Ver Draper, N. R. y H. Smith, "Applied Regression Analysis", John Wiley (1966), Cap. X, para una introducción a estos estimadores.

b. Desconocimiento del conjunto de variables independientes. Aun suponiendo que el analista ha podido escoger la forma apropiada de su modelo, aquél a menudo tiene dudas sobre la lista de variables independientes que lo conforman. En la práctica se observa que el analista usualmente empieza con una lista de variables que considera apropiada, estima su modelo y elimina aquellas variables que no son suficientemente significativas. A continuación añade otras nuevas variables y vuelve a repetir el proceso, el cual se continúa hasta tanto el analista llega a un modelo que le parece apropiado bajo cierto criterio. Este proceso de utilizar en cierta forma los datos para precisar el modelo, es prácticamente inevitable, pero puede llevar a un modelo que se ajusta a las peculiaridades de los datos disponibles y no a la *población*, cuyo comportamiento pretende explicar o predecir.

Una consecuencia importante de la mala especificación de un modelo es la omisión de una o más variables independientes. Para aclarar las consecuencias, supóngase un modelo en dos variables independientes:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (20)$$

Si se omite la variable X_3 , su efecto deberá sumarse al término de error. Es decir, se tiene el nuevo modelo:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon^* \quad (21)$$

En donde:

$$\varepsilon^* = \varepsilon + \beta_3 X_3 \quad (22)$$

Muy a menudo las variables X_2 y X_3 están correlacionadas. Por esta razón es de esperar que X_2 y ε^* estén correlacionadas. En la sección anterior se había indicado que la propiedad de no-sesgo de mínimos cuadrados demandaba por lo menos independencia entre las variables independientes y el término de error. Es claro que en el presente ejemplo esta última condición no existe y, por lo tanto, el estimativo de β_2 en (21) es sesgado. La magnitud de estas deficiencias depende, obviamente, de la correlación entre X_2 y X_3 y de la importancia de X_3 , medida por la magnitud β_3 . Se pueden hacer algunas sugerencias generales con relación a este punto:

- Es conveniente utilizar al máximo la teoría y los resultados empíricos de otras investigaciones en la especificación del modelo.

- Cuando la teoría es deficiente, debe procurarse una muestra grande que represente apropiadamente a la población. De ser posible, esta muestra debe partirse en tres submuestras: una, para escoger el modelo; otra, para estimarlo y la tercera, para validarlo por medio de predicciones.
- En la escogencia del modelo, el criterio de varianza mínima del estimativo (Suma de los Cuadrados de las Desviaciones debidas al Error, dividida por los grados de libertad) puede ser de alguna utilidad, pues en general, este valor es menor para el modelo correcto.⁷

c. Restricciones al valor de los parámetros. El modelo lineal clásico supone total ignorancia sobre los valores de los parámetros, pero a menudo sucede que el analista tiene alguna información previa (por otros estudios o su conocimiento del fenómeno) sobre el valor de alguno o algunos de los parámetros. Para poder tomar en cuenta esta información, el estimador de mínimos cuadrados debe ser modificado. Por ejemplo, cuando se sabe que los elementos de β deben satisfacer una o más ecuaciones lineales, se puede usar el estimador conocido como Mínimos Cuadrados Restringidos. Como el uso de información de otras fuentes es una de las maneras de resolver el problema de multicolinealidad, este tema se tratará más extensamente en esa sección.

d. Agregación. La teoría que se conoce usualmente se refiere al comportamiento de microunidades tales como individuos, familias o industrias. Sin embargo, los datos de que se dispone usualmente se refieren a promedios en zonas de una ciudad, una ciudad en su totalidad y aún regiones y países. Cuando las unidades que componen un agregado son diferentes entre sí, se presenta lo que se conoce como “sesgo de agregación”. El tratamiento de este punto es bastante complicado y se encuentra en el texto de Theil, ya citado. McCarthy analiza las consecuencias de este problema de agregación en estudios de generación de tráfico.⁸

e. Combinación de datos transversales. En general, en datos longitudinales (series de tiempo) se observan, tendencias a corto plazo y en datos transversales (mediciones sobre diferentes unidades, por ejemplo familias, en un mismo

⁷ Theil, Henri, “Principles of Econometrics”, John Wiley, New York, 1971, pp. 543-545.

⁸ McCarthy, G. M., “Multiple Regression Analysis of Household Trip Generation – A Critique”, Highway Research Record No. 297, 1969, pp. 31-43.

período) los aspectos a largo plazo. La interpretación, por lo tanto, de resultados que utilizan ambos tipos de datos no es sencilla.⁹

Preguntas para estudio independiente

- ¿En qué forma entra la teoría en la construcción de un modelo?
- Las variables independientes o exógenas se pueden clasificar en dos grupos: aquellas sobre las cuales el analista no tiene ningún control inmediato ya que dependen, en general, de la naturaleza o de los hábitos de la población (variables incontrolables) y aquellas, como tarifas y tiempos de viaje en transporte, sobre las cuales el analista puede hacer recomendaciones (variables de política). Estas últimas son la de mayor interés para el analista de sistemas, quien a través de los estimativos de sus parámetros, evaluará el impacto de los posibles cursos de acción. ¿Qué razones obligan a incluir las primeras?
 - Reducción de errores de predicción
 - Correlación en la muestra entre variables de política y variables incontrolables que podrían causar que el efecto de las últimas se asignara a las primeras.
- En un modelo con series de tiempo (datos longitudinales) se ha omitido una variable exógena cuyo valor en un período cualquiera está correlacionado con su valor en el período anterior, (por ejemplo, los ingresos familiares). ¿Qué le sucede al término de error? ¿Cuál de las suposiciones que se hace sobre él, no se cumple?
- Se postula un modelo que explica el ahorro familiar en función del ingreso familiar y otras variables. Para estimar este modelo se efectúa una encuesta entre familias con muy diversos niveles de ingreso. Supóngase que la encuesta produce datos enteramente satisfactorios. ¿Cuál de las suposiciones sobre el término de error tiene una alta posibilidad de no cumplirse? ¿Por qué?
- Se ha estimado la relación que existe entre los tres exámenes de admisión y el promedio semestral para los alumnos que ingresaron en el segundo semestre de 1973 y ahora se dispone de los datos para los que

⁹ Ver Malinvaud, E., *Statistical Methods of Econometrics*, Rand McNally & Co., 1966, pags. 127-128 y Wallace, T.D. y A. Hussain, "The Use of Error Components Models in Combining Cross Section with Time Series Data", *Econometrics*, 39 (1969), pags. 55-72 para una discusión más completa de este problema.

ingresaron en el primer semestre de 1974. ¿Cómo podría probarse la hipótesis de que la relación es la misma?

Bogotá, enero de 1975

Modelos estadísticos en salud^{*1}

Introducción

Estas conferencias fueron elaboradas para ser presentadas dentro de un Curso de Análisis de Sistemas en Salud, ofrecido a médicos y profesionales en el campo de la Salud Pública en la Universidad de los Andes en 1974. En ellas se hace una presentación conceptual de las técnicas estadísticas de mayor aplicabilidad en investigaciones en salud, tales como regresión multivariada, análisis de varianza, análisis discriminante y tablas de contingencia. Cada una de las técnicas se ilustra con ejemplos y se presentan [los resultados de] dos investigaciones cuya discusión en clase pretende destacar las cualidades de un buen trabajo, así como los errores que podrían cometerse. El autor agradece la colaboración de su antiguo colega, Roberto Zachmann, con la traducción de los dos estudios mencionados.

Modelos estadísticos en salud

Esta parte de las conferencias se relacionan con las representaciones matemáticas de la forma o del funcionamiento de sistemas. Ellas se conocen como modelos. En especial se referirán a aquellas representaciones cuantificadas empíricamente, por medio de los métodos de la estadística inferencial. Por necesidad, la presentación se limitará a destacar ciertos aspectos básicos de algunos de los modelos más utilizados en la investigación científica.

^{*} *Palabras clave.* Educación continuada, Modelos estadísticos

¹ Publicaciones de la Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Enero de 1975.

La construcción de modelos constituye una parte integral del método científico. En efecto, construimos modelos porque hemos observado datos que varían y nos interesa tratar de explicar dicha variabilidad. Para ello formulamos teorías, conjuntos estructurados de proposiciones acerca de algún aspecto de la realidad que tratan de describir los componentes de este aspecto y de especificar las relaciones entre esos componentes, que transformamos en modelos y si estos modelos son capaces de replicar la variabilidad de nuestros datos, consideramos que nuestra teoría, en principio, contribuye a la explicación de la realidad observada y que, por lo tanto, estamos en mejor capacidad de predecir datos que no han sido observados. Debe ser claro que la inferencia de datos no conocidos a partir de datos conocidos puede llevar a resultados incorrectos. Este punto lleva a considerar la validez de los modelos, que de acuerdo con los planteamientos anteriores puede mirarse desde el punto de vista de la “utilidad” de esos mismos modelos.

Así, un modelo será válido en cuanto sea útil para alcanzar el fin que se propone el analista. Debe anotarse que desde este ángulo, la validez de un modelo se convierte en una cuestión empírica que solo puede ser resuelta por la experiencia que se tenga con la construcción y el uso de modelos.

En realidad, los más expertos constructores de modelos aprenden a usarlos sin mayor apego por el isomorfismo –relación de uno a uno– de los componentes del modelo con el mundo real. Específicamente, el objetivo de los modelos que trataremos en estas conferencias será el de producir afirmaciones cuantitativas, por medio de ecuaciones y que, o bien expliquen la relación entre ciertas variables o logren predecir el valor no observado, de alguna u algunas de ellas, dado el valor de las otras.

El modelo lineal

Es este, quizás, el más simple de los modelos que podemos estructurar y analizar estadísticamente pero también uno de los más flexibles y, por consiguiente, con más amplias aplicaciones. El modelo supone que una variable Y (dependiente o endógena) es causada o influenciada² por una serie de variables $X_1, X_2, \dots, X_k$ (independientes o exógenas) de tal manera que la varia-

² En algunos modelos simples estas relaciones de causalidad o influencia no existen y solo se hace uso de la relación o asociación –llamada correlación– entre dos o más variables por estar ellas influenciadas por algunos factores comunes.

ble dependiente puede expresarse como una función lineal de las variables independientes por una ecuación de la forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

En esta ecuación los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ no se conocen ni pueden ser observados y reciben el nombre de parámetros. β_0 representa el valor de Y cuando todas las variables independientes son zeros y cada uno de los demás parámetros indica la contribución que hace la respectiva variable independiente a la variable dependiente, cuando las otras se mantienen constantes. El elemento ε se conoce como el término de error, es desconocido y encierra el efecto de todas aquellas variables e factores que influyen sobre Y pero que no son importantes para los propósitos del modelo, y cuyos efectos, por lo tanto, no se desean identificar de una manera explícita.

Ejemplo. Supongamos que en una investigación preliminar sobre la relación que existe entre los casos de cáncer en el aparato respiratorio y la contaminación ambiental se analiza el número de estos casos en 20 centros urbanos de Colombia. Como no se intenta establecer una causalidad definitiva, sino más bien determinar si existe alguna relación, se empieza con un modelo bastante simple pero que parece satisfactorio para los propósitos del estudio.

Para este fin, suponemos que el número de personas con cáncer en el aparato respiratorio en una determinada ciudad está relacionado con la población total de la ciudad, el ingreso promedio de la población de esta ciudad (que captura la influencia de un gran número de variables correlacionadas con el ingreso) y el nivel de sulfatos en la atmósfera, medido como promedio mensual en microgramos por metro cúbico. Esta última variable representa la contaminación ambiental.

Definiendo:

Y = Número de personas en un centro urbano con cáncer en el aparato respiratorio.

X_1 = Población del centro urbano, medida en miles de habitantes.

X_2 = Ingreso personal promedio por mes del centro urbano, medido en miles de pesos.

X_3 = Nivel de sulfatos medido en microgramos por metro cúbico.

El modelo puede, entonces, representarse como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

En este modelo ε representa la influencia sobre Y de una gran diversidad de factores que no se quieren considerar directamente en el modelo y que parecen no perturbar la relación que pueda existir entre Y y X_3 .

El interés del investigador puede centrarse en responderse una serie de preguntas tales como:

- ¿Las variables independientes incluidas en el modelo muestran conjuntamente una buena relación con el número de casos de cáncer en el aparato respiratorio?
- ¿Existe una relación no despreciable entre la contaminación ambiental y el número de estos casos?
- ¿Cuál es el más probable aumento en número de casos de este tipo de cáncer que pueden resultar de establecer una industria que produce un nivel de sulfatos de 100 microgramos por metro cúbico?

Para poder responder estas preguntas se hace necesario emplear las herramientas de la estadística inferencial. El uso de estas técnicas, presume, sin embargo, que el investigador acepta que su modelo cumple con una serie de suposiciones básicas, que desafortunadamente no podemos discutir en esta introducción.

Para este caso específico, seguramente el investigador utilizará el “Método de Mínimos Cuadrados” o técnica de “regresión” que le permite calcular los valores de β_0 , β_1 , β_2 y β_3 tales que la ecuación resultante represente la “mejor”³ ecuación lineal que se puede obtener. Este paso de dar los valores a los parámetros se conoce como “estimación”.

Para poder llevar a cabo este proceso es indispensable disponer de datos. Estos datos son generalmente el producto de mediciones que se han hecho sobre las unidades de estudio. En el ejemplo en consideración las unidades de estudio son los 20 centros urbanos mencionados. Cada unidad de estudio produce lo que se denomina una “observación”, que comprende los valores tomados por la variable dependiente y las independientes en esa unidad.

³ Mejor con base en ciertos objetivos que se han establecido de antemano.

Los datos hipotéticos de este ejemplo se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1. Datos hipotéticos sobre cáncer y variables que se consideran relacionadas con este en 20 centro surbanos colombianos

Centro urbano	# de casos de cáncer	Población, en habitantes	Ingreso promedio, en \$/mes	Microgramos de sulfato por m3	Número de la observación, i
AA	80	40.000	2.000	20	1
BA	50	50.000	1.000	10	2
CA	60	60.000	1.500	10	3
DA	70	60.000	1.500	20	4
EA	80	70.000	2.000	30	5
AE	90	80.000	2.000	40	6
BE	100	80.000	2.000	50	7
CE	110	100.000	2.000	30	8
DE	120	80.000	2.000	60	9
FE	130	90.000	2.000	70	10
AI	140	100.000	2.000	80	11
BI	150	100.000	3.000	80	12
CI	160	100.000	4.000	50	13
DI	180	120.000	4.000	50	14
FI	200	150.000	4.500	90	15
AO	250	200.000	4.500	100	16
BO	300	200.000	5.000	120	17
CO	350	250.000	5.000	140	18
DO	400	250.000	6.000	150	19
FO	600	300.000	7.000	200	20

Estos datos se sometieron al programa de computador BMD 03R de la Colección “Biomedical Computer Programs” de la Universidad de California y se obtuvieron los resultados que se indican en la Tabla 2. Se puede, ahora, tratar de contestar las preguntas enunciadas anteriormente.

Tabla 2⁴. Resultados
Valor estadística F (3,16): 146,29

Variables	Coefficientes	Valor t (16)
Constante	42.7	
X ₁ (Población)	0.742	2.55
X ₂ (Ingreso promedio)	18.8	1.49
X ₃ Contaminación)	0.968	2.06

⁴Nota de Eduardo Aldana en 2014_03: Se simplificó la tabla original para facilitar su lectura.

a) Esta pregunta requiere lo que se denomina una “prueba de hipótesis”. Para llevarla a cabo es necesario establecer lo que se denomina la hipótesis sostenida o nula. En este caso la hipótesis nula es la de que todas las variables independientes conjuntamente no contribuyen a explicar la variable dependiente. Para efectuar la prueba se utiliza el valor de la estadística⁵ F proporcionada por el programa. Este valor se compara con el valor crítico obtenido de tablas de esta estadística⁶. En este caso para tres variables y 20 observaciones el programa proporciona los llamados “grados de libertad de la estadística”. El primero es igual al número de variables o sea tres y el segundo al número de observaciones menos el número de parámetros que se han estimado –cuatro con el término constante– o sea 16. Con estos grados de libertad y a un nivel de significancia de 0,05 la tabla da un valor crítico de 3, 24. Comparando este valor con el proporcionado por el programa de 146, 29, se observa que este último es mayor que el valor crítico y por lo tanto se dice que “se rechaza la hipótesis nula o sostenida”, es decir, que la evidencia dada por los datos indica que existe una relación significativa entre la variable dependiente y las independientes.

En caso de que el valor calculado por el programa hubiese sido inferior al crítico se habría tenido que admitir que no existe una relación “solida” entre las variables.

Como por la prueba anterior se sabe que las variables independientes en conjunto muestran una importante relación con la variable dependiente, ahora interesa saber si una de las primeras, en particular la contaminación ambiental, muestra una buena relación con la variable dependiente, en presencia de las otras dos variables independientes. Para esta prueba se utiliza usualmente el valor de la estadística t, con grados de libertad igual al número de observaciones menos el número de parámetros estimados. El valor calculado de esta estadística es, en este caso, de 2,06, inferior al valor crítico de las tablas al nivel de significancia de 0,05 con 16 grados de libertad (2, 12). No se puede afirmar por lo tanto, que con base en estos datos, existe correlación entre el número de casos de cáncer y la contaminación ambiental.

⁵ Una estadística, en términos técnicos, es una función de las observaciones que sigue una distribución probabilística determinada si la hipótesis nula es cierta.

⁶ Es necesario previamente seleccionar el denominado “Nivel de significancia de la prueba” que es la probabilidad de cometer el error de declarar falsa a una hipótesis sostenida verdadera. Se acostumbra valores de 0,01; 0,1; 0,5; o 0,10.

Si las dos pruebas anteriores hubiesen permitido rechazar las hipótesis nulas, entonces se podría contestar esta pregunta sencillamente utilizando la definición del parámetro β_3 que indica la relación entre el número de casos de cáncer y un aumento unitario en el nivel de sulfatos. Su valor ha sido estimado por la regresión y, por lo tanto, el aumento más probable en casos de cáncer sería igual a 100 veces el valor del coeficiente estimado. (Si el coeficiente fuera juzgado como significativo, la respuesta sería de 97 casos).

Modelos microanalíticos en transporte: Una reseña^{*1}

Introducción

Durante la década de 1960 se despertó un gran interés por técnicas estadísticas que permitieran utilizar como unidad de análisis a quien toma la decisión con respecto al uso de los medios de transporte, bien sea esta unidad el viajero individual o la familia. Ello ha originado un número cada vez más creciente de investigaciones y aplicaciones que se encuentran dispersas en la literatura y, por lo tanto, no son muy conocidas por el investigador hispanoamericano. El objetivo de este artículo es el de revisar los fundamentos de los modelos que se han desarrollado y proporcionar una bibliografía básica sobre el tema. Las razones del interés en estas técnicas se discuten en la literatura² y son principalmente las siguientes:

- La teoría que se conoce se refiere fundamentalmente al comportamiento de microunidades.
- La especificación correcta de modelos agregados tiende a ser más difícil que la de modelos desagregados o micro-analíticos.

^{*} *Palabras clave.* Educación continuada, Modelos estadísticos.

¹ “Documento de Trabajo” para discusión. Se ruega no citar sin autorización de su autor. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. Enero de 1975.

² Ver, por ejemplo, Aldana, Eduardo; Richard L. de Neufville y Joseph H. Stafford, (1973) y Ben Akiva, Moshe E, (1973), así como las referencias citadas en esos trabajos.

- Se empieza a disponer de datos desagregados que permiten la estimación de modelos microanalíticos. A su vez, el uso de estos modelos sugiere importantes modificaciones y economía en la recolección futura de datos.

Aunque las técnicas clásicas de regresión y econometría se podrían utilizar al nivel desagregado y, por lo tanto, también podrían servir para estimar algunos modelos microanalíticos su uso no es recomendable en todos los casos. Por ejemplo, al nivel microanalítico las variables dependientes tienden a tomar unos pocos valores discretos, usualmente 0 y 1, indicando la presencia o ausencia de un objeto o acción. Tal es el caso, v. gr, en la compra de auto, ya que una familia lo compra o no en un año dado, o en el uso de transporte público para el viaje al trabajo de un individuo. La presencia de variables dependientes excesivamente discretas –y aun en ciertos casos no numéricas o cualitativas– viola usualmente la suposición de varianza constante en mínimos cuadrados y hace difícil interpretar y aceptar los valores calculados para estas variables. (Que se convierten en valores continuos y no necesariamente dentro del rango de valores factibles, especialmente cuando se interpretan como probabilidades³).

Los modelos microanalíticos que se tratarán se refieren exclusivamente a dos situaciones estrechamente relacionadas:

a. Escogencia probabilística. En este caso, se trata determinar la probabilidad de que un individuo, con ciertas características o atributos, escoja una de dos o más alternativas mutuamente excluyentes y exhaustivas, cada una de estas últimas también caracterizada por ciertos atributos o cualidades. Ejemplo de este problema es determinar las probabilidades de que un individuo con un ingreso y un patrimonio determinado que vive en una zona urbana de alta densidad escoja usar el automóvil o el transporte público para su viaje al trabajo, dados los costos y los tiempos de viaje por cada uno de estos modos (medios de transporte).

b. Clasificación. En términos generales, este problema se relaciona con la asignación de un individuo u observación a una de dos o más subpoblaciones (grupos) con base en características del individuo u observación. Ejemplo clásico de este problema es la asignación de una planta una de varias

³ Ver Goldberger, (1964), pag. 249.

especies diferentes de acuerdo con las características de su flor (ancho y largo del pétalo, etc.)⁴. La solución de este tipo de problema puede reducirse a calcular las probabilidades de que la observación pertenezca a cada uno de los grupos y su posterior al grupo con mayor probabilidad de pertenecer o, alternativamente, a aquel que resulte de un experimento aleatorio en el cual la probabilidad de asignación a cada grupo es la determinada anteriormente.

En las aplicaciones en transporte los dos problemas anteriores no se distinguen, pues se supone que un individuo o familia pertenece a un grupo (v.gr. los dueños de un de un automóvil) porque ha escogido tener un automóvil y esta escogencia depende parcialmente de factores indeterminables que se tratan como aleatorios.

[Se omiten las siguientes secciones: Formulación del modelo, Estimación del modelo (Análisis discriminante, el método LOGIT y el método PROBIT)].

A manera de conclusión

Se han presentado tres métodos para estimar modelos micro-analíticos: análisis discriminante, Logit y Probit. Cada uno de estos métodos puede considerarse como parte integral de un modelo que resulta de ciertas suposiciones sobre el proceso de escogencia probabilística. Estrictamente, no existen hasta ahora consideraciones teóricas suficientemente definitivas que señalen la inconveniencia de cualquiera de los tres, cuando la formulación permite su uso alternativo. Las suposiciones de análisis discriminante son más restrictivas que las de los otros dos pero debe anotarse, en su favor, su simplicidad computacional. Es de esperar que el gran volumen de la investigación que se adelanta en este campo proporcione respuestas a los muchos interrogantes que se tienen sobre las ventajas, usos y limitaciones de estas tres formulaciones de problemas de predicción de escogencia y clasificación bajo incertidumbre.

La bibliografía que se presenta incluye aplicaciones relacionadas con la escogencia de modo de transporte para el viaje al trabajo, la escogencia de ruta, la estimación del valor del tiempo, la posesión de automóvil, la escogencia de lugar de estacionamiento, entre otras. También se incluyen libros y artículos relacionados con aspectos básicos de modelos en transportes (v.gr. Oi y Shuldiner, 1962, Quandt, 1966) y con los fundamentos de la teoría del

⁴ Ver Fisher, Ronald (1936).

consumidor, la teoría de la escogencia (Lancaster, 1966, Luce, 1959, etc.). Las bibliografías ya anotadas proporcionan más de 600 referencias adicionales sobre aplicaciones de estas técnicas a otros campos. Algunas extensiones de estas técnicas a casos en donde la variable dependiente puede tomar alternativamente un valor discreto o valores continuos son tratadas por Tobin (1958) y Cragg (1969). Por otra parte, algunos trabajos plantean la hipótesis de que muchas de las escogencias en transporte deben considerarse como simultáneas aunque parece posible establecer cierta jerarquía entre ellas. Así, por ejemplo, se sugiere que las escogencias de lugar de residencia, número de automóviles y uso regular del transporte público son efectuadas simultáneamente pero con prioridad a la escogencia del modo y destino para un viaje de compras, escogencias estas últimas que también son efectuadas simultáneamente. El primer grupo de escogencias fue estudiado por Aldana (1971) y el segundo por Ben-Akiva (1973).

Reconocimientos

Este trabajo fue elaborado originalmente durante la permanencia del autor en la Universidad de los Andes en Mérida, Venezuela, como profesor visitante del Programa de Cursos de Postgrado en Ingeniería de Transporte patrocinado por la Dirección General de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de ese país. Posteriormente fue revisado y complementado en la Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia, donde el autor es profesor de su Facultad de Ingeniería. Se agradece la colaboración de la señorita Helena Brugman, quien dedicó especial atención a la labor de mecanografía y edición de este artículo.

Bibliografía⁵

- Aldana, E., *Towards Microanalytic Models of Urban Transportation Demand*, Tesis Doctoral, Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, 1971.
- Aldana, E., R. de Neufville y J. Stafford, *Microanalysis of Urban Transportation Demand*, Highway Research Record No. 466, Highway Research Board, Washington, 1973.

⁵ Bibliografías adicionales sobre teoría y aplicaciones en diversas áreas se encuentran en varios, de los trabajos citados, especialmente los de Cacoullos y Cox.

- Alker, H.R.; A Typology of Ecological Fallacies, en Dogen, M. y S. Rokkan, editores, Quantitative Ecological Analysis in the Social Sciences, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts 1969.
- Anderson, T.W., An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, John Wiley and Sons, New York, 1958.
- Anderson, T. W., S. Das Gupta y G. P.H. Syan, A Bibliography of Multivariate Analysis 10 Oliver & Boyd, Edinburgh, 1972.
- Beilner, H., and F. Jacobs, Probabilistic Aspects of Traffic Assignment, in Newell, G. F., editor, Traffic Flow and Transportation, American Elsevier, New York, 1971.
- Ben-Akiva, M. E., Structure of Passenger Travel Demand Models, Tesis Doctoral, Department of Civil Engineering, M. I. T., Cambridge, 1973.
- Ben-Akiva, M. E., Disaggregate Direct Demand Model for Simultaneous Choice of Mode and Destination, Proceedings of the International Conference on Transportation Research, First Conference, Bruges, Belgium, Jun., 1973.
- Berkson, J., Application of the Logistic Function to Bio-assay, Journal of the American Statistical Association, Vol. 39, 1944.
- Berkson, J., Approximation of Chi-square by "Probits" and by "Logits, Journal of the American Statistical Association, Vol. 41, 1946.
- Berkson, J., Maximum Likelihood and Minimum χ^2 Estimates of the Logistic Function, Journal of the American Statistical Association, Vol. 50, 1955.
- Betak, J., Urban Model Choice: A Critical Review of the Role of Behavioral Decision Variables, Transportation Center, Northwestern University, Evanston, III, 1969.
- Bock, F. C., Factors Influencing Model Trip Assignment, National Cooperative Highway Research Program, Report 57, Highway Research Board, Washington, D.C., 1968.
- Bock, R. D., y L. V. Jones, The Measurement and Prediction of Judgment and Choice, Holden-Day, San Francisco, California, 1968.
- Cacoullos, T., editor, Discriminant Analysis and Applications, Academic Press, New York, 1973.
- Cacoullos, T., y G. P. H., Syan, A Bibliography of Discriminant Analysis, en Cacoullos T., editor, Discriminant Analysis and Applications.
- Charles River Associates, (CRA), A Disaggregate Behavioral Model of Urban Travel Demand, Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation, Washington D. C., 1972.
- Cooley, W. C. y P. R. Lohnes, Multivariate Procedures in the Behavioral Sciences, John Wiley and Sons, New York, 1963.
- Cox, D. R., Analysis of Binary Data, Methuen & Co, London, 1970.
- Cragg, J. G., Programs for Multiple Probit and Logit Analysis and Extensions to Them, Mimeógrafo, 1968.

- Cragg, J. G., Some Statistical Models for Limited Dependent Variables with Application to the Demand for Durable Goods, Discussion Paper No. 8, Department of Economics, University of British Columbia, 1969.
- Cragg, J. G., y R. S., Uhler, The Demand for Automobiles, Discussion Paper No. 27, Department of Economics, University of British Columbia, 1969.
- Das Gupta, S., Theories and Methods in Classification: A Review, Technical Report No. 201, University of Minnesota, 1973. (También en Cacoullos T., editor, Discriminant Analysis and Applications).
- De Donneau, F., Probit and Logit Modal Split Models for Rotterdam, Netherlands, Economic Institute, Rotterdam, 1970.
- De Donneau, F., The Determinants of Transport Mode Choice in Dutch Cities, Rotterdam University Press, Louvain, Belgium, 1971.
- Ergün, G., Development of a Downtown Parking Model, Highway Research Record No. 369, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971.
- Finney, D. J., Probit Analysis, Segunda edición (primera en 1947), Cambridge University Press, England, 1964.
- Fisher, R. A., The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems, Annals of Eugenics, Vol. 7, 1936.
- Frank, R.E., W. F. Massy y D.G. Morrison, Bias in Multiple Discriminant Analysis, Journal of Marketing Research, Vol. 2, Agosto, 1965.
- Gensollen, M., Modèles de Choix Binaires - Résultats Généraux et Présentation du Modèle Classique de Discrimination, Memoria para el Diploma de Estudios Superiores, Faculté de Droit et des Sciences Economiques, Université de Paris, Paris, 1968-1969.
- Gilbert, E. S., On Discrimination Using Qualitative Variables, Journal American Statistical Association, Diciembre, 1968.
- Goldman, L. A., Some Alternatives to Ecological Correlation, American Journal of Sociology, Vol. 64, 1959.
- Golob, T. F., y M. J., Beckmann, A Utility Model for Travel Forecasting, Transportation Science, Vol. 5, No. 1, Febrero, 1971.
- Haney, D. C. y T.C. Thomas, The Value of Time for Passengers Cars, Informe Final (2 volúmenes), Stanford Research Institute, Menlo Park, California, 1967.
- Hoel, L.A., y M. J. Demetsky, Behavioral Considerations in Modal Split Analysis, 37th Meeting, Operations Research Society of America, Washington, D. C., Abril, 1970.
- Hoxie, P., Auto Ownership and the Long-Run Transportation Decision, Tesis de Master, Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, Enero, 1970.

- Inglis, P., A Multimodal Logit Model of Modal Split for a Short Acces Trip, Highway Research Record No. 446, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973.
- Johnson, M. B., Travel Time and the Price of Leisure, Western Economic Journal, 1966.
- Kendall, M. G., A Course in Multivariate Analysis, C. Griffin, London, 1968.
- Ladd, G. W., Linear Probability Functions and Discriminant Functions, *Econometrica*, Vol. 34, No. 4, Octubre, 1966.
- Lancaster, K. J., A New Approach to Consumer Theory, *Journal of Political Economy*, Vol. 74. Abril, 1966.
- Lansing, J. B., y G. Hendricks, Automobile Ownership and Residential Density, Survey Research Center, Institute for Social Research, University of Michigan, Ann Arbor, 1967.
- Lave, C. A., Model Choice in Urban Transportation: A Behavioral Approach, Tesis Doctoral, Department of Economics, Stanford University, 1968.
- Lave, C. A., A Behavioral Approach to Modal Split Forecasting, *Transportation Research*, Vol. 3, No. 4, Diciembre, 1969.
- Lisco, T. E., The Value of Commuters Travel Time: A Study in Urban Transportation, Tesis Doctoral, Department of Economics, University of Chicago, 1967.
- Lisco, T. y J. Cragg, Multiple Probit Analysis, Social Science Program Library, Computation Center, University of Chicago, Chicago, 1967.
- Lisco, T. E. y P. R. Stopher, Modelling 'Travel Demand: A Disaggregate Behavioral Approach Issues and Applications, Proc., Eleventh Annual Meeting of Transportation Research Forum, 1970.
- Luce, R. D., y P. Suppes, Preference, Utility and Subjective Probability, en Luce, R.D., R. R. Bush, y E. Galanter, editores, *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. III, John Wiley and Sons, New York, 1965.
- Luce, R. D. 11 Individual Choice Behavior, John Wiley and Sons, New York, 1959.
- Massy, W. F., Bayesian Multiple Discriminant Analysis, Graduate School of Business, Stanford University, Working Paper No. 58, Julio, 1965.
- McCarthy, G. M., Multiple Regression Analysis of Household Trip Generation-A Critique, Highway Research Record No. 297, Highway Research Board, Washington, D.C., 1969.
- McFadden, D., The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy, Technical Report No. 17, Institute of International Studies, University of California, Berkeley, 1968.
- McFadden, D., A Disaggregated Behavior Model of Urban Travel Demand, Charles River Associates, Informe Final para el Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation (Contrato No. FH-11-7566), Cambridge, Massachusetts, Marzo, 1972.

- McGillivray R. G., Binary Choice of Transport Mode in the San Francisco Bay Area, Tesis Doctoral, Department of Economics, University of California, Berkeley.
- McGillivray, R. G., Demand and Choice Models of Modal Split, *Journal of Transport Economics and Policy*, The London School of Economics and Political Science, Landon, Mayo, 1970.
- McGillivray, R. G., Mode Split and the Value of Travel Time, *Transportation Research*, Vol. 6, 1972.
- McLynn, J. M., A. J. Goldman, P.R. Meyers y R.H. Watkins, Analysis of a Market Split Model, *Journal of Research*, National Bureau of Standards, Mathematical Sciences, Vol. 72B, No. 1, 1968.
- McLynn, J. M., y T. Woronka, Passenger Demand and Modal Split Models, Northeast Corridor Transportation Project, U. S. Department of Transportation, Washington, D. C., 1969.
- McMillan, R. K., y H. Assael, National Survey of Transportation Attitudes and Behavior: Phase 1 - Summary Report, National Cooperative Highway Research Program, Report 49, Highway Research Board, Washington, D. C., 1968.
- Mongini, A., Some Aspects of Discriminant Functions and Other Inter-Urban Modal Split Models, Informe para el Northeast Corridor Transportation Project, Octubre, 1965.
- Morrison, D. G., On the Interpretation of Discriminant Analysis, *Journal of Marketing Research*, Vol. 6, Mayo, 1969.
- Moses, L. N., y H. F. Williamson, Jr., Value of Time, Choice of Mode, and the Subsidy Issue in Urban Transportation, *Journal of Political Economy*, Junio, 1963.
- Oi, W. Y. y P. W. Shuldin, An Analysis of Urban Travel Demand, Northwestern University Press, Evanston, Illinois, 1962.
- Olking, L. y R. F. Tate, Multivariate Correlation Models with Mixed Discrete and Continuous Variables, *Ann. of Math. Stat.*, Vol. 32, 1961.
- Orcutt, G. H., M. Grennberger, J. Korbel y A.M. Rivlin, *Microanalysis of Socio-Economic Systems: A Simulation Study*, Harper and Row, New York, 1961.
- Plourde, R. P., Development of a Behavioral Model of Travel Mode Choice, Tesis Doctoral, Department of Civil Engineering, M. I. T., Cambridge, Massachusetts, 1971.
- Quandt, R. E., editor, *The Demand for Travel: Theory and Measurement*, Heath Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 1970.
- Quandt, R. E., y W. J. Baumol, Abstract Mode Model: Theory and Measurement, *Journal of Regional Science*, Vol. 6, No. 2, 1966.
- Quarmby, D. A., Choice of Mode for the Journey to Work: Some Findings, *Journal of Transport Economics and Policy*, The London School of Economics and Po-

- litical Science, London, Septiembre, 1967. (También en Quandt, R. E., editor, *The Demand for Travel: Theory and Measurement*).
- Rao, C. R., *Advanced Statistical Methods in Biometric Research*, John Wiley and Sons, New York, 1952.
- Rao, C. R., *Linear Statistical Inference and its Applications*, John Wiley and Sons, New York, 1965.
- Rassam, P. R., R. H. Ellis y J. C. Bennett, *The n-Dimensional Logit Model: Development and Application*, Highway Research Record No. 369, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971.
- Reichman, S., y P. R. Stopher, *Disaggregate Stochastic Models of Travel-Mode Choice*, Highway Research Record No. 369, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971.
- Robinson, W. S., *Ecological Correlations and The Behaviour of Individuals*, *American Sociological Review*, Vol. 15, 1950.
- Rocheftort, P., *Modèles de Choix Binaire: Formulation des Hypotheses: Application a un Problème de Choix du Mode de Transport*, Memoria para el Diploma de Estudios Superiores, Faculté de Droit, et des Sciences Economiques, Université de Paris, Paris, 1968-1969.
- Stopher, P. R., *Predicting Travel Mode Choice for the Work Journey*, *Traffic Engineering and Control*, Enero, 1968.
- Stopher, P. R., *Transportation Analysis Methods*, Notas de clase no publicadas, Northwestern University, Chicago y McMaster University, Hamilton, (Ontario), 1970.
- Stopher, P. R. y J. O. Lavender, *Disaggregate, Behavioral Travel Demand Models: Empirical Tests of Three Hypotheses*, *Transportation Research Forum Proceedings*, 1972.
- Talvitie, A., *Comparison of Probabilistic Modal-Choice Models: Estimation Methods and System Inputs*, Highway Research Record No. 392, Highway Research Board, Washington, D. C., 1972.
- Theil, H., *A Multinomial Extension of the Linear Logit Model*, *International Economic Review*, Vol. 10, N. 3, 1969.
- Thomas, T. C., *Value of Time for Commuting Motorists*, Highway Research Record No. 245, Highway Research Board, Washington, D. C., 1968.
- Thomas, T. C. y G. I. Thompson, *The Value of Time for Commuting Motorists as a Function of Their Income Level and Amount of Time Saved*, Highway Research Record No. 314, Highway Research Board, Washington, D. C., 1970.
- Thomas, T. C. y G. I. Thompson, *The Value of Time Saved by Trip Purpose*, Highway Research Record No. 369, Highway Research Board, Washington, D. C., 1971.

- Tobin, J., The Application of Multivariate Probit Analysis to Economic Survey Data, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1, Julio, 1955.
- Tobin, J., Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables, *Econometrica* 26, 1958.
- Van Es, J. y C. J. Ruijgrok, Modal Choice in Freight Transport, Proceedings of the International Conference on Transportation Research, First Conference, Bruges, Belgium; Junio, 1973.
- Wallace, J. P., III, Some Applications of Marketing Research Techniques to the New Mode Demand Forecasting Problem, Transportation Research Laboratories, General Motors, Informe presentado en la Conference on Methods and Concepts for Forecasting Future Demand for Future Transportation Systems, University of Pennsylvania, Philadelphia, Julio, 1969.
- Warner, S. L., Stochastic Choice of Mode in Urban Travel, Northwestern University Press, 1962.
- Warner, S. L., Multivariate Regression of Dummy Variates Under Normality Assumptions, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 58, 1963.
- Warner, S. L., Asymptotic Variances for Dummy Variate Regression under Normality Assumptions, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 62, 1967.
- Watson, P. L., The Value of Time and Behavioural Models of Mode Choice, Tesis Doctoral, University of Edinburgh, 1972.
- Watson, P. L., Choice of Estimation Procedure for Binary Models of Travel Choice: Some Statistical and Empirical Evidence, Northwestern University, Evanston, III, 1972.
- Watson, P. L., Predictions of Intercity Modal Choice from Disaggregate, Behavioral, Stochastic Models, Highway Research Record No. 446, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973.
- Watson, P. L., A Composite Model of Inter-City Mode Choice, Proceedings of the International Conference on Transportation Research, First Conference: Bruges, Belgium, Junio, 1973.
- Wigner, M. F., Disaggregated Modal-Choice Models of Downtown Trips in the Chicago Region, Highway Research Record No. 446, Highway Research Board, Washington, D. C., 1973.
- Worral, R. D., A Longitudinal Analysis of Household Travel, Artículo presentado al 47th Highway Research Board Annual Meeting, Enero, 1968, (Resumen en el Highway Research Record No. 250, Highway Research Board, Washington, D. C., 1968).

Modelos estadísticos en educación^{*1}

Eduardo Aldana Valdés
Profesor Facultad de Ingeniería
José Alzate Zuluaga
Profesor Dpto. de Ciencia Política

Índice

Introducción

Modelos Estadísticos en Educación

Tablas de Contingencia

Listado del Programa Crosstabulation

Análisis de Varianza

Listado del Programa ANOVA

El Modelo Lineal

Análisis de Regresión

Listado del Programa de Regresión Univariada y Multivariada

Análisis de Varianza una entrada

Listado del programa ANOVA por medio de la técnica de Regresión

Análisis de Varianza dos entradas

Listado del programa ANOVA por medio de la técnica de Regresión

Análisis de Covarianza

Listado del Programa de análisis de Covarianza

Técnicas de Clasificación

Listado del programa de análisis discriminante

Bibliografía

^{*} *Palabras clave.* Educación continuada, Modelos estadísticos.

¹ Universidad de los Andes. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. Junio de 1976. Como el propósito es ilustrar la actividad externa e interdisciplinaria que se realizaba en esa época, solamente se incluyen las dos secciones resaltadas en el índice que sigue.

Introducción

En la investigación científica es necesario el manejo y el análisis de cantidades relativamente grandes de datos. Las técnicas y los modelos estadísticos se convierten en instrumentos fundamentalmente de apoyo para la búsqueda sistemática de las leyes que regulan la variabilidad que el científico puede observar en los fenómenos.

La investigación científica tiene como uno de sus objetivos el de explicar sistemáticamente los fenómenos del mundo observable, a fin de descubrir los factores dinámicos que regulan la estructuración y la evolución de esos fenómenos. Esta búsqueda de explicaciones científicas conlleva a la generación de teorías, es decir, a conformar un conjunto de proposiciones generales, que expliquen y predican el comportamiento de los fenómenos observables. De ahí que la teoría misma sea elemento fundamental en el quehacer científico para la interpretación de la observación. Sin embargo, esta acción de observar lo concreto – real para luego teorizar, no se puede realizar sin la ayuda de un método riguroso y unos instrumentos que permitan el análisis lógico, verificable y sistemático. En este trabajo solamente se toma un aspecto de la instrumentación: esto es, las técnicas y los modelos estadísticos, desarrollando solamente algunos de ellos.

El contenido de este trabajo está elaborado para ser presentado en un seminario sobre la aplicación de los computadores en el análisis de datos. El seminario organizado por la Universidad de los Andes, está orientado a profesionales en el área de la educación. En este trabajo se hace una breve presentación conceptual de las técnicas estadísticas de mayor aplicación en la investigación educacional. Cada una de las técnicas se ilustra con ejemplos desarrollados por medio de programas de computación, y al final se presentan tres estudios cuya discusión en las sesiones pretende destacar las cualidades de un buen trabajo, así como los errores que podrían cometerse.

Los autores agradecen la colaboración del Comité de Investigaciones de la Universidad de los Andes por el apoyo concedido, y la colaboración de los asistentes de investigación Nicolás Garay y Carlos Alberto Giraldo en el trabajo aquí presentado.

Modelos estadísticos en educación

Esta parte de las conferencias se relacionará con las representaciones matemáticas del funcionamiento de sistemas. Ellas se conocen como modelos. En

especial se referirán a aquellas representaciones cuantificadas empíricamente, por medio de los métodos de la estadística inferencial. Por necesidad, la presentación se limitará a destacar ciertos aspectos básicos de algunos de los modelos más utilizados en la investigación científica.

La construcción de modelos constituye una parte integral del método científico. En efecto, construimos modelos porque hemos observado datos que varían y nos interesa tratar de explicar dicha variabilidad. Para ellos formulamos teorías –conjuntos estructurados de leyes y proposiciones acerca de algún aspecto de la realidad que trata de describir los componentes de este aspecto y de especificar las relaciones entre esos componentes– que transformamos en modelos y si estos modelos son capaces de replicar la variabilidad de nuestros datos, consideramos que nuestra teoría, en *principio*, contribuye a la explicación de la realidad observada y que, por lo tanto, estamos en mejor capacidad de predecir datos que no han sido observados.

Debe ser claro que la inferencia de datos no conocidos a partir de datos conocidos puede llevar a resultados incorrectos. Este punto lleva a considerar la validez de los modelos, que de acuerdo con los planeamientos anteriores puede mirarse desde el punto de vista de la “utilidad” de esos mismos modelos. Así, un modelo será *válido* en cuanto sea útil para alcanzar el fin que se propone el analista.

Debe anotarse que desde ese ángulo, la validez de un modelo se convierte en una cuestión empírica que sólo puede ser resuelta por la experiencia que tenga quien lo propone con la construcción y el uso de modelos.

En realidad, los más expertos constructores de modelos aprenden a usarlos sin mayor apego por el isomorfismo –relación de uno a uno– de dichos modelos con el mundo real. Específicamente, el objetivo de los modelos que trataremos en estas conferencias será el producir afirmaciones cuantitativas acerca de las tendencias y el comportamiento de los fenómenos educativos, por medio de ecuaciones, que bien *expliquen* la relación entre ciertas variables o *predigan* el valor no observado, de alguna o algunas de ellas, dado el valor de otras.

Supongamos que deseamos realizar un experimento donde existen una o más variables cuyo comportamiento deseamos explicar y controlar. Nos referimos a estas variables como variables “dependientes”.

La teoría y la observación de lo concreto-real nos permite partir del supuesto fundamental de que los valores de estas variables están influidos por

un conjunto de variables que consideramos son posibles causas del comportamiento de aquellas. Estas últimas que poseen prioridad causal las designaremos como variables “independientes”. Pero debemos tener presente que el mundo real es mucho más complejo que lo que esta simple idealización implica².

Nuestra tarea es tratar de aislar o inferir los efectos de una o más variables independientes. Para simplificar, supongamos que estamos tratando con una sola variable dependiente y que queremos inferir los efectos de una sola variable independiente. Para cada nivel de X podemos establecer una correspondencia uno a uno Y. Lo más seguro es que estos puntos no correspondan a una curva uniforme y tampoco a una línea recta.

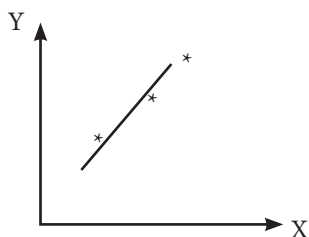


Figura 1

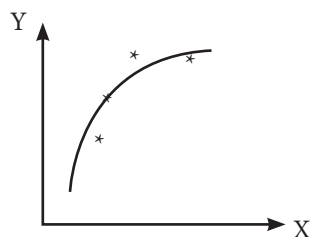


Figura 2

¿Es X la única variable explicatoria del fenómeno?

¿Cómo es posible saber si todas las causas restantes han sido controladas?

La imposibilidad de enumerar todas las causas o influencias capaces de perturbar una relación implica la imposibilidad de verificar el supuesto de que hemos controlado todas las variables explicativas del fenómeno.

Si existen numerosos factores perturbadores que no actúan simultáneamente, lo más probable es que obtengamos una distribución del tipo de la figura 2.

Dada la dispersión de los puntos, resultará difícil aproximarlos con una sola curva uniforme y es necesario establecer un criterio de lo que es un “buen ajuste”.

² Para desarrollar y más adelante tomar una decisión acerca de una hipótesis causal deben verificarse tres condiciones sobre la relación causal entre las variables: (I) Condición temporal ($X_{t1} \rightarrow Y_{t2}$); es decir, la variable independiente o determinante antecede en tiempo a la variable dependiente o efecto. (II) Existencia de covariación entre ellas ($Y = f(x)$); es decir, la variable dependiente sufre variaciones concomitantes con los cambios registrados en la variable independiente. (III) Relación no espuria; la covariación establecida no se debe a otras variables, “variables extrañas” que afectan a las dos consideradas.

Cuando hay una dispersión muy alta, existe la posibilidad de que una o más variables no controladas estén formando la relación entre X y Y. Puede ser que no exista una relación causal entre X y Y. O que X y Y tengan en común una variable Z de modo tal que sí esta última no está controlada parecerá que existe una relación causal entre X y Y cuando en realidad no existe ninguna. (Figura 3).

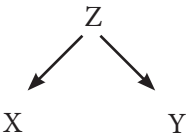


Figura 3



Figura 4

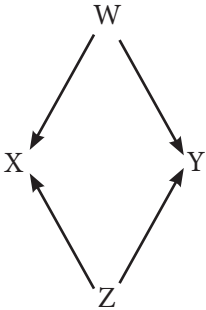


Figura 5

O tal vez si esta se encuentra ubicada entre X y Y en una secuencia causal, entonces, tendrá una correlación más alta con ellas que la que existe entre ellas. (Figura 4). O pueden darse casos más complicados como el de la Figura 5.

Tipos de escalas y tipos de análisis

Cuando un investigador menciona las variables que utiliza en su trabajo, lo más seguro es que no estemos conscientes de la cantidad de trabajo preliminar que debió realizarse para elaborar las medidas. Además, de que las mediciones pudieron haber sido hechas en distintos niveles, en el momento mismo en que decidimos cómo cuantificar el fenómeno que pretendemos estudiar, estamos decidiendo sobre el tipo de análisis estadístico que se debe realizar.

Escalas nominales

En el nivel más elemental, la clasificación es un tipo de medición. Puede ser posible clasificar a los individuos en categorías mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas (particiones de un conjunto). Y una vez hecho esto, contar los casos y además ver en qué medida cada categoría predice o comprende a las demás.

Escalas ordinales

Frecuentemente es posible clasificar a los sujetos en forma ordenada en distintas categorías. Por consiguiente, es posible asignar a cada sujeto un cierto puntaje que lo coloca en algún punto de un continuo que se extienda de lo superior a lo inferior. Cuando tal cosa es posible, se designa la escala como una “escala ordinal”.

Escalas de intervalos y escalas de razones

Cuando es posible emplear una medida patrón, es posible hablar de la magnitud de la diferencia entre los puntajes. Si la existencia de la unidad tipificada permite comparar la diferencia entre puntajes, tenemos lo que se denomina una “Escala de Intervalos”. Si el punto cero se elige de una manera no arbitraria es posible comparar la razón de dos puntajes y se tiene una “escala de razones”.

El hecho de que existan diversas escalas de medición y que las variables dependientes e independientes puedan ser medidas en escalas diferentes, nos lleva a considerar los diversos tipos de análisis que pueden realizarse según las escalas de medición. Las escalas nominales y ordinales se pueden asimilar en muchos casos a datos cualitativos y representarse por una variable dicotómica o un conjunto de variables dicotómicas.

Estas variables dicotómicas sólo toman los valores cero (0) o uno (1), indicando que el individuo o la observación no posee, o posee, una determinada cualidad o característica. Las escalas de intervalo y de razones pueden generar datos numéricos como valores para variables continuas.

En nuestra presentación se utilizará el concepto de individuos o de observaciones caracterizados por los valores que toman las variables asociadas con un caso determinado. Así, por ejemplo, si se está estudiando la relación que pueda existir entre el resultado de los estudiantes en un curso; la experiencia del profesor, medida en años de docencia; el rendimiento académico previo de los estudiantes, medido por el promedio acumulado de cada estudiante, y, el sexo del estudiante indicado por una variable dicotómica que toma el valor de cero para una mujer y uno para un hombre, una observación podría consistir en la nota final, el promedio y el sexo de Juan Pérez [el estudiante] y los años de experiencia de Pedro García [el profesor] lo que daría lugar a la siguiente fila de números:

Nota Final	Años de experiencia	Promedio	Sexo de
Juan Pérez	Pedro García	Juan Pérez	Juan Pérez
3.5	10.0	4.5	1

En las secciones siguientes se presentarán algunas técnicas que permiten explicar las relaciones de una variable o un conjunto de variables con otro variable u otro conjunto de variables. De acuerdo con la escala de medición en que se encuentran medidas las variables dependientes e independientes y bajo ciertas suposiciones, en el cuadro siguiente se muestra el método de análisis que podría ser utilizado. Debe notarse que solamente se cubrirán o mencionarán los casos marcados con un asterisco:

Tabla 1
Variable Independiente
(Derecha)

V a r i a b l e D e p e n d i e n t e	I z q u e d e p e n d i e n t e		Una Varia- ble Conti- nua	Una Variable Dicotómica	Varias Varia- bles Conti- nuas	Varias Va- riables Di- cotómicas	Varias Varia- bles Conti- nuas-Dico- tómicas
		Una Varia- ble Conti- nua	Regresión * Simple o Univariada	Análisis de Varianza 1 Dirección 2 Niveles *	Regresión *	Análisis de Varianza *	Análisis de Covarianza *
		Una Varia- ble Dicotó- mica	Análisis * Discrimi- nante Simple	Tabla de Con- tingencia * 2 X 2	Análisis Dis- criminante* Multivariado 2 grupos	Tabla de Contingen- cia 2 X N *	Análisis Dis- criminante Multivaria- do 2 grupos *
		Varias Va- riables Con- tinuas	**	Análisis de Varianza Multivariado 2 niveles	Sistemas de Ecuaciones	Análisis de Varianza Multiva- riado	Análisis de Covarianza Multivaria- do
		Varias Va- riables Di- cotómicas	**	Tablas de Contingencia Múltiple *	Análisis Dis- criminante* Multivariado varios grupos	Tablas de Contingen- cia Múlti- ple *	Análisis Dis- criminante Multivaria- do varios grupos *

** Estos casos no son de interés práctico.

Votar o abstenerse: Un análisis estadístico^{*1}

(Fragmento)

Eduardo Aldana V.
Luis E. Bernal C.
Constanza Nieto L.
Gustavo Pabón A.
Gonzalo Torres C.

Índice

Reconocimientos

Introducción

El modelo matemático

La muestra y las variables

Análisis de resultados

Modelo general (Omitido)

Modelo reducido (Omitido)

Modelo logit

Influencia de las variables²

Modelos auxiliares (excluidos, páginas en original)

Modelo discriminante sobre intensidad de afiliación

Modelo discriminante sobre partidos políticos

Modelo discriminante sobre discutir de política

Conclusiones

Anexo 1

Bibliografía

Reconocimientos³

El presente trabajo fue elaborado bajo la dirección de Eduardo Aldana Valdés por los estudiantes Luis E. Bernal, Constanza Nieto, Gustavo Pabón y Gonza-

^{*} *Palabras clave.* Proyectos de estudiantes, Modelos estadísticos.

¹ Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Octubre de 1977.

² Nota de Eduardo Aldana en 2014_03: Las secciones que siguen a esta fueron excluidas de este tomo para reducir su extensión. El documento original se encuentra en el Tomo VII en formato digital, únicamente.

³ Este documento se incluye para ilustrar algunas de las aplicaciones de los modelos estadísticos que realizaban los estudiantes en la década de los 70. Este fue uno de los mejores trabajos de esa época, por lo cual estimulé a los estudiantes a publicarlo y lo revisé con cierto cuidado.

lo Torres, como parte del trabajo del curso Modelos Estadísticos, dictado por el primero en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes.

Se agradece la colaboración del Departamento de Ciencia Política de la Universidad de los Andes al proporcionar los datos utilizados en el análisis, así como también la orientación en el enfoque teórico del proceso analizado, especialmente por parte del profesor Gabriel Murillo. Este trabajo fue presentado en el Primer Congreso Colombiano de Estadística, realizado en Bogotá en el mes de noviembre de 1976.

Introducción

Uno de los grandes movimientos de las Ciencias Sociales de los últimos años se ha dirigido hacia el empleo de técnicas cuantitativas de análisis que faciliten la explicación de los hechos observados. Los promotores de esta tendencia reconocen, como punto de partida fundamental, la existencia de formulaciones teóricas que permiten dar un orden a la masa de información disponible. Pero también argumentan que ninguna acción social puede fundamentarse meramente en especulaciones abstractas acerca de la naturaleza de la sociedad, sino que debe comprobarse sistemáticamente en situaciones concretas.

Uno de los mecanismos para aumentar tanto el entendimiento de los fenómenos sociales como el perfeccionamiento de las técnicas de análisis, consiste en estudiar un mismo fenómeno en repetidas ocasiones con el propósito de diferenciar las uniformidades fundamentales de los acontecimientos transitorios y validar las herramientas analíticas. Este ha sido uno de los objetivos de los estudios electorales del Departamento de Ciencia Política de la Universidad de los Andes.

Desafortunadamente las herramientas de análisis estadístico disponibles ahora en el país han limitado gran parte de los trabajos al examen univariado o bivariado de los fenómenos en consideración. Esta limitación es especialmente crítica si se considera que los fenómenos bajo estudio no pueden someterse al rigor del diseño experimental y, por lo tanto, deben ser caracterizados por una gran cantidad de factores mutuamente interrelacionados.

En consecuencia con los razonamientos anteriores, el objetivo del presente trabajo es doble. Por una parte se intenta ilustrar en un ejemplo concreto la

aplicación de dos técnicas de análisis estadístico multivariado: el Análisis Discriminante y el Análisis Logístico (Logit). Por otra, se pretende adelantar, aún en forma preliminar y exploratoria, el análisis de uno de los acontecimientos más importantes en el contexto político de cualquier país: la participación de su población en el proceso de la escogencia de su presidente. El análisis se efectúa sobre los datos obtenidos en una encuesta realizada en Bogotá, después de las elecciones de 1974 y, específicamente, examina los factores asociados con la participación manifiesta del encuestado en los comicios.

El método tradicional de análisis en las Ciencias Sociales, por lo menos en nuestro medio, consiste en hacer cruces de las variables de dos en dos y examinar su dependencia o independencia por medio de pruebas Ji-cuadrado (χ^2). Indudablemente este procedimiento tiene utilidad, pero puede llevar a errores graves por no tomar en cuenta la interrelación simultánea de todas las variables que se estimen asociadas con un determinado resultado o fenómeno. Con propósitos ilustrativos, se hace referencia a la siguiente clasificación:

	Liberal	Conserva.	Oposición	Ninguno	Total
Votó	598	132	68	55	853
No votó	242	67	49	210	568
Total	840	199	117	265	1.421

Pero, ¿qué pasa con esta relación si se considera el estrato social del encuestado?

La alternativa sería utilizar una tabla de contingencia de tres dimensiones; pero, como se verá más adelante, en la primera parte de esta investigación se incluyen 19 variables con 2, 3 o 4 categorías, lo que conduciría a una tabla de 19 dimensiones, con $2 * 4 * 2 * 2 * 4 * 4 * 2 * 3 * 4 * 2 * 2 * 2 * 4 * 2 * 2 * 3 * 2 * 2 = 37'748.736$ celdas

Claramente, con solo 1.421 observaciones (número de encuestas disponibles) se tendrán muchas celdas vacías y los estimativos de las probabilidades en cada celda serían muy poco precisos. Una solución a dicho problema, la utilizada en este estudio, consiste en suponer que las probabilidades de votar o abstenerse están determinadas únicamente por una función lineal de los efectos principales de los factores. Esta simplificación de cualquier inte-

racción entre dos o más factores permite expresar dichas probabilidades en función de un máximo de 31 parámetros.

El modelo matemático

Se supondrá que cuando un individuo se enfrenta a la escogencia de una alternativa entre m mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas, compara su preferencia por cada una de ellas, y que la probabilidad de que escoja una en especial depende de su preferencia por esta en relación con su preferencia por todas las demás.

Se asume que la preferencia por una alternativa es una función de diversos factores estrechamente relacionados con las características del individuo, bien sean estas observables, como la edad y el sexo, o estén implícitas en sus respuestas a ciertas preguntas como su opinión respecto al Frente Nacional. En ausencia de una teoría sobre la forma de esta función de preferencia, se acostumbra suponer que ella es una función lineal de las características del individuo. Así, para un individuo i [entre n individuos], caracterizado por los valores que toman unas variables $X_1, X_2, \dots, X_p$, su función de preferencia por una alternativa cualquiera estaría dada por:

$$D_{\ell}^i = \beta_{\ell 0} + \beta_{\ell 1} X_1^i + \beta_{\ell 2} X_2^i + \dots + \beta_{\ell p} X_p^i \quad (1)$$

$$\ell = 1, 2, \dots, m; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Una expresión para la probabilidad de que escoja la alternativa s , entre m disponibles, que cumple con la restricción de que la suma de estas probabilidades sea igual a 1 es:

$$P_s^i = (e^{D_{is}}) / \left(\sum_{\ell=1}^m e^{D_{\ell}^i} \right) \quad (2)$$

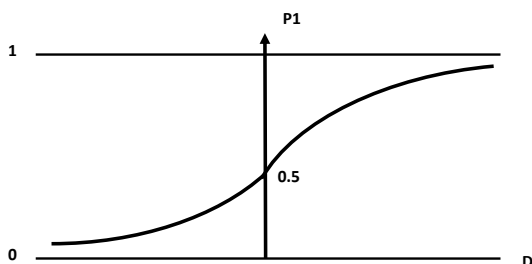
En el caso específico de dos alternativas, para las cuales el individuo i tiene funciones de preferencia D_1^i y D_2^i , se puede definir la preferencia relativa de la alternativa 1 sobre la alternativa 2 como $D_i = D_1^i - D_2^i$. Utilizando esta nomenclatura, en la fórmula anterior se tendría que la probabilidad de que el individuo i escoja la alternativa 1 estaría dada por:

$$P_1^i = (e^{D_1^i}) / (e^{D_1^i} + e^{D_2^i}) = (e^{D_1^i - D_2^i}) / (e^{D_1^i - D_2^i} + 1) = (e^{D_i}) / (1 + e^{D_i}) \quad (3)$$

Claramente, por ser D^i la resta de dos funciones lineales, es también una función lineal que puede expresarse como:

$$D^i = \beta_0 + \beta_1 X_1^i + \beta_2 X_2^i + \dots + \beta_p X_p^i \quad (4)$$

La relación entre P_1 y D , puede ser apreciada en la siguiente figura:



Si se puede suponer que las variables que conforman la función de preferencia siguen una distribución normal multivariada, con igual matriz de varianza-covarianza para los individuos que escogen cualquier alternativa (pero diferentes vectores de medias), los parámetros de las funciones de preferencia pueden estimarse, con relativa facilidad, a partir de los estimativos de los parámetros de la distribución normal. Esta es la técnica que se denomina Análisis Discriminante.

Aún en casos en que esa suposición no se cumple, el método de Análisis Discriminante proporciona estimativos de los parámetros que permiten construir una función con ciertas propiedades óptimas en cuanto a la clasificación o discriminación de los individuos que escogen las diferentes alternativas.

Dada esta propiedad y su relativa simplicidad, en lo que a cálculos se refiere, los autores de este artículo consideran que el Análisis Discriminante constituye una herramienta de gran utilidad en el estudio preliminar y exploratorio de muestras grandes con un gran número de variables.

Cuando se desea una técnica más apropiada a otras distribuciones de las variables, como distribuciones binomiales en el caso presente, la herramienta más adecuada parece ser la conocida como el Método Logístico (Logit). Esta técnica parte directamente de las relaciones dadas por (2) o (3) y busca estimadores de máxima verosimilitud para los parámetros. Tiene la desventaja, no muy importante con la presencia del moderno computador electrónico, de que los estimadores están basados en un conjunto de ecua-

ciones no-lineales y, por lo tanto, es preciso recurrir a métodos numéricos iterativos como el de Newton-Raphson.

La muestra y las variables

El presente estudio está basado en los datos obtenidos a través del diligenciamiento de mil cuatrocientos setenta y dos cuestionarios, administrados a un número igual de habitantes de la capital, mayores de 21 años, con posterioridad a los comicios de abril de 1974.

La escogencia de las variables y el diseño de los cuestionarios se hicieron de acuerdo con los estudios electorales que el Departamento de Ciencia Política de la Universidad de los Andes había llevado a cabo en 1972.

Se siguió un procedimiento de muestreo por estratificación de acuerdo con el nivel socioeconómico. Para este efecto, se tomó en consideración la densidad de población y el número hogares por estrato, lo que condujo a la distribución que se presenta en la Tabla 1.

De los formularios recolectados, se rechazaron 51 por presentar inconsistencias en su contenido. En el Anexo # 1 se incluye el cuestionario que fue utilizado en las encuestas. De las 59 preguntas que contiene, en este estudio se seleccionaron las que se juzgaron más relevantes en cuanto al objetivo de explicar la participación o abstención en los comicios (19 en total).

Tabla 1. Estratificación de la muestra

Estrato 1	(Tugurio)	103	Formularios
Estrato 2	(Bajo)	474	Formularios
Estrato 3	(Medio Bajo)	553	Formularios
Estrato 4	(Medio)	210	Formularios
Estrato 5	(Medio Alto)	105	Formularios
Estrato 6	(Alto)	27	Formularios
TOTAL		1.472	Formularios
Desechados		51	Formularios
Utilizados		1.421	Formularios

Como la mayoría de las preguntas se refieren a aspectos no cuantificables y aquellas relacionadas con aspectos cuantificables requieren respuestas en intervalos discretos (a excepción de la edad), no se consideró apropiado

analizarlas por medio de las técnicas tradicionales, como regresión múltiple o los métodos econométricos de sistemas de ecuaciones simultáneas o recursivas. Por estas razones y otras que se explicarán más adelante, se procedió a recodificarlas como conjuntos de variables dicotómicas o binarias.

Para esta recodificación, primero se agruparon las posibles respuestas a cada pregunta en las dos o más categorías que se juzgaban como indicativas de los diferentes comportamientos del encuestado. A continuación, si una pregunta daba lugar a K categorías de respuestas, se definían K-1 variables dicotómicas. Cada una de estas variables se asociaba con una las categorías, excluyendo una de estas últimas que se tomaba como base. De esta forma, y de acuerdo con la respuesta dada a la pregunta, todas las variables dicotómicas podían tomar el valor cero si la respuesta correspondía a la categoría base, o de otra forma, la variable específica correspondiente a la respuesta, tomaba el valor de uno.

Con base en el anterior procedimiento, las variables asociadas con las respuestas a las 19 preguntas quedaron definidas como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Definición de variables dicotómicas

Si el individuo no tiene esa característica, la variable toma el valor de cero (0). Por el contrario:

$X_1 = 1$	Para estrato bajo
$X_2 = 1$	Para estrato medio-bajo o medio
$X_3 = 1$	Para estrato medio-alto o alto
$X_4 = 1$	Para hombre
$X_5 = 1$	Para quien sabe leer y escribir
$X_6 = 1$	Para no terminación de primaria
$X_7 = 1$	Para terminación de secundaria solamente
$X_8 = 1$	Para terminación de universidad
$X_9 = 1$	Para edad entre los 21 y 30 años inclusive
$X_{10} = 1$	Para edad entre los 31 y 50 años
$X_{11} = 1$	Para edad entre los 51 y 65 años
$X_{12} = 1$	Para empleado (incluyendo oficios del hogar)
$X_{13} = 1$	Para ingresos provenientes del sueldo o salario

$X_{14} = 1$	Para quienes sus ingresos provienen de pensión o jubilación
$X_{15} = 1$	Para ingresos mensuales entre \$2.000 y \$5.000 (En todo el hogar del encuestado)
$X_{16} = 1$	Para ingresos mensuales entre \$5.001 y \$15.000
$X_{17} = 1$	Para ingresos mensuales mayores de \$15.000
$X_{18} = 1$	Para quien siguió la campaña por radio y/o televisión
$X_{19} = 1$	Para quien declara haber discutido de política durante la campaña
$X_{20} = 1$	Para quien asistió a alguna manifestación durante la campaña
$X_{21} = 1$	Para quien dice pertenecer al pertenecer al partido liberal
$X_{22} = 1$	Para quien dice pertenecer al partido conservador
$X_{23} = 1$	Para quien dice pertenecer a algún partido de oposición
$X_{24} = 1$	Para quien manifiesta sentir poca afiliación con su partido
$X_{25} = 1$	Para quien sabe en qué consiste la terminación del Frente Nacional
$X_{26} = 1$	Para quien cree el período del Frente Nacional fue benéfico para el país
$X_{27} = 1$	Para quien cree que el período del Frente Nacional fue perjudicial para el país
$X_{28} = 1$	Para quien declara haber votado en 1972
$X_{29} = 1$	Para quien declara haber en votado en 1970
$X_{30} = 1$	Para quien cree que lo más importante que se debe hacer en Colombia es cambiar la actual situación económica y social.

Análisis de resultados

[Por no considerarlo de interés para el lector general, se omiten varias tablas y párrafos de este numeral. A los interesados se les sugiere consultar el documento original en la Biblioteca de la Universidad de los Andes]⁴.

Modelo General (Análisis Discriminante)

[Para el modelo general (con todas las 30 variables) se utilizó la técnica de Análisis Discriminante. La] significancia estadística de todas las variables en conjunto, o sea del modelo global, es muy elevada [...]. Además como se muestra en la Tabla 5, al asignar los individuos a la categoría con mayor probabilidad (entre votó y no votó), se obtiene un gran acierto en la clasificación de la muestra utilizada.

⁴ Nota de Eduardo Aldana en 2014_03.

Tabla 5. Clasificación de análisis discriminante para el modelo general

Asignado por modelo Según la encuesta	Votó	No votó
Votó	683 [3]	170 [1]
No votó	164 [2]	404 [3]

[1] Votante que el modelo equivocadamente clasificó como no votante

[2] No votante que el modelo clasificó como votante

[3] Bien clasificados por el modelo

Modelo Reducido (Análisis Discriminante)

De acuerdo con [el resultado de la estimación del modelo anterior, se especifica un modelo con solamente [18 categorías, al que se denomina Modelo Reducido]. Al asignar los individuos a la categoría con mayor probabilidad (entre votó y no votó), con los coeficientes estimados para este nuevo modelo, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7⁵. Clasificación de análisis discriminante para el modelo estimado con las variables seleccionadas en la primera etapa. (Solamente 18 de las 30 iniciales)

Asignado por modelo según la encuesta	Votó	No votó
Votó	691 [3]	162 [1]
No votó	166 [2]	402 [3]

[1] Votante que el modelo equivocadamente clasificó como no votante

[2] No votante que el modelo clasificó como votante

[3] Bien clasificados por el modelo

[Como lo muestra la Tabla 7, el modelo produce un alto porcentaje de aciertos al ser utilizado para clasificar las personas en la muestra].

Modelo Logit

[El] objeto de utilizar la técnica de Análisis Discriminante fue el de reducir el número de categorías a aquellas que realmente contribuyen a distinguir los votantes de los abstencionistas. Logrado este propósito, se tomará el conjunto reducido de categorías y se utilizará el método Logit, ya que este da una mejor estimación de la influencia de las variables.

⁵ El título de la Tabla y las notas fueron introducidas por Eduardo Aldana en 2014_03 para subsanar la información no disponible para el lector por los apartes suprimidos.

De las 18 categorías incluidas en el modelo para el Análisis Discriminante [anterior] se rechazaron cuatro que finalmente no fueron significativas al 90%.

Como en Análisis Discriminante, los individuos en la muestra pueden ser clasificados por medio de la función lineal estimada por el método Logit. Basta para ello evaluar esta función para cada uno de los encuestados y proceder a su clasificación en uno de los grupos de acuerdo al signo del valor resultante, así: Para valores positivos [de la función] se hará la asignación al grupo VOTO; de otra forma, al grupo NO VOTO. [El Método Logit clasificó correctamente 1.100 encuestados, 7 más que el Análisis Discriminante y con únicamente 14 variables]⁶.

Influencia de las Variables

A continuación se analizarán los coeficientes de cada una de las [14 categorías o] variables [que se encontraron estadísticamente significativas]. Para efectos de este análisis se debe tener presente que los coeficientes miden la influencia de cada variable con respecto a la decisión de votar, cuando las influencias de las demás variables permanecen constantes.

Coefficiente de la variable X_4 (Sexo). Resultó ser positivo, lo cual implica que los hombres presentan una tendencia a votar mayor que las mujeres. Tradicionalmente, el [género] ha sido la única característica personal explicativa de la abstención, independientemente del grado de interés. Es decir, a un mismo nivel de interés, puede suceder que la mujer llegue a la simple conclusión de que no hay razón alguna para votar. El hombre, por el contrario, se encuentra más sometido a presiones sociales; por consiguiente, es posible que concurra a los comicios, aun cuando no le interesen los acontecimientos de la campaña. En otras palabras, si bien hace ya 20 años que se levantaron las restricciones legales que impedían la participación de la mujer en la política, parece que la actitud femenina en este campo no ha permitido que se alcance una total igualdad entre ambos [géneros]. En general, los cambios de costumbres no son simultáneos con las reformas de orden legislativo.

⁶Nota de Eduardo Aldana en 2014: Para reducir la extensión de este documento se omiten la tabla con los coeficientes estimados y la tabla de clasificación de la muestra que es muy similar a la Tabla 7.

Coeficientes de la variable X_{13} (Sueldo). Resultó ser negativo; lo cual implica que los individuos cuyos ingresos provienen del sueldo están menos dispuestos a votar que aquellos que tienen el capital como fuente de ingresos. Este resultado parece ser lógico, ya que se puede esperar que las personas con mayores intereses en juego tiendan a votar más pues tienen posiciones que defender, mientras que las personas asalariadas se pueden comportar de una forma indiferente debido a que sus intereses son limitados.

Coeficiente de la variable X_{18} (Radio - T.V.). Resultó ser positivo; aquellas personas que utilizaron estos medios de comunicación para seguir la campaña electoral están más propensas a votar que las demás. Como se puede observar, la estadística t es de las más altas, lo cual lleva a pensar que existe una gran influencia de estos medios sobre el comportamiento electoral. Esto puede ser explicado en razón de que la sociedad colombiana, como la mayoría de las occidentales, es típicamente una sociedad de consumo en donde los medios de comunicación masiva afectan la mayoría de las decisiones cotidianas.

Coeficiente de la variable X_{19} (Discutió). Es positivo; las personas que discuten sobre ternas políticos, en contraste con los que no lo hacen, están más dispuestas a participar en los comicios electorales. Esto parece ser evidente, considerando que el hecho de discutir refleja el grado de interés de la persona hacia una participación activa en los debates políticos.

Coeficiente de la variable X_{20} (Asistió a manifestaciones). Es positivo; las personas que asisten a manifestaciones políticas durante la campaña votan con una mayor probabilidad que las que no asisten. La explicación correspondiente es similar a la del caso anterior, ya que ambas variables son indicativas de la presencia de un mismo factor (interés).

Coeficientes de las variables X_{21} (Liberal), X_{22} (Conservador) y X_{23} (Oposición). Estas variables están midiendo la pertenencia a un partido político. [Los coeficientes positivos indican que] pertenecer a algún partido, cualquiera que sea, implica una mayor tendencia a votar. Además si se observa la magnitud de los coeficientes y los valores de la estadística t para cada partido, se ve que la variable X_{21} (Liberal) explica mejor la participación electoral que

las otras dos. Las variables X_{22} (Conservador) y X_{23} (Oposición) no resultaron significativas en este modelo.

Coeficiente de la variable X_{24} (Intensidad de afiliación baja). Es negativo; lo cual quiere decir que los individuos con baja intensidad de afiliación tienden a votar menos que los de alta afiliación. Además, es el coeficiente mayor en magnitud lo cual lleva a la conclusión de que esta variable es altamente significativa; lo anterior es corroborado por el valor correspondiente de la estadística t .

Coeficiente de la variable X_{25} (Conocimiento sobre Frente Nacional). Es positivo; implica que la persona con conocimientos políticos tiende a votar.

Coeficientes de las variables X_{26} (Frente Nacional benéfico) y X_{27} (Frente Nacional perjudicial). Para X_{26} resultó ser positivo y para X_{27} negativo. Esto sugiere que las personas que consideran los 16 años de alternación partidista como benéficos, están propensas a votar en mayor proporción que aquellas indiferentes a este respecto. Sucede el caso contrario para quienes consideraron a este período como perjudicial; estas personas demostraban desacuerdo con el sistema electoral vigente y en consecuencia, se abstendrían de participar en un proceso que no ofrecía alternativas suficientemente atractivas.

Coeficiente de las variables X_{28} (Votó en 1972) y X_{29} (Votó en 1970). Son positivos. Los valores de las estadísticas t son altos, demostrando una gran significancia de estas variables. Sin embargo, la variable X_{28} es más explicativa debido a que el individuo que participa en las elecciones de “mitaca” (1972) lo hace con una mayor probabilidad en las elecciones presidenciales, por la presencia de alicientes más poderosos; esto sucede como consecuencia del sistema electoral colombiano (por listas), el cual resta importancia a las elecciones de “mitaca”. Por otro lado, es correcto asumir que una decisión tomada hace 2 años tiene más influencia sobre el presente, que una tomada hace 4 años.

Del anterior análisis se ve que en las variables más significantes, son en su mayoría de carácter político. Este hecho sorprende un poco, pues parecería lógico esperar que las variables socioeconómicas también hubieran resultado [igualmente] significativas. Existe, sin embargo, la posibilidad de que estas variables expliquen en forma indirecta la decisión de votar, es decir a través de

otras variables. Para explorar esta suposición se plantearon [algunos modelos auxiliares que no se incluyen en este documento pero que produjeron resultados interesantes. Se sugiere a los interesados ver el documento original]⁷.

Modelos de ecuaciones estructurales lineales y su análisis: Una reseña^{*1}

Introducción

Este trabajo tiene por objeto exponer los conceptos fundamentales de algunos de los modelos de ecuaciones lineales utilizados en la investigación socioeconómica y su relación con las técnicas del análisis estadístico multivariado. Por ecuaciones estructurales se entienden aquellas relaciones entre variables especificadas de acuerdo con un modelo teórico que se supone válido para la población en la cual se tiene interés.

El objetivo del análisis es descubrir los elementos invariantes –parámetros– del fenómeno que generan los diferentes valores de las variables. La cualidad de invariante significa, en términos generales, que los parámetros permanecen estables en el tiempo o de población a población o que, por lo menos, se caracterizan por la autonomía de cada uno, en el sentido de que el cambio de uno de ellos no afecta a los demás parámetros. Un ejemplo sencillo quizás ayude a aclarar estos conceptos. Un economista podría establecer que la demanda y oferta de un cierto bien están representadas por las siguientes ecuaciones:

$$Q_d = a_1 + a_2 P + a_3 I + e \quad (\text{demanda}) \quad (1)$$

$$Q_o = b_1 + b_2 P + b_3 O + f \quad (\text{oferta})$$

$$Q_d = Q_o$$

^{*} Palabras clave. Modelos estadísticos, Difusión del conocimiento.

¹ Documento presentado en el Seminario sobre Procesamiento y Análisis de Datos en la Investigación Socioeconómica como documento de base en la Sección de Análisis, Bogotá, septiembre de 1976.

⁷ Nota de Eduardo Aldana en 2014: Se omiten estos análisis adicionales. Los interesados pueden consultar el documento original en el Tomo VII de esta colección.

En donde:

Q_d :	Cantidad demandada del bien en consideración
P :	Precio del bien
Q_0 :	Cantidad ofrecida del bien
O :	Salario promedio del personal requerido para producir el bien
e y f :	Efecto conjunto de otros factores no considerados explícitamente en el modelo
a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 y b_3 :	Parámetros de modelo. (Hay otros parámetros relacionados con e y f que no es necesario identificar para el propósito del ejemplo).

Estas relaciones son estructurales porque ellas involucran la teoría del diseñador del modelo sobre los comportamientos de los consumidores y productores y las definiciones de oferta y demanda.

La estimación de este modelo se puede considerar como el procedimiento de asignar valores a los parámetros tales que, de ser válida la teoría que le dio origen, el modelo produzca valores sintéticos de las variables que no se puedan distinguir de los valores asumidos por las variables en el mundo real. En otras palabras que el modelo “simule” apropiadamente las observaciones reales.

En el ejemplo, las variables Q_d y Q_0 y P se conocen como variables dependientes o endógenas porque pueden determinarse de las relaciones una vez que se conocen los parámetros del modelo y los valores de las otras variables.

Las demás variables se conocen como variables independientes o exógenas porque se considera que sus valores son determinados con independencia, por fuera del sistema representado por el modelo. Estas variables son de dos tipos:

- Observables como I y O
- Inobservables como e y f , también denominadas en este caso “términos de error”

Las relaciones estructurales de este tipo siempre se pueden resolver expresando las variables dependientes en términos de las independientes. Reemplazando en una ecuación las otras dos ecuaciones, se obtiene, después de simplificar y redefinir parámetros:

$$Q_d = Q_0 = Q = d_1 + d_2 I + d_3 O + \quad (2)$$

$$P = g_1 + g_2 I + g_3 O +$$

En donde por ejemplo:

$$d_3 = \frac{-a_2 b_3}{b_2 - a_2} \quad (3)$$

$$e_* = \frac{b_2 e - a_2 f}{b_2 - a_2}$$

Las ecuaciones (2) son denominadas como la forma reducida del sistema. Los parámetros de estas ecuaciones son funciones de los parámetros de las ecuaciones estructurales, como se ve de las relaciones (3).

Ahora supóngase que los productores tecnifican su proceso productivo. Se podría esperar que este cambio afectara el parámetro b_3 en (1), pero no afectará los demás parámetros de las relaciones estructurales. Nótese, sin embargo, que afectará a todos los parámetros de la forma reducida que sean funciones de b_3 . En este sentido los parámetros de las ecuaciones estructurales son más fundamentales y más autónomos que los parámetros de la forma reducida y de ahí el interés en su determinación.

Las técnicas estadísticas que se utilizan en el análisis de ecuaciones estructurales están basadas fundamentalmente en el análisis de regresión, pero van mucho más allá de él en la generalidad de los casos. Solamente, cuando los parámetros del modelo de regresión tienen la calidad de parámetros estructurales, esta técnica es la apropiada. En los demás casos, se requieren nuevas y más sofisticadas herramientas estadísticas. Así, en el ejemplo que se examina, el análisis de regresión no se puede aplicar directamente a las ecuaciones en (1) porque las variables dependientes no cumplen con la suposición de no correlación con los términos de error. En cambio, las regresiones de las ecuaciones de la forma reducida sí cumplen con esta suposición y por lo tanto, sus parámetros pueden estimarse por medio del análisis convencional de regresión. Desde este punto de vista, el análisis de ecuaciones estructurales puede definirse como el conjunto de procedimientos para asignar valores a los parámetros estructurales, dados los valores encontrados para los parámetros de formas reducidas.

Debe mencionarse otro concepto, parcialmente ya cubierto en esta introducción. Es el de variables inobservables que en su forma más general consisten en entes hipotéticos o latentes involucrados en los modelos que, aunque no se pueden medir u observar, tienen implicaciones operacionales en las relaciones entre las variables observables. Además de los términos de error ya indicados en el ejemplo, las variables medidas con error se consideraran como solo una parte de una variable inobservable, cuyo otro componente es el error de medición. Este concepto se extenderá al analizar posteriormente algunos de los modelos específicos. Finalmente, debe mencionarse una característica de los datos que se utilizan en el análisis del modelo estructural.

Estos son, por lo general, el resultado de observaciones del mundo real sin control experimental. Ello tiene dos consecuencias importantes. Primera, la ausencia de las condiciones de laboratorio obliga a reemplazar los controles experimentales por cuidadosos procedimientos estadísticos. Segundo, existe una mayor propensión a que ciertas variables solo pueden medirse en escalas nominales o categóricas.

Formulación general de los modelos

Como se ha indicado se tratará exclusivamente el caso de modelos de ecuaciones lineales. Ello no significa que todos los modelos de ecuaciones no lineales quedan excluidos, pues es posible que alguno de ellos, después de ciertas transformaciones pueden reducirse a la forma lineal. Se supone, entonces, que la teoría da lugar a la siguiente formulación:

$$\underline{A} \underline{y} = \underline{B} \underline{x} + e \quad (4)$$

En donde:

$\underline{A}$ es la matriz³ de los parámetros de las variables dependientes, de dimensiones m por g, con elementos:

$$\underline{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1g} \\ a_{2g} & a_{22} & \dots & a_{2g} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mg} \end{pmatrix}$$

$\underline{B}$ es la matriz de los parámetros de las variables independientes de dimensiones m por k, con elementos:

$$\underline{B} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1k} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2k} \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mk} \end{pmatrix}$$

$\underline{y}$ es el conjunto de variables dependientes, arregladas en un vector de dimensión g, así:

$$\underline{y} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ . \\ . \\ Y_g \end{pmatrix}$$

$\underline{x}$ es el conjunto de variables independientes, arregladas en un vector de dimensión k, así:

$$\underline{x} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ . \\ . \\ X_k \end{pmatrix}$$

$\underline{e}$ es el conjunto de términos de error, uno por cada ecuación, arreglados en un vector de dimensión m, así:

$$\underline{e} = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ . \\ . \\ e_m \end{pmatrix}$$

Es decir, se trata de un sistema de m ecuaciones lineales, en g variables dependientes, k variables independientes y m términos de error. La ecuación típica, sea la j, será de la siguiente forma:

$$a_{j1} Y_1 + a_{j2} Y_2 + \dots + a_{jg} Y_g = b_{j1} X_1 + b_{j2} X_2 + \dots + b_{jk} X_k + e_j \quad (5)$$

Generalmente se supone que el término de error, e_j , es lo que falta para que la relación sea exacta y por consiguiente comprende el efecto de un gran número de variables independientes que no se desean o no se pueden incluir explícitamente en el modelo. Cada uno de los términos de error es considerado, por lo tanto, como una variable aleatoria no observable. En la generalidad de los casos se supone que esta variable sigue una distribución normal y, como parte de la especificación del modelo, se establece su no correlación con las variables independientes y su correlación o no correlación con las otras variables aleatorias que representan los términos de error en las demás ecuaciones. Como ya se ha mencionado, la forma específica del modelo –forma particular de las matrices A y B, variables dependientes e independientes específicas y otras suposiciones que se discutirán posteriormente– es el resultado de los conocimientos e hipótesis del investigador sobre el problema que tiene bajo estudio. En las secciones siguientes se ilustrarán algunos modelos más comunes que resultan al aplicar estas suposiciones a la formulación general dada por (4).

Matriz de datos

Por otra parte, todas las hipótesis y suposiciones del investigador equivalen a definir el mecanismo que genera o produce las observaciones. Cada observación es, en este sentido, el conjunto de valores que simultáneamente toman todas las variables –dependientes e independientes– en una unidad de análisis (individuo, familia, parcela, sujeto experimental, ciudad, país, etcétera).

Para estimar su modelo el investigador obtiene una muestra, o sea, un conjunto de observaciones escogidas al azar de entre todas las que genera el mecanismo, de tal manera que cada observación tenga la misma probabilidad de ser seleccionada. La muestra puede provenir de diferentes unidades de análisis en un mismo período de tiempo (datos transversales) o de una unidad de análisis en varios períodos de tiempo (datos longitudinales o series de tiempo) o de una combinación de los dos. En esta muestra se arregla en la que se denomina la matriz de datos, en la cual cada fila representa una observación y cada columna los valores de una misma variable correspondientes a diferentes observaciones. La Figura 1 indica una matriz de datos hipotética para diez observaciones sobre dos variables dependientes y dos independientes.

Figura 1. Matriz de datos

	Y_1	Y_2	X_1	X_2	Filas
	2	11	80	0	1
	3	12	32	1	2
	5	15	21	1	3
	4	9	15	1	4
	6	14	99	0	5
	8	12	36	0	6
	10	15	45	1	7
	1	20	62	1	8
	5	0	18	0	9
	9	32	12	0	10
Columnas	1	2	3	4	

En la figura se ha indicado que la columna 4 correspondiente a observaciones sobre la variable X_2 solamente toma los valores 0 y 1. Las variables de este tipo están asociadas con categorías o cualidades no mensurables numéricamente con sexo, estado civil, raza, etcétera. Estas variables se denominan ficticias o dicotómicas y se utiliza la convención de que la variable toma el valor de 1 si la unidad de análisis en la muestra tiene esa cualidad o pertenece a una categoría determinada y 0 en el caso contrario. Es una circunstancia afortunada que estas variables pueden ser tratadas como variables numéricas continuas y por lo tanto, permiten la inclusión en el modelo de factores cualitativos con interpretación adecuada del significado de los parámetros asociados.

Casos específicos de la formulación general

Modelo de regresión

En este caso, la matriz A contiene un solo elemento $a_{11} = 1$. La matriz B consiste en una sola fila con k elementos que se pueden indicar por un vector b' con elementos:

$$\underline{b'} = b_1 \ b_2 \dots b_k$$

Se acostumbra suponer que $X_1 = 1$ para que b_1 corresponda a un término constante o intercepto.

El modelo consiste, por lo tanto, en una ecuación de la forma:

$$Y = \underline{b}' \underline{x} + e = b_1 + b_2X_2 + \dots b_kX_k + e$$

Para el caso de tres variables independientes, el modelo podría presentarse gráficamente como se muestra en la Figura 2, en donde las flechas van de las variables independientes a la dependiente. En la investigación socioeconómica se hacen por lo regular las siguientes suposiciones:

- No existe una relación lineal exacta entre las variables independientes, y el número de observaciones es mayor que k .
- Las variables independientes no están correlacionadas con el término de error en una misma observación.
- El término de error tiene media cero para cualquier observación.
- El término de error tiene una varianza constante en cada observación.
- El término de error en una observación no está correlacionado con el término de error en otra observación.
- El término de error sigue una distribución normal.

Si estas suposiciones se cumplen, los estimativos obtenidos por el análisis de regresión –mínimos cuadrados– son insesgados y eficientes para muestras grandes. La suposición (6) no es muy crítica en el sentido de que sólo afecta las pruebas de hipótesis y estas tienden a mantener su validez para desviaciones de la normalidad en muestras grandes. La teoría de la econometría se ocupa de los casos en los cuales no se cumplen las suposiciones anotadas, y sugiere modificaciones al estimador de mínimos cuadrados para estos casos. Así, por ejemplo, si no se cumplen las condiciones (4) y (5) se debe utilizar el método de mínimos cuadrados generalizados.

En el caso de variables cualitativas formadas por varias categorías, un procedimiento conveniente consiste en definir tantas variables dicotómicas como categorías tenga cada variable menos una que se toma como base. Así, por ejemplo, si la variable “estado civil” tiene tres categorías (soltero, casado, viudo) pueden definirse dos variables dicotómicas, una para “casado” y otra para “viudo”. Los parámetros asociados a estas categorías medirán su efecto relativo a la categoría soltero. Este tipo de procedimiento permite tratar por

medio del análisis de regresión todos los análisis de varianza –en diseños balanceados o no– y el análisis de covarianza.

Indudablemente el modelo de regresión es el más utilizado y más versátil de todos los modelos conocidos. Cuando su formulación responde a una teoría válida y cumple con las suposiciones enunciadas produce directamente los estimativos de los parámetros de la forma estructural. Además, como podrá intuirse en la presentación de los modelos que siguen, constituye la base de análisis para todos ellos.

Modelo de regresión multivariada

Se obtiene si la matriz A es una matriz cuadrada, g por g, con unos en la diagonal principal y ceros en las otras celdas. La matriz B es g por k. El modelo consiste por lo tanto en g ecuaciones de la forma:

$$Y_j = \underline{b}'_j \underline{x} + e_j = b_{j1} + b_{j2} X_2 + \dots + b_{jk} X_k + e_j; j = 1, 2, \dots, g$$

Se ha usado también la convención de que $X_1 = 1$ para que b_{j1} corresponda al término + constante de la ecuación j y los otros parámetros son los coeficientes de cada una de las variables independientes. Para el caso de dos variables dependientes y tres independientes, su representación gráfica sería la mostrada en la Figura 3.

En la figura se indica que existe correlación entre los términos de error de las dos ecuaciones. Si este es el caso y no todas las variables independientes influyen sobre las dos dependientes (algunas de las flechas de las independientes a las dependientes no existen) es conveniente utilizar el método de mínimos cuadrados generalizados para estimar los coeficientes de las variables independientes. En los demás casos bastará estimar cada ecuación independientemente por la técnica de regresión o mínimos cuadrados ordinarios.

Modelos recursivos

Resultan de la formulación anterior cuando la matriz A es cuadrada, g por g, con unos en la diagonal principal, elementos diferentes de cero por debajo de esa diagonal y ceros por encima. Además, se supone que los términos de error de dos ecuaciones cualesquiera no están correlacionados. El modelo consiste por lo tanto, en ecuaciones de la forma:

$$Y_1 = b_{11} + b_{12} X_2 + \dots + b_{1k} X_k + e_1$$

$$Y_2 = -a_{12} Y_1 + b_{21} + b_{22} X_2 + \dots + b_{2k} X_k + e_2$$

.

.

.

$$Y_g = -a_{g1} Y_1 \dots -a_{g,g-1} Y_{g-1} + b_{g1} + b_{g2} X_2 + \dots + b_{gk} X_k + e_g$$

Para tres variables dependientes y tres independientes, su representación gráfica se indica en la Figura 4.

Estos modelos resultan muy razonables cuando las variables se antece-
den en el tiempo. Por ejemplo, supóngase que en el ejemplo anterior X_2 es el
nivel de educación de la madre, X_3 el nivel de educación del padre (X_1 no es
en realidad un factor, sino que se ha introducido para acompañar al término
constante), Y_1 es el nivel de educación del hijo, Y_2 el salario del hijo en su
primer trabajo y Y_3 su salario al cabo de los cinco años de estar trabajando.
Si teóricamente hay bases para suponer que las otras variables dejadas por
fuera de cada ecuación, e involucradas por lo tanto en cada término de error,
no hacen que estos estén correlacionados, el modelo recursivo es apropiado.
Desde el punto de vista de estimación de los parámetros, estos modelos son
muy sencillos ya que cada ecuación puede estimarse independientemente
por medio del análisis de regresión ordinario.

Modelos de ecuaciones simultáneas

Para estos modelos, la matriz A es una matriz cuadrada, g por g , que puede
tener elementos diferentes de cero por encima y por debajo de la diagonal.
Los elementos en la diagonal son unos. El modelo consiste, por lo tanto, en g
ecuaciones de la forma:

$$Y_j = -a_{j1} Y_1 - a_{j2} Y_2 \dots - a_{jg} Y_g + b_{j1} + b_{j2} X_2 + \dots + b_{jk} X_k + e_j$$

$$j = 1, 2, \dots, g$$

En estos modelos es necesario, por lo general, suponer que los términos
de error de dos ecuaciones cualesquiera están correlacionados. Un ejemplo
típico es el modelo de oferta y demanda ya discutido. Si se define:

$Y_1 = Q_d = Q_0$ = cantidad demandada u ofrecida

Y_2 = precio

X_1 = variable ficticia que acompaña al término constante

X_2 = ingresos

X_3 = salarios

La representación gráfica de este modelo sería la indicada en la Figura 5. Un aspecto crítico de estos modelos –que también está presente en otros modelos que se discutirán más adelante– es el referente a su *identificabilidad*. Este es un concepto de gran importancia en econometría y aquí solo se dará una apreciación intuitiva. Las matrices A y B constituyen los parámetros del modelo. Este modelo se aplica a una matriz de observaciones (datos), con el propósito de hallar valores de A y B, es decir, inferir los parámetros de esa información empírica. Si se tiene éxito en hallar los valores de A y B, se puede decir que el modelo explica los datos, o de otra forma, que los datos generados (producidos) por el modelo, con los valores encontrados para A y B, no pueden distinguirse de datos reales.

El problema de identificación resulta si existen otras matrices A y B que pueden ser soluciones igualmente buenas del modelo. Es decir, si no existe una solución única para A y B a partir de una muestra de datos empíricos. Un segundo aspecto, es el de que las variables dependientes incluidas en el lado derecho de cualquier ecuación están correlacionadas con el respectivo término de error. Por consiguiente, se viola una suposición fundamental del modelo de regresión y si este se aplicara daría estimativos inconsistentes de los parámetros. Es necesario buscar, por lo tanto, otros métodos de estimación. Entre los varios conocidos, el más simple es el de mínimos cuadrados bietápicos. Consiste básicamente en regresar individualmente a cada una de las variables dependientes, del lado derecho de la ecuación, en todas las variables independientes del modelo. Conocidos los coeficientes de estas regresiones se pueden calcular valores para estas variables dependientes que diferirán, naturalmente de sus valores observados, pero que a la vez estarán “purificados” de las partes correlacionadas con los términos de error. Estos valores calculados pueden ser usados, entonces, para “regresar” en ellos y en los valores de las variables independientes de cada ecuación la respectiva variable dependiente del lado izquierdo.

Modelos con variables inobservables

En los modelos descritos las variables inobservables han sido limitadas a los términos de error, uno por ecuación, que no tienen una definición conceptual precisa, pues se interpretan como la suma combinada de los efectos de muchas otras variables no incorporadas en la ecuación. En muchas aplicaciones sociales se presentan otro tipo de variables no observables que resultan de construcciones o definiciones teóricas que se interpretan como variables latentes que afectan o son influidas por variables observables. Tal es el caso del “ingreso permanente” de los economistas, o de ciertos conceptos como “desarrollo político”, de los sociólogos y científicos políticos o los conocidos factores latentes de los psicólogos.

A continuación se presentan algunos de estos modelos, sin tratar de ser exhaustivos por la gran diversidad de posibles formulaciones. Un aspecto de gran importancia que no se discutirá es el referente a la identificabilidad de los modelos que es similar al discutido en el caso de ecuaciones simultáneas.

Análisis factorial confirmatorio. Es bien conocido el uso de la técnica de análisis factorial para tratar de expresar las observaciones sobre un conjunto de variables en términos de los valores o “escores” de un conjunto menor de factores no observables. Este tipo de análisis factorial se conoce como exploratorio. Existe, sin embargo, otro enfoque en el uso del análisis factorial que parte de una teoría sobre la manera como un conjunto de variables inobservables se relaciona con un conjunto de variables observables. Por ejemplo, supóngase que la teoría indica que las correlaciones que se observan entre un conjunto de variables puede ser explicada por su dependencia conjunta en un conjunto idéntico de variables no observables y unos términos de error. Para el caso de 5 variables observables y 2 inobservables que conjuntamente las determinan, el modelo se podrá representar por la Figura 6.

En el diagrama las X representan las variables inobservables, las Y son las variables observables y las e los términos de error de las observaciones. Nótese que en la formulación general A es una matriz cuadrada de orden 5 por 5, con unos en la diagonal y ceros en las demás celdas; B es una matriz de orden 5 por 2 cuyos elementos son los pesos factoriales, o sea la contribución marginal de cada inobservable a la observable respectiva. Los términos de error encierran el efecto de otras variables en cada una de las variables observadas.

Es interesante anotar la estrecha correspondencia de este modelo originado en el campo de la psicología con el problema de errores en las variables analizado por los economistas, por ejemplo, en el caso ya citado del “ingreso permanente”.

Análisis canónico. En el contexto de sistemas de ecuaciones estructurales, el análisis canónico puede considerarse como una extensión del análisis factorial tradicional. Como un ejemplo, suponga que se quiere estudiar la relación entre “desarrollo político” y “desarrollo económico”. Estos dos conceptos pueden considerarse como variables inobservables, pero su relación puede ser revelada si se dispone de indicadores de cada uno de ellos. Así, por ejemplo, es posible disponer de indicadores del desarrollo político –variables observables– tales como la participación política de la ciudadanía, la actividad parlamentaria, etcétera, e indicadores del desarrollo económico como el producto interno bruto, el consumo de energía, etcétera. Este ejemplo se ilustra en la Figura 7, en la cual X_1 representa el desarrollo económico con dos indicadores y X_2 el desarrollo político con tres indicadores.

No se mostrará la relación entre este último modelo y la formulación general para no exagerar la validez de esta última, que de todas formas persigue solo ilustrar la estrecha relación conceptual entre los diferentes modelos. Por otra parte, el lector interesado podrá fácilmente encontrar las formas que toman las matrices $\underline{A}$ y B en este caso.

Modelos de escogencia probabilística. En muchas circunstancias se desea postular un modelo que explique la escogencia que un individuo hace entre varias alternativas mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas. La teoría usualmente especificará que esta escogencia depende de una función de preferencia asociada con cada alternativa. También se especificará que estas son funciones lineales de ciertas variables observables, pero los valores de las funciones de preferencia no son directamente observables. En cambio se conocerán las alternativas escogidas por una muestra de individuos y se conocerá el valor de las variables que conforman las funciones de preferencia. Nótese que volviendo a la formulación general, en este caso las Y son las variables inobservables –funciones de preferencia– y las X las variables ob-

servables que determinan a las primeras. Es decir, se tienen, para el caso de g alternativas ($C_1, C_2, \dots, C_g$), g ecuaciones de la siguiente forma:

$$Y_j = a_{j1} X_1 + a_{j2} X_2 + \dots + a_{jk} X_k + e_j \\ j = 1, 2, \dots, g$$

La regla de escogencia que se postula es la de que un individuo escogerá la alternativa C_j si su preferencia por ella es mayor que por cualquiera de las otras alternativas, es decir si:

$$Y_j > Y_m \quad m = 1, 2, \dots, g$$

Dependiendo de las suposiciones que se establezcan en relación con las variables observables y la distribución de los términos de error se pueden escoger varias técnicas para el análisis de este modelo. Algunas de las más conocidas son el análisis discriminante, el análisis logístico (Logit) y el análisis probístico (Probit).

Algunos aspectos no reseñados

La brevedad de la exposición no ha permitido mostrar la estrecha identidad computacional que existe entre las diferentes técnicas. Así, por ejemplo, en términos estadísticos existen analogías muy estrechas entre el análisis discriminante, la regresión multivariada, el análisis multivariado de varianza y el análisis canónico. También el análisis logístico es la herramienta fundamental en el análisis de tablas de contingencia cuando se quiere avanzar un poco más del simple –y frecuentemente desorientador– examen de la dependencia entre dos variables. La técnica de análisis de secuencia (Path-analisis) de los sociólogos es equivalente a las técnicas utilizadas para el análisis de varios de los modelos reseñados, pero especialmente los modelos recursivos. Por otra parte, no se ha dado el adecuado tratamiento a las modificaciones que deben sufrir las técnicas de análisis cuando las escalas de medición no son de intervalo o relación y tiene solamente las propiedades de escalas ordinales o nominales como tampoco a la debida interpretación de los parámetros estimados en estos casos.

A manera de conclusión

La presente reseña ha pretendido destacar la estrecha relación que existe entre los modelos de análisis utilizados en varios campos de las ciencias

sociales. Las analogías que existen entre las técnicas estadísticas que se utilizan para su análisis, sugiere que en muchos casos éstas son intercambiables.

Por lo tanto, la preocupación del científico social debe centrarse fundamentalmente en la formulación y especificación de su modelo, dejando al analista el problema de la escogencia de la técnica más apropiada. Se reconoce, sin embargo, que este proceso no es fácil de llevar a cabo mientras no exista un mínimo de conocimiento común entre el científico social y el experto en análisis de datos. Contribuir a este propósito ha sido el objetivo de este documento.

Figura 2. Modelo de Regresión

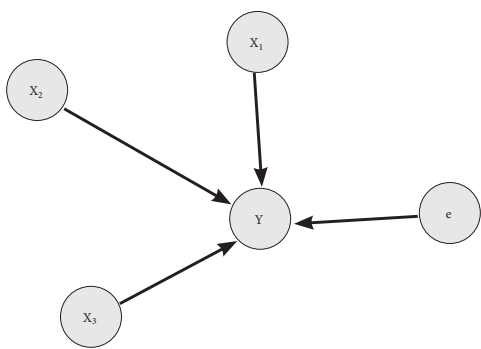


Figura 3. Modelo de Regresión Multivariada

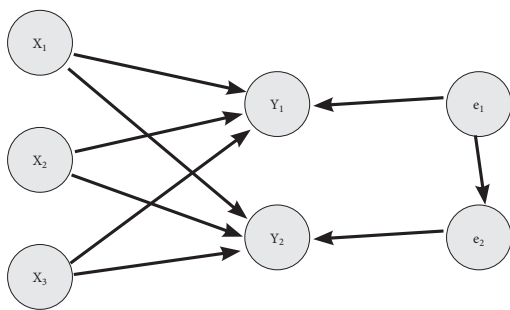


Figura 4. Modelos Recursivos

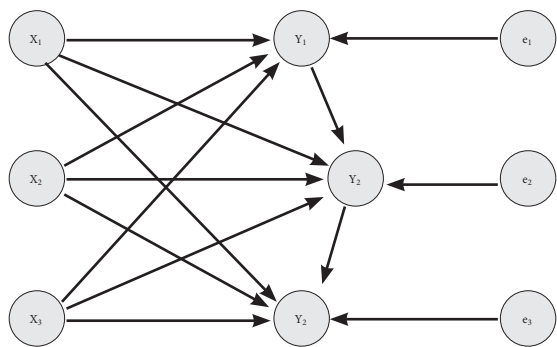


Figura 5. Ecuaciones Simultáneas

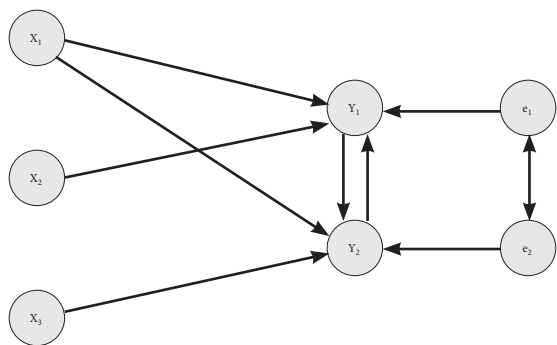


Figura 6. Análisis Factorial

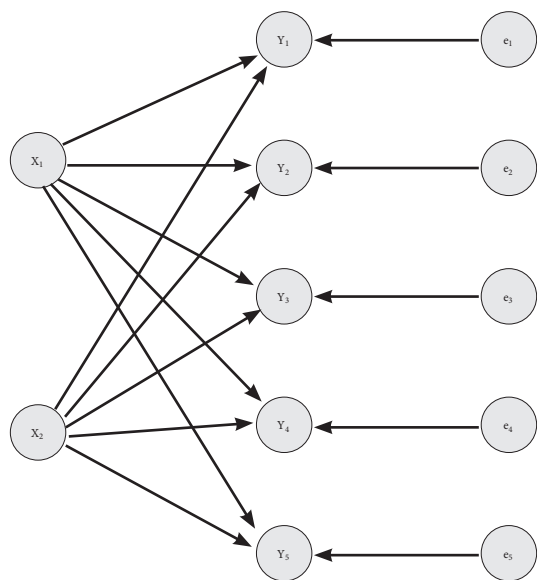
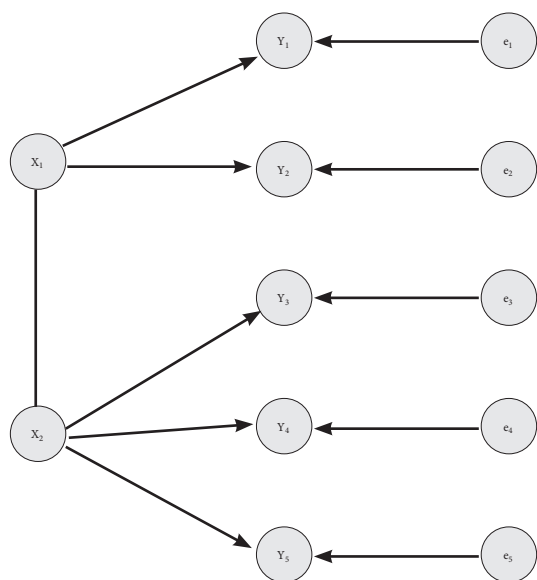


Figura 7. Análisis Canónico



Bibliografía

- Aldana, Eduardo. Modelos Estadísticos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, enero de 1975.
- Goldberger, Arthur S. Econometrics and Psychometrics: A Survey of Communalities, *Psychometrika*, Vol. 36, No. 2, Junio de 1971.
- Goldberger, Arthur S. y Otis Dudley Duncan (editores), *Structural Equation Models in the Social Sciences*, Seminar Press, 1973.
- Kshirsagar, Anant M. *Multivariate Analysis*, Marcel Dekker, 1972.
- Nelson, Forrest D. On a General Computer Algorithm for the Analysis of Models with Limited Dependent Variables, Working Paper No. 68, National Bureau of Economic Research, Octubre de 1974.
- Nerlove, Mark y S. James Press, *Univariate and Multivariate Long-Linear and Logistic Models*, Rand Corporation, Diciembre de 1973.
- Van de Geer, John P. *Introduction to Multivariate Analysis for the Social Sciences*, W. H. Freeman and Company, 1971.

Proyectos de grado asesorados o co-asesorados por Eduardo Aldana Valdés, 1971-1977¹

Año	Nombre	Título proyecto grado o tesis de maestría
1971	Giraldo E., Luis Javier	Características y perspectivas de la minería del carbón en la región de Suesca-Chocontá-Tarisa-Samacá
	González G., Jorge	Análisis a largo plazo de oferta y demanda de productividad agrícola en Colombia
	Oramas Leuro, Joaquín E.	Sistema de información para el control de la construcción en el Ministerio de Obras Públicas
	Rodríguez Duque, Gabriel	Análisis de modelos en la planificación de la educación
	Serrano Wagner, Jaime	Modelo para analizar los servicios de mantenimiento del Acueducto de Bogotá
	Ucrós Barros, Oscar	Consecuencias socio-económicas de inversiones en electrificación en zonas rurales

^{*} *Palabras clave.* Conocimiento socialmente nuevo, Docencia, investigación y extensión.

¹ Jaime Enrique Varela Navarro fue el co-asesor de los trabajos que contaron con dos asesores en este periodo.

Año	Nombre	Título proyecto grado o tesis de maestría
	Vanegas Leuro, Bernardo	Evaluación de rutas e itinerarios en una empresa de buses urbanos
	Villegas Trujillo, Antonio J.	Modelo de simulación para el diseño de terminales intermunicipales
1972	Acosta Escobar, Darío Luis	Sistema de información judicial
	Botero Marulanda, Jorge	Análisis cualitativo y cuantitativo de la utilización y distribución de recursos de la Caja Agraria
	Dávila Esguerra, Manuel	Modelos de reciclaje de equipo en rutas de sentidos contrarios para el estudio ROT
	Durán Perdomo, Oscar	Creación de nuevos arcos en la red de carreteras nacionales
	Field, Ricardo A.	Modelo de demanda de agua para Colombia
	Gómez Duque, Hernando	Análisis factorial y de componentes principales en la investigación científica
	Herrera, Gustavo & Useche, Ricardo	Investigación sobre el problema alimentario en Colombia
	Loboguerrero, Hernando	Investigación socio-económica preliminar de las poblaciones Ciudad Mutis y El Valle (Chocó)
	Maya Dávila, Manuel Julián	Optimización de los recursos de la charca de Guarinocito
	Quijano Forero, Álvaro F.	Análisis y predicción de la delincuencia en Bogotá
	Sánchez Fábrega, Carlos F.	Evaluación del rendimiento académico en la Universidad de los Andes
	Segura Avellaneda, José R.	Análisis exploratorio de los factores que afectan la estadia de pacientes hospitalizados en el Hospital San Juan de Dios
	Sarmiento N., Germán	Servicio de orientación e información de servicios asistenciales
	Sirutis Morales, Stany	Predicción de la demanda por transporte aéreo de pasajeros en Colombia
	Zachmann Wasserman, Roberto	Las comunicaciones clínicas en el Hospital San Juan de Dios
1973	Aguirre Peláez, William ¹	Índice de pronóstico de la desnutrición de niños en Candelaria, Valle del Cauca
	Botero Téllez, Hernando	Estudio sobre el Laboratorio del Hospital San Juan de Dios
	Canela M., Ignacio	Flujo de pacientes en el sistema de urgencias en el Hospital San Juan de Dios.
	Canela M., Luis	Promedio en primer semestre para evaluar rendimiento académico y criterio de admisión de estudiantes en Uniandes
	De Vivo, Edgardo	Comparación de los exámenes de admisión de Uniandes con los del ICES

Año	Nombre	Título proyecto grado o tesis de maestría
	Guáqueta Gómez, Daniel A.	Análisis y Evaluación de la Unidad de Urgencias del Hospital San Juan Dios
	Hurtado Arana, Carlos A.	Un sistema para asignación de recursos en universidades
	Nessin Dayan, Jimmy & Severino Schlegel, Vicente	Metodología para evaluar alternativas de inversión en una línea de la red férrea, utilizando un caso específico
	Nieto C., Jorge	Transporte y desarrollo urbano de Bogotá: Análisis de estudios previos
	Páramo Jiménez, María V.	Valor del tiempo en el transporte urbano
	Tarud Jaar, Pablo Teodoro	La bicicleta como modo complementario de transporte para la ciudad de Bogotá
	Vásquez Uribe, Alejandro	Simulación del flujo de pacientes en el Hospital San Juan de Dios
	Villegas de Beltrán, Margarita ²	Análisis de la demanda por servicios de salud en Colombia
1974	Cárdenas S., Magdalena	Factores que afectan la participación en el mercado del transporte de pasajeros de Aerocóndor, Avianca y Sam.
	Cuadros R., Guillermo E.	Desnutrición de niños en relación al medio socioeconómico, demográfico y climático: Un estudio exploratorio
	Ricaurte J., Jaime	Efectos médicos y educacionales en niños en edad pre-escolar
	López Mogollón, Alvaro H.	La fecundidad humana y la contracepción. Un modelo de simulación
1975	Acosta P., Martha L.	Relaciones estadísticas entre colegio de procedencia y rendimiento académico en primer semestre en Uniandes
	Cuevas M., Orlando	Análisis de la realimentación de la información utilizada en el sistema de control judicial
	Jiménez G., Alvaro	Predicción de precios de materiales de construcción utilizando análisis de series de tiempo
	Montoya V., Clemencia S.	Simulación del uso de recursos en el pabellón de medicina interna del Hospital San Juan de Dios
	Moreno J., Miguel A. & Orlando P., Allan	Modelo de simulación para el análisis de políticas de seguridad social
	Obando P., Allan Obando P., Allan Prada L., PPrada L., Orlando L.	Hacia un sistema de información judicial
	Saer B., Alfredo	Los requerimientos educacionales para el desarrollo económico
	Sala G., Ricardo M. ³	Metodologías estadísticas para clasificar evasores de impuestos
	Sardi U., Pedro	Regresión y análisis discriminante: riesgo en la pequeña y mediana industria de Bogotá

Año	Nombre	Título proyecto grado o tesis de maestría
	Solanilla M., César A.	Criterios y metodología para la evaluación de la educación en la fuerza de trabajo Colombia
	Velásquez M., Alvaro	Evaluación de un sistema de clasificación de riesgo obstétrico
1976	Baquero H. María Cristina & Rodríguez de C., Martha	Diseño de un sistema de información para estadísticas y control del proceso penal en Colombia
	Fiallo P., Yolanda	Análisis factorial en investigaciones en salud
	Rodríguez N., Guillermo	Tipificación de cerámica arqueológica por medio de análisis discriminante
	Torres, Edgar A.	Modelo de simulación del flujo escolar en Colombia
1977	Durán A., Ignacio	El proceso penal en Colombia: Un enfoque de simulación
	Fiallo P., Yolanda ⁴	Factores determinantes de los problemas de salud
	Calle G., Luis E.	Análisis estadístico del riesgo materno-fetal en el Hospital San Ignacio
	Castro, Silvia de	Efectos nutricionales y socio-económico en el desarrollo de niños en edad pre-escolar
	Mendoza E. Sergio	Una alternativa para corrección automática de datos en encuestas
	Medina B., Martha E.	Análisis del ausentismo escolar en establecimientos primarios
	Nieto L., Constanza	Determinación de factores de riesgo obstétrico
	Ortiz S., Cecilia	Índice de riesgo cardiaco
	Rincón L., Jairo H.	Características de la tenencia de vivienda urbana en Colombia: Los mercados institucional y espontáneo
	Rodríguez G. Lucero & Rodríguez C., Silvana	El transporte automotor de carga en Colombia hacia la Sub-región Andina (Venezuela y Ecuador)

1 Tesis de Magíster

2 Tesis de Magíster

3 Proyecto de grado y tesis de Magíster

4 Tesis de Magíster

Índice analítico

A

Academia del Aire 74, 78
Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos 228
Accongiagioco, Gennaro 142
Ackoff, Russell 20
Acosta, Darío Luis 328
Acosta, Fernando 102, 123, 141, 154
Acosta, Martha L. 329
Aexandes_Uniandinos 43
Agencia Internacional para el Desarrollo 206
Aguirre, William 328
Aljure, Raif 75
Alvarado, Jorge 23
Álvarez, Manuel 100
Alzate, José 291
Amaya, Carlos J. 100, 123, 141
Amaya, Luis Enrique 123, 144
American Society for Engineering Education 99
Análisis y diseño 100, 123
Angulo, Antonio José 235
Angulo, Carlos 100, 141
Arias, Gustavo 24, 44
Arizmendi, Octavio 29, 200
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería 182
Asociación Colombiana de Universidades 102, 121, 168, 253
Asociación de Amigos de los Andes 168
Asociación de Oficiales en Retiro de la FAC 6
Ayala, Ulpiano 17, 145, 240

B

Banco Mundial 27
Base Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez 71, 73, 84
Bayona, Eduardo 123
Beltz, Hernán 123, 143

Bernal, Juan R. 143
Bernal, Luis E. 298
Betancur, Gabriel 121, 228
Betancur, Belisario 26, 29
Bibliografía 216
Boiten, Wuibbo 142
Bright, Alec 103

C

Cálculo estructural 52
Calderón, José Ramón 26, 80, 86
Camacho, Eduardo 103
Cámara Junior 180, 182, 201
Carnasciali, Giovanni 145
Caro, Xavier 145
Carranza, Eduardo 25, 55
Carreras intermedias 180
Carriazo, Humberto 75
Castillo, Germán 180
Castillo, Gustavo 80
Castrillón, Jorge 143
Centro Hospitalario San Juan de Dios 261
Cepeda, Fernando 28, 193, 194
Churchill, Winston 67
Ciencias de la ingeniería 123
Ciencia, tecnología e ingeniería 123
Ciudad moderna 33
Colegas y maestros 58, 69, 80, 178
Colegio Mayor del Rosario 180
Columbia University 144
Comandante FAC 86, 87
Comisión de la Comunidad Económica Europea 204
Comisión Nacional para el Desarrollo de la Educación Superior 19
Comités de Facultades 197
Compartir 180, 193
Composición Consejo Directivo 197
Comunicaciones estamentos 197
Comunidad Europea 204
Confianza 10, 91
Conocimiento socialmente nuevo 327
Consejo Directivo 6, 22, 28, 43, 44, 93, 102, 145, 147, 154, 161, 162, 168, 169, 170, 171, 178, 181, 193, 194, 197, 231, 259
Consolidación del pregrado 194
Contribución al país 109

Contribución de la Facultad de Ingeniería a la Universidad 172, 230
Cornell University 141, 145
Correal, Hernando 77
Corson, Dale R. 10, 27, 182
Creciente demanda por servicios públicos 240
Cuervo, Gabriel 123, 142
Cuestionamientos política universidad 43
Curriculum Vitae 57
Curso No. 36 para Oficiales 84

D

Dávila, Manuel 328
Decisiones basadas en documentos 172
Decisiones en complejos sistemas sociales 235
Demanda transporte urbano 207
Democracia fortalecida como requisito 252
De Neufville, Richard L. 216, 225, 281
Departamento Administrativo de Planeación Nacional 116, 205, 253
Desafíos por superar 69, 182
Descripción de Bogotá 33
Devis, Enrique 100, 102, 123, 142
Difusión del conocimiento 310
Directivos y profesores 73
Disenso 33, 43, 60, 161
DiRuggiero, Juan José 261
Distinción_Condecoración 86, 87, 88
Docencia, investigación y extensión 327
Doctoritis 180
Douma, Tjerk 142
Duarte, Álvaro 143
Duque, Guillermo 142
Durán, Ignacio 330
Durán, Hernando 123, 142
Durán, Oscar 328
Dussán, Manuel I. 145

E

Echandía, Darío 12
Educación continuada 141, 275, 281, 291
Educación dual 91
Educación en ingeniería 109
Educación integral 83
El Ingeniero profesional privilegiado y responsable 235
El ingeniero y el desarrollo 123

Embajada de Francia 148, 156
 Enfoques unilaterales y disciplinarios 240
 Entusiasmo por Universidad y Facultad 182
 Escalante, Eduardo 70, 74, 80
 Escenarios prospectivos 80
 Escobar, Julio 123
 Escuela de Administración de Harvard 141
 Escuela de Minas 142
 Esguerra, Jorge 143
 Estado de la investigación Científica 227
 Estudiante eje del aprendizaje 65
 Estudiante promedio 91
 Evaluación académica 45
 Evaluación progreso 172
 Excelencia académica para el desarrollo 141
 Excelente desempeño 193
 Expansión de la Facultad de Ingeniería 103
 Expansión Facultad de Ingeniería 43, 58, 60, 91, 109
 Extensión universitaria 34

F

Finalidad: Una nación bien asociada 83
 Financiación de la demanda 252
 Fondo de Investigación en Ciencia y Tecnología 167
 Franco, Hernando 77
 Fulmer, Vincent 197, 198
 Fundación Ford 27, 147, 152, 155, 182, 206

G

García, Mauricio 144
 García-Reyes, Carlos 102, 144
 Gobierno de Holanda 148, 156
 Godfrey, Michael B. 208
 Gómez, Hernando 231, 328
 Gómez, Iván 100
 Gómez, Pedro 21, 122
 González, Fabio R. 142
 González, Jorge 327
 Gould, Laurence McKinley 85
 Grose, Elizabeth 45
 Guáqueta, Daniel A. 329

H

Herkraht, Juan 100
Herrán, Germán 142
Herrera, David 26, 69, 75, 85
Herrera, Gustavo 328

I

Iglesias, Edgar 75
Infante, Arturo 144
Informe de actividades 5, 57, 73, 154
Ingeniería básica en FAC 65
Ingeniería Civil 34, 52, 57, 102, 141, 142, 144, 147, 148, 149, 155, 157, 181
Ingeniería en los Andes: el mejor 182
Iniciación programas de postgrado 194
Instituto Colombiano de la Reforma Agraria 153
Instituto SER 7, 30, 258
Integración investigación, aplicación y enseñanza 240
Investigación concreto pretensado 34, 52
Investigación de problemas críticos 141, 154
Investigación interdisciplinaria 258, 261
Investigación pedagógica 45

J

Jiménez, Alvaro 329
Jiménez, Heberto 102
Jiménez, Víctor 45

K

Kerpel, Enrique 144
Kerr, Clark 203
Khachaturian, Narbey 34, 39, 52

L

Laboratorio de Hidráulica de Delft 148, 155
Laserna, Mario 179
Lleras, Alberto 58
Logros en equipo 68, 69
Logros y conquistas 83
López Pumarejo, Alfonso 19, 20
López, Aníbal 21
López, Carlos 75
López de Mesa, Luis 85

López, Alvaro H. 329
Low-Maus, Rodolfo 10, 27, 77, 182, 183

M

Manrique, Carlos 261
Mariño, Rafael 144
Más allá del deber 180
Maya, Manuel Julián 328
McGarry, Frederick J. 28, 197, 198
Meleg, Andrés 145
Michelsen, Jaime 260
Millán, Jaime 75
Ministerio de Educación Nacional 122, 167, 200, 201, 206, 227, 228, 232, 252, 253
Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo 16, 19
Misión de Uniandes 58, 103, 109
Misión y Problema de la Universidad 59
Modelos estadísticos 7, 207, 261, 263, 275, 281, 291, 292, 298, 310
Modelos estructurales 207
Modelos Microanalíticos 216
Monge, Santiago 144
Moreno, Ignacio 102
Moreno, Miguel A. 329
Murgueitio, José 75
Murillo, Gabriel 299

N

Navas, Fernando 92, 100, 102, 109, 123, 144
Nieto, Jorge 329
Nieto, Constanza 298, 330

O

Objetivos de la Facultad de Ingeniería 154
Orozco, Luis Enrique 22
Ortiz, Jorge 18
Ortiz, Cecilia 330
Ospina, Alberto 228, 230
Ospina, Eduardo 55
Ospina, William 13

P

Pabón, Gustavo 298
Palacios, Julio 100
Páramo, María V. 329

Parra, Guillermo 102
 Peláez, Álvaro 70, 73, 83
 Peñaranda, Daniel 103
 Peñuela, Pedro A. 70, 73, 83
 Pérez, Agustín 75, 78
 Pizano, Francisco 29, 197, 198, 232
 Plan de contingencia 91
 Planeamiento 9, 43, 103, 109
 Planeamiento Universitario 43
 Planes de desarrollo no implemetados 240
 Planes futuros ciencia y tecnología para el desarrollo 227
 Plazas, Boris 77
 Plazas, Guillermo 19
 Política universitaria 252
 Prada, Allan 329
 Prada, Héctor 141
 Precaria situación financiera 182
 Presente y futuro 73
 Presidente Oficiales en retiro FAC 88
 Prieto, Santiago 102
 Primer ciclo de aprendizaje 80
 Primer Congreso Colombiano de Estadística 299
 Prioridad 103, 161
 Privilegio y responsabilidad 58, 68
 Producto de colegas y alumnos 180
 Profesorado eje central 161
 Profesorado en 1966 141
 Programa como centro coordinador y promotor 240
 Propuesta creación fondo similar a Colciencias 200, 232
 Proyecciones vs entendimiento 216
 Proyecto con visión del Comando General 80
 Proyectos de estudiantes 298

Q

Querubín, Rodrigo 145

R

Ramírez, Rafael 70, 74, 83
 Recomendaciones visita MIT 230
 Recuento histórico 73, 161, 162
 Relación profesor-alumno 65, 69
 Rengifo, José I. 143
 Responsabilidad 43
 Responsabilidad social 123

Restrepo, Jorge 58
 Resultados logrados 68, 73, 178
 Retiro de Uniandes 1960 58, 60
 Reyes Alvarado, Alfonso 9, 22
 Reyes, Álvaro 143
 Reyes, Heliodoro 75
 Rincón, Humberto 72, 80, 83
 Rincón, Jairo H. 330
 Ríos, Aníbal 261
 Robayo, Luis Augusto 70, 72, 75, 80, 82
 Rodríguez de C., Martha 330
 Rodríguez, Silvana 330
 Rodríguez, Gabriel 327
 Rodríguez, Francisco 143
 Rodríguez, Lucero 330
 Rodríguez, Guillermo 330
 Rueda, Alfonso 145
 Rueda, Ricardo 123, 142
 Ruiz, Jorge 231

S

Salgado, Álvaro 10, 26, 27, 28, 55, 59, 77, 91, 102, 109, 182
 Salud 261, 264, 275
 Samper, Jaime 25, 26, 57, 58, 60, 62, 77
 Sánchez, Armando 103
 Sánchez Fábrega, Carlos F. 328
 Sanín, Jaime 260
 Sarria, Alberto 144
 Schotborg, Alberto 45
 Segunda Expedición Botánica 26, 82
 Seminario Fusagasugá 227
 Seminario sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo 227
 Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) 101
 Sentido de pertenencia 178
 Seward, Terence 145
 Siemens de Colombia 153
 Siess, Chester P. 35, 38, 39
 Simon, Herbert 237, 238
 Sociedad Colombiana de Ingenieros 180, 181, 205, 235
 Stafford, Joseph H. 208, 216, 281
 Subteniente Villarraga 75
 Szekessy, Laszlo 100, 123, 141

T

Tecnología es conocimiento acumulado 235
Textos de clase 263
The Project Cars of the Massachusetts Institute of Technology 208
Torres, Edgar A. 330
Torres, Gonzalo 298
Tovar, Gustavo 144
Trabajo en equipo 34, 91, 103, 172, 178
Transferencia a postgrado 60

U

Unesco 232
Uniandes en 1966 141
Universidad de California 144, 279
Universidad de Columbia 142
Universidad de Illinois 5, 10, 24, 31, 33, 34, 38, 39, 52, 57, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 155, 162, 207, 208
Universidad de Kansas 142
Universidad del Cauca 77, 144
Universidad del Tolima 17
Universidad del Valle 14, 80
Universidad de Notre Dame 144
Universidad de Pennsylvania 145, 290
Universidad de Pittsburgh 141, 143, 145
Universidad de Santander 77, 144
Universidad Javeriana 143
Universidad Nacional 77, 141, 142, 143, 144, 255, 261, 263
Universidad Técnica de Delft 142
Urgencia 182
Uribe, Andrés 18

V

Vajta, Ferenc 25, 55
Varela, Jaime Enrique 18, 29, 327
Vásquez, Alejandro 329
Vega, Aquilino 75
Vega, Darío 100
Vega-Lara, Humberto 102
Velasco, Héctor Fabio 26, 87
Velásquez, José Darío 143
Velásquez, Alvaro 330
Vicerrectoría Uniandes 258
VI Congreso Nacional de Exalumnos de la Universidad de los Andes 252

VII Congreso Nacional de Ingeniería 123
Villaveces, Álvaro 92, 102
Visión positiva de futuro 91, 103

Y

Yepes, Guillermo 144
Yerly, Henri 45, 77

Z

Zachmann, Roberto 275, 328
Zapata, Alejandro 143
Zapata, Fabio 26, 88
Zapp, Jorge 143
Zuluaga, Julio 252