P - 3 8 6

INSTITUTO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO MINERO

INGENIERIA Y CAMBIO SOCIAL

I N C E M M E T
BIENES CULTURALES
54.810 05043
INVENTARIO 1996

INCEMMET
Inventario 1997
M & G

INGEMMET
GESPLI S.R.L.
Inventario 2001

INGENIERIA Y CAMBIO SOCIAL

Por : Ing. Mario Samamé Boggio

INCITEMI

1977

INGENIERIA Y CAMBIO SOCIAL*

por : Ing. Mario Samamé Boggio

INTRODUCCION

Desarrollar el tema "La enseñanza de la Ingeniería y las necesidades naciomales" dentro del tema general "Ingeniería y cambio social" abarca un campo muy grande que implica desde las relaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad - hasta la forma de satisfacer las necesidades y deseos de la humanidad a través de la Ingeniería y de ahí deducir la forma de su enseñanza en el mundo - en que vivimos dentro del contexto social, económico, político, cultural de cada país, de cada región.

Para entender los problemas actuales de la enseñanza de la Ingeniería vis a vis de la sociedad, haremos un breve recuento de los antecedentes históricos de la Ingeniería desde la Antiguedad hasta nuestros días. Haremos, enseguida, un recuento - de la enseñanza de la Ingeniería en el Perú y examinaremos luego los problemas que confronta la Ingeniería y su enseñanza en el mundo actual, y fundamentalmente en nuestros países de América Latina y, en especial, en el Perú.

LA INGENIERIA EN LA HISTORIA

Intentaremos hacer un breve resumen del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la Ingeniería desde la Antiguedad hasta nuestros días y su interacción en las sociedades respectivas.

Para ello agruparemos este desarrollo en algunos períodos, que, de antemano, comprendemos que tienen algo de arbitrariedad, como toda clasificación; lo hacemos para fines de ordenamiento y concisión el resumen que nos proponemos, admitiendo que tendrá algunos vacíos e imperfecciones.

Los períodos examinados son los siguientes:

A) Ciencia y Tecnología Alejandrina (332 AC- 642 DC)
B) Ciencia y Tecnología Islámica (642 DC - 1000)
C) Civilización Tecnológica (1000 - 1977)
   a) Fase Eotécnica (1000 - 1750)
   b) Fase Paleotécnica (1750 - 1832)
   c) Fase Neotécnica (1832 - 1977)

La civilización tecnológica llamada también civilización de la máquina o industrial la hemos dividido en tres fases (eotécnica, paleotécnica y neotécnica) siguiendo a los profesores Patrick Geddos y Lewis Mumford; a dicha civilización la hemos antecedido de ciencia y tecnología desarrollada en Alejandría, seguida de aquéllas desarrolladas por los árabes.

Si bien casi todos los tratadistas y estudiosos hacen arrancar la civilización industrial a partir de la Revolución Industrial, el profesor Mumford sostiene que hay una fase previa, como de incubacion, a la cual llama eotécnica, que arranca aproximadamente en el siglo XI y culmina entre los siglos XVII y XVIII con la llamada Revolución Industrial.

Pasemos a analizar los períodos referidos, en forma cronológica.

Ciencia y Tecnología Alejandrinas.- El año 322 - AC., Alejandro el Grande fundó la ciudad de Alejandría donde el Nilo entrega sus aguas al mar; a su muerte, uno de sus generales, Tolomeo, funda una dinastía que gobierna Egipto teniendo a Alejandría por Capital que trata de convertirla en capital del mundo de la cultura y de la inteligencia; se funda ahí el famoso Museo o Templo de las Musas, equivalente o antecedente de lo que sería, en la Edad Media, una Universidad, hogar espiritual de la Ciencia y Tecnología durante 1000 años, dividido en cuatro divisiones (matemáticas, astronomía, medicina y literatura), verdaderos institutos de investigación y escuelas de estudio, servidas por una biblioteca de 800,000 manuscritos, considerada en su tiempo, como una de las maravillas del mundo.

En Alejandría florece un nuevo espíritu, que siguiendo los derroteros de Arquímedes de Siracusa, se dedica a Investigaciones específicas que consagra un paso adelante en el desarrollo científico. Para resumir la gigantesca obra científica de Alejandría debemos señalar como figuras cumbres de este milenio : Euclides, Arquímedes, Herón, Apolonio, Diofanto, Aristarco de Samos, Eratóstenes, Hiparco, Tolomeo. De esta lista, dos científicos (Arquímedes y Herón) son, además, verdaderos tecnólogos e ingenieros; a ellos añadiremos Filón de Bizancio y Ctesibio. La tecnología helenística se resume en cuatro nombres : Arquímedes de Siracusa, Ctesibio de Alejandría, Filón de Bizancio y Herón de Alejandría.

Arquímedes (287 - 212 A.C.) además de ser el - más genial matemático de la Antiguedad y uno de los más grandes de la humanidad, es uno de los - fundadores y precursores de la Ingeniería y Tecnología moderna; la obra de Arquímedes en estos campos - fundador de la Estática y de la Hidrostática- es un ejemplo del resultado de la combinación de

---

* Ponencia presentada en la II Conferencia de Facultades y Escuelas de Ingeniería de América Latina - organizada por la Unión de Universidades de América Latina (U.D.U.A.L.)

la experimentación con las matemáticas. El descubrimiento del principio que lleva su nombre ("un cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del líquido desalojado") es una de sus tantas contribuciones a la Mecánica, fundamento de nuestra Ingeniería. Entre sus logros que debemos mencionar en relación a nuestro tema, tenemos los siguientes inventos :
tornillo hidráulico (tornillo de Arquímedes), tornillo sin fin, poleas compuestas, espejos y lentes ardientes, catapultas y otras máquinas de guerra.

Ctesibio (2°siglo A.C.) fue barbero e ingeniero;artesano e inventor, curiosa combinación para nosotros, pero explicable para dichos tiempos; parte de sus inventos están descritos por Vitruvio, en su clásica obra "De Architectura" ; mencionaremos los siguientes :
bomba impelente, órgano hidráulico, relojes de agua, resortes de bronce en las catapultas.

Filón de Bizancio (3ro ó 2° siglo A.C.) vivió después de Ctesibio y antes de Vitruvio, en Alejandría y en la isla de Rodas; se le puede considerar como ingeniero militar y escribió un libro (Mechanice - Syntaxis) dedicado a las artes técnicas consideradas como tales a las artes militares, dividido en ocho partes, de las cuales la más importante es aquella llamada Pneumática; entre sus inventos debemos mencionar lo que hoy se conoce como suspensión Cardan (redescubierta por Girolamo Cardano 1502/1576 -).

Herón de Alejandría (entre 100 AC. y 100 D.C.)matemático e ingeniero como Arquímedes, pero inversamente a éste con más vocación por las artes prácticas que la teoría. Se le acreditan los siguientes inventos: turbina de reacción a vapor (eolipila), molino de viento para accionar órgano hidráulico, engranajes, máquina de fuego, máquina automática - traga-monedas, etc.

Los ingenieros helenos construyeron acueductos, túneles, canales, diques, puertas, faros; explotaron minas de hierro y plata; procesaron el mineral de hierro , obteniendo hierro forjado; organizaron fábricas de alfarería; contruyeron templos y otras clases de edificios.

El uso del hierro por los griegos condujo a una forma de sociedad más democrática, representada por Atenas, sociedad de la cual se excluían a los esclavos, a las mujeres y a los extranjeros. Esta sociedad esclavista en la que la energía la proporcionaban los músculos de los esclavos, impidió la difusión de las máquinas de tracción animal y el aprovechamiento de los diferentes inventos que hemos señalado, muchos de los cuales eran simples juguetes de salón.

El esclavo no tenía tiempo, ni educación, ni alicientes para mejorar los métodos de producción; el ciudadano menospreciaba los menesteres manuales, reducidos y rebajados al rango de ocupaciones serviles y en ello incluía el proceso de invención - que relacionaba con el trabajo manual.

La sociedad esclavista griega fue la causa fundamental de que la Tecnología e ingeniería griegas quedaran congeladas y muchos descubrimientos, sin aplicación.

Pasamos a reseñar la ingeniería romana en la personal del gran Vitruvio.

Marcus L. Vitruvio (vivió en la segunda mitad del siglo I A.C.) compuso , en latín, la obra técnica - más importante de la Antiguedad. Ella fue denominada "De Architectura" y se compone de diez libros.

En aquella época la Arquitectura comprendía: Ingeniería, Astronomía, máquinas y relojería. Arquitecto, de Latín Architectus, provenía del griego Architecton que significa artífice, director de obras, maestro constructor.

Vitruvio describe en su obra el odómetro (equivalente al actual podómetro o taxímetro), la - rueda hidráulica de cucharas, ambos inventos atribuídos a él o, cuando menos, que él las actualiza.

Los romanos, si bien no gustaban de la ciencia pura, fueron ingenieros. Su mejor realización de ingeniería civil fue la construcción de caminos, cuya tecnología se admira hasta ahora. Un ingeniero moderno describe los caminos romanos como "muros tumbados".

Los romanos asimilaron la Ciencia y la Tecnología griegas, pero no contribuyeron a enriquecerla. El único invento notable que se les puede atribuir es el concreto y su utilización en la Ingeniería Civil; el descubrimiento de la puzolana permitió la preparación de morteros hidráulicos. Los caminos del Imperio Romano se extendieron por 90,000 Km.

Los romanos practicaron, en grado excelente la minería y la metalurgia y desarrollaron las industrias textil, de álcalis, grasos, vidrios, cueros, perfumes, ruedas hidráulicas y bombas de bronce que utilizaron en el riego.

A pesar de todos estos logros, la tecnología no hizo progresos importantes. La economía romana, con mayor énfasis que la griega, estaba basada en el trabajo de los esclavos, cuyo número - aumentaba, conforme se ampliaba el Imperio; era una energía abundante y barata, como para pensar en sustituirla por energía animal o inanimada (viento, agua, por ese entonces).

El mundo greco-romano desdeñó la Tecnología. En el Filebo, Sócrates se pregunta, si hay - dos clases de aritmética, aquella del pueblo y aquella de los filósofos? y agrega luego: "Las artes de contar y medir usados en el comercio y la construcción son enteramente distintos e inferiores que aquellos usados en la geometría filósofica y en los cálculos refinados".

Una completa ausencia de fuerza mecánica y

aún de la fuerza animal, hizo a la esclavitud la base de la Sociedad de la Antigüedad. Cuando el Imperio Romano comenzó a declinar y por lo tanto no había hombres para esclavizar, comenzó a faltar la mano de obra y entonces, y sólo entonces, comenzó a desarrollarse la utilización de la energía no humana. Los siglos IV y V son testigos de la aparición de los molinos hidráulicos.

Ciencia y Tecnología Arabe.- Durante esta época se desarrollaron nuevas fuentes de energía, conocidas, pero desdeñadas en la Antigüedad, nos referimos a la rueda hidráulica y al molino de viento; con la energía hidráulica se movían las piedras de los molinos, las fábricas de papel y otras maquinarias; con los molinos de viento se extraía el jugo de la caña de azúcar.

Los árabes capturaron Alejandría el año 642; antes lo habían hecho con Palestina, Irak y Egipto; después lo hicieron con parte de India, Norte de Africa, España y Europa, fundando así un gran imperio asimilando la ciencia y tecnología antiguas y adaptándolas a las nuevas circunstancias, dando paso a la tecnología árabe. Y así se convirtió, junto con Bizancio, en el guardián de la herencia clásica, además que su contacto directo con el lejano oriente le permitió traer a Occidente nuevos materiales y nuevas técnicas, tales como acero de alta calidad, papel, seda, porcelana, así como la nueva notación de los números, que aún nosotros llamamos números arábigos. Por otro lado, la religión mahometana no ahogaba ni acallaba la investigación científica.

En cuanto al desarrollo científico y tecnológico arábigo podemos distinguir los siguientes períodos : hasta 750 D.C. se puede llamar de orientación; entre 750 y 900 es el período de las traducciones y en él se encuentran además de los clásicos griegos, obras de tecnología mecánica : ruedas hidráulicas, balanzas, clepsidros, elevadores de agua; tecnología agrícola, tecnología siderúrgica. Es digno de mencionar las contribuciones de los árabes a la ingeniería agrícola, incluyendo pozos artesianos.

Entre otras tecnologías, debemos mencionar la cerámica, con sus esmaltes y hornos; la textilería, con sus damascos, muselinas y tafetanes (introdujeron el algodón de la China), la Química con dos tecnólogos notables : Jabir y Geber, al primero se debe la preparación del arsénico, del antimonio, refinación de metales, teñido de cueros y telas : Geber fue el padre de la alquimia árabe, antecesor de la Química moderna.

Otros logros árabes : la industria de papel, la refinación de azúcar, destilación de alcohol, preparación de ácido sulfúrico y ácido nítrico, producción de perfumes, fabricación de aceite de olivo, etc. Estas realizaciones se produjeron principalmente en el período de oro del Islam (900- 1100), después del cual empieza la decadencia y la disolución.

"La antorcha de la civilización había pasado de las manos de los árabes, a las del mundo occidental".

Civilización Tecnológica.- La hemos dividido en tres fases : eotécnica, paleotécnica y neotécnica. Esta civilización recibe como herencia, de acuerdo con Mumford, las siguientes técnicas : "El fuego : su aplicación a los hornos, hornillas y estufas. Las máquinas simples : el plano inclinado, el tornillo, etc. El hilo y la cuerda. El hilado y el tejido. Agricultura adelantada, que comprende la irrigación, el cultivo en terrazas y la irrigación del suelo (excepto en el norte de Europa). Cria del ganado y empleo del caballo para el transporte. Producción de vidrio, cacharros y cestos, minería, metalurgia y herrería, incluso trabajos en hierro. Máquinas accionadas por fuerza motriz: molinos de agua, barcos de vela y molinos de viento. Máquinas - herramientas : taladros de arco y tornos, herramientas con filos de metal templado. Papel, clepsidros.

Astronomía, Matemáticas, Física y la tradición de la Ciencia. En el norte de Europa una tradición tecnológica en decadencia proveniente de Roma; pero en el sur y en el este, desde España hasta China, una tecnología adelantada y aún activa cuyas ideas se infiltraban en el oeste y el norte por intermedio de los mercaderes, de los estudiosos y de los soldados.

La fase Eotécnica.- (1000 - 1750) la podemos subdividir en dos períodos hasta 1452 en que nace Leonardo da Vinci y con él el Renacimiento y luego desde esta fecha hasta mediados del siglo XVIII.

Con la caída del Imperio Romano se derrumba una sociedad basada en la esclavitud y se da paso a pequeñas sociedades con economías cerradas, autosuficientes, agrícolas, en una palabra la sociedad feudal con sus siervos y sus señores feudales; la esclavitud comenzaba a desaparecer, hasta que se extinguió, y el artesano ocupaba un lugar importante en la nueva sociedad.

La falta de esclavos tuvo que ser suplida con otras fuentes de energía que no fuera la del hombre. I así dichas fuentes de esta fase fueron: los animales (el caballo), la rueda hidráulica y el molino de viento.

El material fundamental de esta fase fue la madera, desde materia prima hasta producto terminado, se puede añadir, también, al vidrio.

Los inventos fundamentales del primer período son los siguientes : herraduras y arneses eficientes para los caballos, reloj mecánico, la brújula magnética inventada por los chinos es introducida en Europa por los árabes, se instala el primer molino de viento (en Francia), se instalan fábricas de papel en España y Francia, rueda de hilar, la energía hidráulica se usa en los altos hornos (tiro) lo que hace posible el hierro colado, timón para las embarcaciones, taller para trabajar el hierro, imprenta. Al lado de estos inventos de tecnología física, hay los que podríamos llamar los de tecnología social: las Universidades (Bolonia, 1100; Paris, 1150; Oxford 1214; Cambridge, 1229, Padua 1238, Sa

lamanca, 1243).

En el año 1086 existían en Inglaterra 5000 molinos hidráulicos (un molino por cada 400 habitantes), lo que significaba una nueva forma de civilización; esta energía hidráulica tenía multiples usos: moler granos, bombear agua, batanado de las telas de lana, aplicación en el principio del martinete, aserrar madera, trituración de minerales, accionar fuelles de forja, mover amoladoras, y, en fin, accionar una serie de máquinas para diferentes usos.

En general se puede afirmar que un caballo hacía el trabajo de 10 esclavos y una rueda hidráulica o un molino de viento eran equivalentes al trabajo de 100.

El invento del timón moderno, el uso de la brújula marina, la construcción de esclusas en los canales, significaron una transformación en los transportes, los cuales, a su vez, determinaron efectos sociales.

Podemos afirmar que dicha transformacion en los transportes, el uso de nuevas energías (animal, hidráulica y eólica) y la abolición de la esclavitud estuvieron intimamente relacionados.

Este primer período de la fase eotécnica culmina con la imprenta moderna de Gutemberg entre 1436 y 1450, acontecimiento éste, que junto con el papel, resulta verdaderamente revolucionario, comparable con el producido por la aparición del hierro; si éste hizo llegar al pueblo las herramientas físicas, la imprenta democratizó las herramientas del pensar.

El segundo período de la fase eotécnica la iniciamos con el genio de la ingeniería : Leonardo.

Leonardo da Vinci (1452-1519) es uno de los genios más sobresalientes de la raza humana. En él se integra el científico, el ingeniero y el artista y su obra resume y anticipa toda la técnica moderna.

La ciencia, decía Leonardo, debe basarse en la observación, coincidiendo con el pensamiento de Roger Bacon; decía "son ciencias vanas y llenas de errores esas que no nacen de la experimentación, la madre de toda certeza; sólo la ciencia proporciona la certidumbre, el poder";"aquéllos que confían en la práctica sin la ciencia, son como los marinos sin timón o brújula.".

Leonardo, de acuerdo con la relación de Mumford, hizo las invenciones siguientes : la bomba centrífuga, las dragas para canales, las fortalezas poligonales con baluartes, los cañones de retrocarga, armas de fuego rayadas, el cojinete de rodillo, la junta universal, el tornillo cónico, el mecanismo de trasmisión con cuerdas y correas, las cadenas eslabonadas, el barco submarino, los engranajes cónicos, el engranaje en espiral, el compás de proporción y el paraboloide, brújulas, máquinas para doblar y bovinar seda, el huso y la rueca, el paracaidas, el tubo de las lámparas.

La observación y la experimentación como base de la investigación científica, independiente de consideraciones teológicas, es, tal vez, la más grande contribución de Leonardo al desarrollo científico y tecnológico de la humanidad.

En los siglos XVI y XVII se registran algunos acontecimientos notables en la ciencia y la tecnología.

En 1556 aparece la obra de Georg Agrícola, De Re Metallica, que representa la biblia de los conocimientos mineros y metalúrgicos habidos hasta su aparición, coincidiendo con avances importantes en la industria minera; se funda la primera sociedad científica: Accademia Secretorum Naturae de Nápoles (1560). Otros hechos: el sistema decimal (1585); tratado de Gilberto sobre magnetismo terrestre y electricidad (1600); péndulo de Galileo (1600), Accademia dei Lincei (1603), telescopio (1608), empleo de la pólvora en las minas (1613), triangulación en topografía (1615), uso del coque en lugar del carbón de leña en los altos hornos (1619), máquina de vapor (1628), barómetro (1643) el observatorio de Paris (1667), nuevos tipos de fortificaciones de Vauban (1673), fundación del observatorio de Greenwich, el cálculo diferencial de Leibnitz (1680), la ley de Newton (1682), la exposición industrial de Paris (1683), la máquina de vapor atmosférica de Newcomen (1705).

Se registran importantes progresos en la maquinaria textil y en la minería y metalurgia, descritos admirablemente, estos últimos, en la obra de Re Metallica de Agrícola, ya mencionada anteriormente.

Antes de ingresar a la era paleotécnica, hagamos algunos comentarios de los efectos sociales derivados de los progresos tecnológicos, citando al profesor Sam Lilley de la Universidad de Nottingham, Inglaterra. "Durante toda la Edad Media, la industria había servido a la agricultura, como consecuencia, el poder político y económico estaba principalmente en manos de los señores feudales, quienes lo conservaban mediante su contralor de la tierra y de quienes la trabajaban. En la industria, la unidad típica de producción la constituía el artesano independiente, propietario de sus herramientas y de su taller. Allí donde la industria mostraba algún grado de concentración, los maestros artesanos se organizaban en guildas o corporaciones, las cuales establecían las normas de la artesanía, aseguraban que los aprendices contaran con un adiestramiento adecuado antes de llegar a ayudantes o maestros, defendían a la industria de la invasión de los intrusos y protegían en general las condiciones de trabajo. Esta forma de organización predominó en la mayoría de las industrias hasta mucho después de terminada la Edad Media".

"Pero ya antes comenzó a aparecer una nueva forma de industria. La maquinaria más pesada sólo podía usarse contando con un número suficien

te de hombres que trabajaban en conjunto. Esto constituyó la base para el crecimiento del sistema fabril, en el cual las maquinarias necesarias se reunen en una fábrica, propiedad de un hombre (el capitalista) o de un grupo de hombres. Este tipo de industria capitalista aparece en los campos donde es más necesaria la industria pesada (minería y metalurgia)."

"Los antiguos artesanos de las guildas no podían competir con tales empresas y se opusieron al nuevo tipo de industria y trataron de impedir el uso de las máquinas. Esta oposición no llegó a detener por completo el progreso técnico, pero logró entorpecerlo constituyendo un factor de importancia en la necesidad de los cambios sociales".

La fase paleotécnica.- (1750-1832) podemos decir que se inicia en 1700, tiene su culminación en 1870 y a finales del siglo XIX inicia su descenso para dar paso a la nueva fase o sea la neotécnica.

A mediados del siglo XVIII la Revolución Industrial se había consumado y había traído consigo una nueva manera de pensar, de vivir, de producir.

El complejo tecnológico que da sustento a esta fase está compuesto de vapor, como energía, y de hierro y carbón como materiales.

La Revolución Industrial se inicia en Inglaterra, pasa luego a la Europa continental y culmina en los EE.UU. de N.A.

Como hechos o invenciones relevantes de esta fase debemos destacar: el cálculo científico de la resistencia del agua a los barcos, de Eular (1744), ruedas de hierro para los carros carboneros (1755), fabricación del cemento (1756), cilindros de aire;el émbolo accionado por la rueda hidráulica, la producción de los altos hornos se triplica (1761), primera exposición de las artes industriales de Paris (1763); condensador separado de la bomba de vapor (1765-1769), máquinas para hilar de Hargreaves (1767), banda de rodadura, sistema de oruga de Edgeworth (1770), máquinas de vapor generadora de energía de Watt (1781-1786); la pudelación, horno de reverbero (1784), el telar para hilar algodón de Crompton (1784), hélice para barcos (1785), barco de hierro (1787) obtención de seda de la sal (1790), gas para iluminación (1792), torno para tallar tornillos de Maudslay (1797), la pila galvánica de Volta (1800), barco de vapor con ruedas de paletas de Fulton (1803).

Una figura representativa de esta fase es: John Smeaton (1724-1792)eminente ingeniero civil nacido en Inglaterra, quien estudió científicamente los fundamentos de las ruedas hidráulicas, usando modelos de laboratorio. El estudió por encargo de la Royal Society, en los Países Bajos, los molinos de viento y la ingeniería hidráulica, e hizo aportes significativos en estos campos; igual cosa sucedió con la máquina de Newcomen; sus trabajos, en otros campos, significaron la triplicación de la producción de los altos hornos.

El primer volumen de la Enciclopedia de Diderot aparece en 1751.

Si bien la fase neotécnica es la fase por excelencia de la ingeniería tal como la conocemos ahora, su enseñanza formal en Escuelas y su reconocimiento como una nueva profesión se inicia en la fase paleotécnica.

Así como reconocemos protomédicos, debemos reconocer el protoingeniero en el maderero,el herrero y el minero; en tiempos de los romanos se usa ya el nombre de ingeniero, pero confundido con el de arquitecto.

Fue Salomón de Caus (1576- 1636) jardinero - paisajista francés quien usó por primera vez el título "Ingeniero" diferente del de "arquitecto";ingeniero" significaba ingeniero militar y "arquitecto" significaba todavía "ingeniero civil", pero durante el siglo XVII, el título de ingeniero comprendió,también, la ingeniería mecánica y civil.

En 1745 se funda en Braunschwig la primera escuela técnica que no formaba parte de la ingeniería del ejército. Pero es en Francia donde se forma primeramente una verdadera escuela de ingeniería; los precursores, en el siglo XVII y comienzos del XVIII, fueron los siguientes :

Sebastián Le Petre de Vauban (1633-1707)quien construye un nuevo tipo de fortaleza en 1673.

Jacques Gabril (1667 - 1742)

Bernard Forest de Bolidor (1693-1761) y

Jean Rodolph Perronet (1708-1794), quien dirige el cuerpo de puentes y caminos, fundado en1716.

Las Escuelas de Ingeniería, en Francia, fueron las siguientes :

Ecole Nationale Superieure des Mines,en 1778;

Ecole d' Arts et Metiers en 1788,

Ecole Polytechnique en 1794.

Ecole de Travaux Publics en 1794 y

Ecole Centrale des Arts et Manufactures en 1829.

Las Escuelas de la ingeniería británica son las siguientes :

King's College en 1838; se profesa ingeniería en Glasgow, por primera vez, en 1840, y se rinde exámenes de ingeniería en Cambridge en 1865.

Las Escuelas de Ingeniería norteamericana tienen la siguiente cronología :

Academia Militar de West Point en 1802, el Rensselaer Polytechnique Institute en 1824, la Brown University en 1850, se comienza a enseñar ingeniería civil en la Universidad de Michigan (1852), se

funda en 1864 la Escuela de Minas de la Universidad de Columbia y en 1865 se funda el Instituto Tecnológico de Massachussets.

La fase paleotécnica es el inicio de la civilización industrial, del capitalismo como organización económica, basada en el complejo tecnológico del carbón, hierro y vapor.

Nació fundamentalmente en la mina requerida de carbón, hierro y de los demás metales para la industrialización (cobre, plomo, zinc, estaño, plata, oro y otros). Esta fase paleotécnica destruyó el medio ambiente, degradó el trabajo, contribuyó a una vida miserable y desembocó en la Primera Guerra Mundial; sus resultados sociales no fueron encomiables, pero sirvió de base a la búsqueda de un nuevo modelo de sociedad, más justa y racional y fue en esta época que se incubó la nueva ingeniería, base de la fase neotécnica, cuyos inicios los podemos fijar en 1832 con el perfeccionamiento de la turbina hidráulica de Fourneyron.

La Fase Neotécnica (1832-1977) tiene como fundamento un complejo tecnológico a base de electricidad, energía atómica, metales ligeros y aleaciones y como instrumento de trabajo el método científico, lo que condujo a la invención en forma deliberada y sistemática.

El artífice de estas realizaciones es el ingeniero quien unió la ciencia con la técnica, la teoría con la práctica, la tecnología la convirtió en producción; lo que Arquímedes y Leonardo habían significado como síntesis, como integración, se convirtió en una nueva profesión, de incalculables alcances y realizaciones en el espacio y en el tiempo.

La unión de la ciencia con la técnica y la aplicación del método científico al desarrollo, investigación y aplicación de los nuevos descubrimientos y de los fenómenos observados, se puede calificar como el hecho más trascendental del siglo XIX y como la condición de su desarrollo económico y social.

Entre los grandes progresos y realizaciones del siglo XIX podemos señalar : los descubrimientos, investigaciones y experimentos realizados por Volta, Galvani, Davy, Arago, Ampere, que culminan con los de Faraday y en especial la invención de la máquina dinamoeléctrica; el perfeccionamiento de la turbina hidráulica por obra de Fourneyron; el invento del buque a vapor efectuado por Fulton; la aplicación del precalentamiento del aire en la técnica metalúrgica de Nielson; los trabajos sobre la conservación de la energía de Cornot, Joule, Thomson, Helmhotz y Mayer; los trabajos sobre la teoría atómica y molecular de Dalton, Gay Lussac, Proust, Avogadro, Dulong, Petit, Berzelius, etc., el desarrollo de la industria y ciencia química gracias a los trabajos de Le Chatelier, Van't Hoff, Gibbs, Nernst y Ostwald; los trabajos de Bessemer, Thomas, y Siemens en los aceros, los de Nobel y el perfeccionamiento de los explosivos; y los de Silvay y producción industrial de la soda al amoniaco; los de Bergieu y la hidrogenización del carbón; el uso extensivo del cemento Portland; la producción comercial del aluminio; la obtención del petróleo y sus derivados, el motor de gas de Lenoir; la teoría de la luz y la electricidad de Maxwell; el empleo del concreto reforzado y de las estructuras metálicas; la ley periódica de los elementos de Mendelejev; el motor de gas de cuatro tiempos, el teléfono electrico de Bell; el fonógrafo, la lámpara eléctrica con filamento de carbón y el cinematógrafo de Edison; la turbina de vapor de De Loval y Parsons; las turbinas Francis y Pelton; la pólvora sin humo, las ondas electromagnéticas de Hertz; el motor Diesel; los rayos X de Roentgen; la radiotelegrafía de Marconi; el aislamiento del radio por los esposos Curie; la teoría de los quanta de Planck y el aeroplano de Orville y Wilbur Wright (estos dos acontecimientos últimos ya pertenecen a la iniciación del siglo XX). Todos estos hombres célebres que hemos mencionado hicieron nacer una nueva profesión y nueva actividad científica : la ingeniería.

Veamos que ocurría con la educación superior en el siglo XIX. Ella fue, al inicio del siglo, esencialmente educación no profesional y no técnica, siguiendo la tradición de las artes liberales (el quadrivium: Aritmética, Geometría, Astronomía y Música; y el trivium : Gramática, Dialéctica, Retórica; que constituían la base de la educación medioeval). A pesar que el siglo XIX fue testigo del espectacular desarrollo del conocimiento científico, el currículum de las instituciones de educación superior quedó virtualmente intacto; hasta fines del siglo XIX lo más significativo de la investigación científica fue realizado fuera de las Universidades, principalmente en las academias : mencionaremos la Royal Society de Londres (15.VII.1662), las italianas: Accademia dei Cimento (19.VI.1657) y dei Lincei (1600), Academia Francesa de Ciencias (1666), Academia de Ciencias de Berlín (1700), Academia de San Petersburgo.

En 1828 el College de Yale lanzó su famoso manifiesto en el que expresaba que una institución de educación superior tenía que seguir un camino no profesional y no técnico. En cambio en Europa, el camino fue distinto: J.G. Fichte diseñó un nuevo plan para la Universidad de Berlín (de la cual fue Rector en 1810 - 1812), con dedicación fundamental al conocimiento científico.

En 1876 los planteamientos germanos fueron adoptados por la Universidad John Hopkins.

Volvamos nuevamente un paso atrás y constatemos que el esfuerzo para cerrar la brecha entre la ciencia y la tecnología empezó en el siglo XVIII, sobretodo después del afincamiento de la Revolución Industrial, al final del siglo. "En los campos de la Ingeniería Civil y Mecánica, las técnicas del diseño y de análisis, basados en la formulación en términos matemáticos de las interrelaciones físicas establecidas se fueron lentamente incorporando en la práctica de la ingeniería. Las leyes del movimiento de Newton, los trabajos sobre hidráulica de Bernoulli y los de Euler sobre mecánica y estructura, suministraron las bases teóricas sobre las cuales ta-

les técnicas podían ser edificadas.

Como dijimos anteriormente fueron los franceses los primeros que se esforzaron para dar base científica y entrenamiento técnico a los ingenieros. Vauban se encargó, en 1675, de organizar el Corps du Genie, de ingenieros militares. La "Ecole des ponts et chaussées" (1747) fue la precursora de todas las Escuelas de Ingeniería del mundo y enseñó el uso sistemático de las matemáticas superiores en el diseño de estructura; y en 1749 se funda la famosa Ecole Polytechnique de Paris, cuna principal de la matemática aplicada moderna.

Como consecuencia del desarrollo en estas Escuelas, se reconoció, desde el comienzo, en Francia el status universitario para el ingeniero. En cambio, en Inglaterra, el establecimiento de la ingeniería como profesión fue lento y con praxis diferente; se aprendía trabajando. El Instituto de Ingenieros Civiles británicos se fundó en 1818; en general, en Inglaterra, a diferencia de la Europa continental, había rechazo para darle status universitario al ingeniero. Fue en 1827 que se creó la primera cátedra de Ingeniería en University College; en Cambridge recién en 1875, se fundó una cátedra de Mecanismos y Mecánica aplicada y en 1890 se establecieron formalmente los estudios de ingeniería. La cátedra de ciencias de la ingeniería fue creada en Oxford en 1907, donde en dicha fecha se consideraba la práctica como fundamental y la preparación cientfícia como suplementaria, pero, a decir verdad Oxford fue el último reducto de este snobismo intelectual respecto de la ingeniería. Hoy día la moderna Ingeniería no se concibe sin la ciencia.

La Ingeniería Civil fue la especialidad fundamental de la nueva profesión y dominaba la escena, más tarde este papel es compartido con la ingeniería mecánica y de minas, hasta el último cuarto del siglo XIX. A partir de 1870 la ingeniería eléctrica cobra importancia fundamental, y desde 1925 la ingeniería electrónica se convirtió en la estrella de la tecnología.

Con la fase neotécnica se comenzó a hacer realidad lo que Augusto Comte, creador de la Sociología, anunciaba en 1825, en su Ensayo cuarto:

"Fácil es reconocer en el cuerpo científico, tal como ahora existe, cierto número de ingenieros que se diferencian de los hombres de ciencia propiamente dichos. Esta clase importante surgió de la necesidad, cuando la Teoría y la Práctica, que se encontraban distantes la una de la otra, se acercaron hasta poder darse la mano. Esto es lo que hace que su carácter distintivo sea, empero, una cosa tan indefinida. En cuanto a las doctrinas características para constituír el modo de existencia especial de la clase de los ingenieros, no es fácil indicar su verdadera naturaleza, porque sólo existen sus rudimentos. El establecimiento de la clase de los ingenieros en sus propias características es tanto más importante porque constituirá, sin duda, el instrumento directo y necesario para conseguir la coalición entre los hombres de ciencia y los industriales, gracias a la cual será posible dar comienzo al nuevo orden social."

La Tecnología y su expresión profesional la Ingeniería nacen para satisfacer las necesidades humanas, las necesidades colectivas, las necesidades de los pueblos, las necesidades nacionales.

"La educación es una función natural y universal de la comunidad humana; su contenido es moral y práctico; así fue, también, entre los griegos; reviste en parte, la forma de comunicación de conocimiento y habilidades profesionales, cuyo conjunto, en la medida en que es trasmisible designaron los griegos con la palabra techné. La educación del hombre de acuerdo con la verdadera forma humana, con su auténtico ser, es la genuina Paideia griega, en una palabra, la formación del hombre griego".

Las necesidades fundamentales del hombre siguen siendo las mismas: alimentación, vivienda, vestido, transporte y comunicaciones.

La ingeniería, con sus nuevos refinamientos, provee los medios necesarios para disminuir el esfuerzo para satisfacer dichas necesidades en forma diversa, múltiple, cada vez más sofisticada.

Gordon S. Brown, decano de la Escuela de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts (1962), enfoca las necesidades básicas en cuatro campos, así: energía, materiales, transporte y comunicaciones; en verdad, alimentación, vestido y vivienda son problemas de energía y materiales.

Podemos dejar la reseña histórica de la ingeniería y de su enseñanza en este estado para volverla a retomarla cuando nos ocupemos, de la sección Ingeniería en el mundo presente y futuro y, por lo pronto intentaremos un enjuiciamiento resumen.

A través de la reseña que hemos titulado "La Ingeniería en la Historia" señalaremos las acciones recíprocas entre la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y la Sociedad.

En la Antigüedad, como consecuencia de la Filosofía imperante y de la sociedad esclavista, la Ciencia Pura y la Tecnología estaban divorciadas, los trabajos manuales eran despreciables, no tenían aplicación, la energía humana (los esclavos) abundante y barata era brutalmente explotada y no había lugar para el aprovechamiento de la energía no humana (animales, agua, viento).

En la Edad Media, el régimen feudal con el sistema de servidumbre configuró una nueva sociedad que extinguió la esclavitud que permitió u obligó el desarrollo y aprovechamiento de la energía animal, del agua y del viento, y que fue social y tecnológicamente una superación respecto de la sociedad esclavista de los tiempos antiguos. Pero el sometimiento de la Ciencia a la religión y el régimen mismo de servidumbre estranguló y congeló el desarrollo científico y tecnológico; sin embargo, en

este período, se fueron gestando los cambios que culminaron con la Revolución Industrial de Mediados del siglo XVIII.

Las tesis de Roger Bacon, el descubrimiento del método científico, la aparición del Renacimiento con el genio de Leonardo, fueron dando paso a la llamada Edad de la Razón, con su lider Francisco-Bacon, que desembocó en la Revolución Industrial que transformó las concepciones que teníamos del mundo y de la vida y dió paso a una nueva Tecnología, a una nueva Economía y a una nueva Sociedad.

Aunque las Universidades ya existían desde el siglo XII, la Revolución Industrial no fue un producto de ellas, ni una consecuencia directa del conocimiento científico de la época, ella se produjo en las fábricas y talleres con la participación de inventores empíricos y fue más bien una consecuencia de la revolución agraria previa, efectuada en Inglaterra. Pero producida la Revolución Industrial y extendida a la Europa continental, las nuevas necesidades económicas y sociales, demandaron nuevos soportes, máquinas y procesos, que requerían nuevos conocimientos y surge así una ingeniería basada en la Ciencia Aplicada que a su vez es consecuencia de la investigación científica pura. Nace así la ingeniería moderna que hoy conocemos y cuyo nacimiento como disciplina, como profesión, como actividad científica se le debe a Francia.

El modelo francés de Escuelas de Ingeniería se va extendiendo a Europa y a América.

El Perú, como veremos en la reseña correspondiente, adopta este modelo y así otros países.

LA INGENIERIA EN EL PERU

I.- CARACTERIZACION HISTORICA DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA EN EL PERU

A. La Universidad Nacional de Ingeniería

1. Antecedentes generales

El desarrollo de la ingeniería en el Perú constituye, en buena cuenta, la instrumentación del proyecto "civilista" que se insinúa a mediados del siglo pasado y cobra plena vigencia en 1872: la inserción de la sociedad peruana en el sistema capitalista mundial. Antes, el deterioro de la minería y la quiebra del circuito comercial instaurado por la metrópoli española determinaron la contracción de la economía a nivel de mercados locales. El reingreso de la economía peruana al sistema internacional se produce a partir de 1840 en una forma que se inició en la Colonia y permanecerá vigente hasta nuestros días : la economía de enclave, productora de materias primas para la exportación. El producto de turno es el guano de la isla, como antes lo fueron el oro y la plata, y como después serían el algodón, el azúcar, el petróleo, el hierro, el cobre y la harina de pescado.
Una institución no aparece aislada de su contexto social y económico y en el caso del Perú - desde la época de la Colonia - este contexto ha sido definido a partir de los intereses de los países hegemónicos en cada etapa. De esta suerte, la tecnología minera dejada por los españoles, los avances de la revolución industrial y el dominio inglés, el desarrollo del capitalismo norteamericano, la influencia cultural de Francia y la calificación intelectual del civilismo influyeron en la historia de la Escuela de Ingenieros.

La Minería al Término de la Colonia

Los españoles desarrollaron una política de depredación respecto a la explotación minera. Las disponibilidades de transporte de la época (los barcos de hierro no fueron utilizados sino despues de 1840), el escaso desarrollo industrial de España (aunque la revolución industrial abarca desde el último cuarto del siglo XVIII, no impactó inicialmente sobre España) hicieron que los intereses siguieran centrados en la explotación de metales preciosos. La extensa disponibilidad de mano de obra permitió sostener, mientras se pudo, una tecnología elemental de explotación.

Esta tecnología estuvo en buena cuenta dependiente del mercurio utilizado en el beneficio de los minerales. La principal fuente de abastecimiento fueron las minas de mercurio de Huancavelica, cuyo agotamiento en la segunda mitad del siglo XVIII influyó en la producción de oro y plata y despertó la preocupación de los españoles en la búsqueda de nuevas técnicas. El desarrollo prestigioso de la tecnología minera germana de entonces motivó la invitación de técnicos alemanes. Sus recomendaciones (incluída la educación) no tuvieron mayor influencia; la lucha por la independencia estaba en marcha.

Situación General en la Independencia

Los pasos iniciales de la independencia corresponden para la nueva nación el sometimiento a la siguiente configuración : a) el capitalismo mundial se desarrolla en su fase de libre concurrencia; b) la vigencia de la lucha por el dominio económico entre Inglaterra y Estados Unidos; c) se plantea una nueva distribución internacional del trabajo a partir de las demandas de la revolución industrial.
Cronológicamente, el retraso de la independencia peruana respecto a la de los otros países hispanoamericanos, participa en el control que se disputaban Inglaterra y Estados Unidos. Hacia el comienzo de la segunda mitad del siglo pasado, Inglaterra dominaba las economías de los países inicialmente liberados del control español: Argentina, Venezuela. Para entonces, Estados Unidos ya era el principal abastecedor y comprador de Cuba; México había perdido Texas, parte de Nuevo México y Alta California; Estados Unidos controlaba igualmente los problemas de Santo Domingo y de los países de América Central. El Perú resulta así una de las piezas en proceso de definición en la rivalidad inglés-americana. Para completar el cuadro podría mencionarse la intervención fracesa en México en 1862; pero la rebeldía mexicana y las pretensiones expansionistas de Bismarck en Europa echaron por tierra este intento francés. La influencia francesa

se mantenía más bien en el aspecto cultural.

Las Demandas de la Revolución Industrial

En el siglo XIX la revolución industrial en Inglaterra obtiene nuevos avances. El desarrollo industrial se extendió a Francia, Alemania y Estados Unidos. La dinámica norteamericana fue más violenta; su desarrollo industrial, comercial y agrario fue casi simultáneo.

El siglo XIX fue también el siglo de la caracterización histórica del monopolismo. Hacia 1880 la violenta expansión de la economía norteamericana produjo la crisis derivada de la acumulación de mercancías sin colocación. El cierre de fábricas, la depreciación del dólar y la fuerte actividad sindical (los mártires de Chicago cayeron en 1886) caracterizan ese período. El proceso de concentración monopólica era cada vez más claro; el grupo Rockefeller en el petróleo y el grupo Carnegie en la Siderurgia encontraron su definición.

La rivalidad inglés-americana en el control de Latino-América encontró también su definición en el siglo. Para 1889 se había reunido la Primera Conferencia Panamericana en Washington, y se había institucionalizado la Unión Panamericana. En el Perú, los capitales norteamericanos sin embargo son parte de la historia de este siglo; la primera inversión importante fue en 1902 al formarse la empresa predecesora de la Cerro de Pasco Corporation, hoy nacionalizada : Centromín - Perú.

2.- La Escuela de Ingenieros

Con el trasfondo económico descrito previamente, los países centrales habían replanteado la distribución internacional de tareas en la que nuestros países tienen la misión de proveedores de materia prima. El desarrollo industrial estaba exigiendo una contribución minera de un tipo diferente a la de los metales preciosos. Coincidió esta demanda con el incremento de la producción de la plata en Estados Unidos y una baja en su cotización (el precio de la plata bajó en algo más del 23% en el período 1872-74).

La contribución del Perú en esa época se restringió fundamentalmente al desarrollo agrario de otros países proporcionando guano como fertilizante. Sin embargo, ya para 1872 la exportación del guano sólo le servía al Perú para el pago de la deuda externa. Para entonces comenzó una preocupación en pro del resurgimiento de la minería. El informe oficial de 1876 sobre la situación minera indicaba un cuadro desolador, el cual era explicado por: la baja tecnología empleada en la extracción y el beneficio, la escasez de mano de obra e insumos, la lucha por el poder en lo político, la falta de vías de comunicación, los gravámenes y la falta de capital de inversión. Entre las otras medidas de esa época, se pueden mencionar la creación de la Escuela Especial de Construcciones Civiles y de Minas (1876) la modificación legal (1877) de las Ordenanzas de Minería a fin de promover el desarrollo minero, y la formación de un cuerpo especial de ingenieros de minas para trabajar en los diversos asientos minerales. En 1876 Meiggs esboza un plan de extensión ferrocarrilera y de explotación de las minas de plata y de cobre de Pasco. Es, además, el período de la publicación de las obras de Raimondi sobre las riquezas minerales de Ancash (1873) y los minerales del Perú (1878).

En esta época (1878), el principal producto de exportación era el azúcar, seguido del guano, el salitre y la minería. La plata en barra ocupaba el primer lugar dentro de los productos minerales.

Los grupos de dominación externa y sus agentes locales pretendían una reproducción en el país del desarrollo europeo, combinando la colocación de excedentes y las facilidades crediticias. A las 6,500 millas de vías férreas inglesas en 1850 se presentan 2,000 kilómetros de vías peruanas en 1876. En 1875 comenzó en el país la comunicación cablegráfica; el descubrimiento de Morse data de 1844. Esta mecánica repetitiva influyó en el desarrollo de la Escuela de Ingenieros de Lima. Como indicara el mismo Habich, Director fundador de la Escuela de Ingenieros, las Escuelas de Puentes y Calzadas de París, las Escuelas de Ingenieros de Roma y Turín y las Escuelas de Minas de París, Freiberg, Clausthal, etc., se tomaron como referencia para su similar peruana.

La creación de la Escuela de Artes y Oficios en Lima (1860) forma parte también de este proceso de repetición. Sus primeros egresados (en 1870) expresaron conflictivamente la demanda social por la carrera de ingenieros.

Francia seguía siendo el centro de discusión ideológica de Europa. De ahí llegó Eduardo Juan de Habich en 1869 para trabajar para el Estado y ser a partir de 1876 hasta su muerte en 1909 el Director de la Escuela de Ingenieros.

De origen polaco, su experiencia en Europa (no ajena a las guerra) le permitió sobrepasar (y con él la Escuela) el conflicto peruano-chileno, e imprimirle a la administración universitaria una estrictez que es parte de la historia de la Escuela de Ingenieros. Así no podría repetirse de año más de una vez y se premiaba con un viaje de estudios a Europa al mejor alumno de cada Sección.

Esta estrictez le otorgaba a la Escuela un carácter más bien elitista que se contraponía a la concepción que Habich tenía sobre el papel del ingeniero (como extractor racional de los recursos naturales para satisfacer las necesidades "siempre crecientes del Hombre y de la Sociedad"). Esta contraposición parecía solucionarla Habich proponiendo gratuidad en la enseñanza y ayuda para los estudiantes " sin recursos pecuniarios". En realidad, la elitización impuesta por Habich se daba en términos de las calificaciones en los cursos con aparente marginación de la procedencia familiar, racial o vinculación con los grupos de poder.

La Orientación Minera de la Escuela

Desde su creación la Escuela de Ingenieros presen

ta como dominante la carrera de Ingeniería de Minas. Incluso la enseñanza en la Sección de las Construcciones Civiles estuvo influenciada por los requerimientos de construcción para los problemas de explotación minera. Así hasta 1898, de 97 ingenieros titulados, 74 eran mineros. A la muerte de Habich (1909) se habían titulado 206 ingenieros, 153 de los cuales fueron en Minas. Hasta 1924 se habían titulado en Minas 249 del total de 417 ingenieros.

Sin embargo, el fuerte desarrollo urbano sufrido por Lima en el período de Leguía (1919-30) reorientó las preferencias de los estudiantes. En 1922 habían 50 alumnos en Civiles y 40 en Minas. Para 1923 esta distribución varió en 67 y 39 respectivamente.

Tal reorientación hubo de contraponerse a las preferencias sostenidas oficialmente por Minas. 58 de los 63 libros adquiridos en 1925 trataban sobre minería o temas afines. Esta proporción fue de 10 sobre las 16 suscripciones. Este carácter conservador se refleja igualmente en el origen de las obras y suscripciones (50 y 14 respectivamente, eran en francés).

Los Conflictos Iniciales

El movimiento de reforma de los años 20 llegó también a la Escuela. En 1924 el Director Fort reclamaba que "los principios ideológicos no pueden tener aplicación en los estudios que están basados en la ciencia pura y en sus aplicaciones".

Hasta entonces, los estudiantes de ingeniería no habían correlacionado el problema universitario con el de los sectores productivos. Pese a ello, los conflictos gremiales en minería no eran seguramente novedad. Se conoce el levantamiento en 1885 dirigido por Uchcu Pedro, barretero de una de las minas de plata de Carhuaz, en una sublevación indígena que se cristalizó a raíz del decreto de Iglesias exigiendo una contribución de dos soles al año. El más saltante de todos estos conflictos sucedió en 1930 y se conoce como los sucesos de La Oroya y Mal Paso. El primer caso resulta a raíz de la muerte de un obrero por mano de un empleado norteamericano. El segundo es una matanza en el puente Mal Paso. El régimen de explotación desde el sistema de incorporación por enganche, daba sus frutos. 1930 es también el año de la formación de la primera Federación de Trabajadores Mineros del Perú.

Para entonces (1930) el movimiento universitario que luchaba por desterrar plenamente el "civilismo" de la universidad se vió envuelto por las corrientes revolucionarias de la época. Los estudiantes de ingeniería participaron y quedaron así relacionados con los sucesos del párrafo anterior. Sin embargo, la Escuela estaba lejos de plantearse un rol social de servicio. Las represiones que siguieron fueron el inicio de una larga laxitud. Con la excepción de las luchas por la Reforma Universitaria en 1930. Hasta la época del Estatuto Universitario de 1946 no se conoce una actividad estudiantil significativa.

3. La Preeminencia de la Ingeniería Civil

Desde la fundación de la Escuela de Ingenieros es clara la orientación seguidista del desarrollo de la enseñanza de las ingenierías en el Perú : no sólo se encarga la organización de la Escuela a un ingeniero europeo : en 1875 Habich viaja a Europa en misión oficial y recluta siete ingenieros europeos para integrar su plantel docente. Aún más, el premio al mejor alumno de cada promoción consistía en "un viaje a Europa por dos años y cien soles de pensión mensual".

El ingeniero- demiurgo humanista europeo de Habich recibe una estricta formación técnico-científica y se contrapone al ingeniero-empresario pragmático norteamericano encarnado en esa época por Meiggs. La contraposición es importante también desde el punto de vista ideológico: Habich encuentra dificultades para financiar el presupuesto de la Escuela e instrumentar planes de investigación mientras Meiggs contrata con el Estado la construcción de ferrocarriles de Arequipa-Puno y Callao- La Oroya (1869), Chimbote-Huaraz-Recuay (1871) Juliaca - Cuzco (1872). La vía Callao- La Oroya constituye un éxito empresarial de Meiggs: la construcción de la ferrovía más alta y más cara del mundo. "Hierro y carbón vinieron de Inglaterra, Francia y Estados Unidos". Aún la madera fue importada de los Estados Unidos. "Trabajaron diez mil hombres en la obra, la mitad de ellos chinos y el resto, peruanos y chilenos".

Habich pretende formar un superhombre: Meiggs es un superhombre en la apreciación general; nace la leyenda. Aquí se pretende subrayar que la existencia de las dos alternativas oculta la inexistencia de una alternativa nativa. El desarrollo autónomo a la europea, es decir, sobre una sólida base científico-técnica y una actitud austera y mesiánica no era ideológica y políticamente viable. Se impuso el seguidismo tecnológico que, políticamente viable, pronto mostró sus frutos y adquirió prestigio. Las bases de la dependencia cientffica y tecnológica estaban para entonces, sólidamente establecidas. Curioso desenlace pues Balta llamó a Habich para "convertir el guano en rieles".

En adelante, la orientación continuará vigente en esencia : el saber técnico se origina en los países hegemónicos; la tarea de las universidades de los países periféricos consiste en captar y difundir ese saber formando a los ingenieros que los aplicarán en la solución de los problemas nacionales concretos. Del desarrollo ferrocarrilero de la segunda mital del siglo pasado, el énfasis se desplazó al estudio y construcción de una red vial. En 1902 se crea el Cuerpo de Ingenieros de Caminos. En 1904 estudios hidrológicos "con el concurso de Ingenieros extranjeros (Sutton, Stiles, Adams, Hurd, Turner) quienes forman la primera escuela topográfica e hidráulica peruana". Sigue la construcción de ferrocarriles. "De 1908 a 1919 se continúa realizando estudios de irrigación de la Costa y se ejecutan algunos de esos proyectos". Se estudia obras portuarias a lo largo del litoral. Para en-

tonces el flujo de capitales norteamericanos sustenta en la práctica el predominio de la tecnología norteamericana en la forma de equipo mecanizado y formas de organización social de la producción. Por otro lado, el fuerte desarrollo urbano de Lima reorienta las preferencias de los estudiantes de ingeniería: empieza la "urbanización" del ingeniero. La década del 30 marca una notable preferencia por la Ingeniería Civil. Así, en 1935, 1936 y 1937 el porcentaje de egresados en Ingeniería Civil respecto al total de egresados de la Escuela fue de 94%, 82% y 54%, respectivamente. Tal proporción fue paulatinamente descendiendo, aunque en cifras absolutas siguió aumentando hasta un máximo de 237 en 1961, debido a que los intentos desarrollistas desde fines de la década del 40 reorientaron nuevamente la preferencia mayoritaria de los postulantes.

La reapertura de la Escuela en 1933 coincide con la fundación de la Facultad de Ingeniería (Civil) de la Pontificia Universidad Católica. Cobran importancia la ingeniería de construcción, la arquitectura, la ingeniería estructural, la ingeniería sanitaria. El inicio del proceso de industrialización sustitutoria en la década del 50 refuerza esta tendencia; las obras públicas y el desarrollo urbano de la década confieren importancia al urbanismo, la construcción, la ingeniería estructural. Para este período la orientación es ya netamente urbana.

Ideológicamente se crea en las expectativas de los estudiantes de Ingeniería Civil, la ilusión de un "trabajo independiente", de una empresa; compañía constructora, oficina de diseño, según la especialidad. Ya la orientación europea de Habich de un ingeniero al servicio del Estado se ve claramente desplazada por la imagen del ingeniero empresario que se sirve del Estado al amparo de la vieja práctica de licitaciones públicas. Dentro de este contexto ha de entenderse la creación del Colegio de Ingenieros en 1961 como medida de defensa de los intereses de la élite de profesionales titulados de ingeniería, amenazados por la competencia de empresarios constructores y maestros de obra. Dé aquí en adelante la actualización de los planes de estudio reflejan la preocupación por "poner al día" el saber técnico. La bibliografía se norteamericaniza rápidamente. En la déeada del 60 se intensifica la emigración de los egresados hacia los cientros científicos y tecnológicos hegemónicos (especialmente a los Estados Unidos) para realizar estudios de post-grado. También en esta década se crean cuatro nuevas facultades de Ingeniería Civil (tres en provincias: Cajamarca (1963) Lambayeque (1965), e Ica (1964) y una en Lima (1966) que reproducen la organización de las Facultades metropolitanas en particular de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se lleva el modelo metropolitano al interior del país y con él todo lo que le sustenta desde problemáticas hasta estilos pedagógicos, técnicas y valores.

4. La Ingeniería Mecánica

La industrialización sustitutoria en el país, caracterizada por su alta dependencia externa especialmente norteamericana, se desarrollo ligada a la explotación del cobre y la harina de pescado provocando el crecimiento de la industria metal-mecánica que influye en una mayor demanda por la Ingeniería Mecánica. Desde un 20% del total de egresados en 1952, este porcentaje sube al 30% en 1965 y en cifras absolutas de 42 a 239 en el mismo período.

Uno de los aspectos de la intervención estatal en el desarrollo industrial del país se establece a través de la protección arancelaria. Hasta la década del 60 ésto no significó una prohibición sino una reglamentación en las importaciones. Sus débiles inicios se remontan a 1923 (Ley 4679) acentuados con tarifas posteriores en 1928 (Ley 5954) y en 1935 (Ley 8044). En 1942 se establece la vigencia hasta la terminación de la Segunda Guerra Mundial de las tarifas sobre importación de maquinaria para la industria textil; manufactura de sombreros; curtiduría, calzado y conexos. Estas situaciones están relacionadas con nuestro desarrollo dependiente, las facilidades para la conveniencia o desinterés de los grupos foráneos de dominación

La predominancia de la carrera de Ingeniería Civil se mantiene hasta la Segunda Guerra Mundial luego de la cual el fuerte avance científico y tecnológico provocado por las economías de guerra y su creciente integración al sistema productivo convierten en prestigiosas otras ramas de la Ingeniería. Los intentos desarrollistas del gobierno del Frente Democrático Nacional del año 1945 inician un cambio de orientación en la concepción de la Ingeniería.

El énfasis de la enseñanza de la ingeniería se va desplazando del aspecto técnico-ingeniería al aspecto técnico-económico (empresarial) de las técnicas y métodos a la organización global de las actividades productivas. El proceso de industrialización sustitutoria consolida la suplantación de la ingeniería europea como modelo por la ingeniería norteamericana. La enseñanza de la ingeniería refleja el consiguiente cambio de orientación: el proceso posterior de modernización en la enseñanza que se extiende hasta la actualidad obedece sin modificación, las necesidades de viabilizar el proceso de actualización refleja de la economía del país.

La evolución del número de egresados en Ingeniería Mecánica resulta conectada al crecimiento empresarial en la industria metal-mecánica. Su vinculación con la industria textil a comienzos de siglo y paulatinamente con agro-industria (ingenios azucareros) es largamente rebasada por su conexión con la minería especialmente por los trabajos de la ex-Cerro de Pasco Corporation. La puesta en operación de la fundición de La Oroya en 1922 y el cierre de las antiguas fundiciones de Smelter y Casapalca, corresponden a la introducción formal de este sustento de la industria metal-mecánica que adquiere mayor fuerza con nuevos enclaves mineros en las últimas décadas. En los años 50 este desarrollo se refuerza con los requerimientos de la industria pesquera y a mediados de la década del 60 se infla artificialmente con las plantas -

de montaje automotriz.

5. Resumen

Este cambio al interior de la Escuela, o Universidad desde 1955, está acompañado desde la década del 60 con una proliferación de universidades en todo el país que trata de atender las aspiraciones universitarias de las capas medias en ascenso. En las nuevas universidades se repiten las carreras de Minas, Civiles y Mecánica manteniendo el patrón establecido por la Universidad de Ingeniería.

Podría resumirse que las grandes etapas de la vida de la Escuela de Ingenieros y de la Universidad Nacional de Ingeniería están relacionadas con los períodos en que las carreras de Ingeniería de Minas, Civil y Mecánica fueron dominantes. Y que este dominio fue un reflejo del desarrollo dependiente de nuestro país. Como tal no se trata de un reflejo arbitrario sino de una asimilación de la Universidad como transmisora de la ideología dominante de desarrollo y reproductora de los profesionales aptos para manejar la tecnología que los países centrales requieren para sostener su hegemonía.

II.- SITUACION DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

A.- Las carreras que se ofrecen

La enseñanza de la Ingeniería en el país se imparte en 20 de las 21 universidades estatales y en 5 de las 12 universidades particulares. Se cubre así una gama de 32 especialidades ofrecidas en 95 Programas Académicos (equivalentes a las antiguas Facultades). Como sucede en casi todos los aspectos de la Universidad Peruana la enseñanza en Ingeniería está concentrada en Lima y Callao en donde están ubicados 53 Programas.

En términos de proliferación de Programas, Agronomía encontró una fuerte divulgación dentro de los grupos latifundistas de provincias, montándose Programas de Agronomía según el modelo de la Universidad Agraria. Así, 11 de los 13 Programas están ubicados en provincias, surgiendo en su mayor parte como base de las nuevas universidades creadas en la década del 60. En la misma línea se pueden considerar los 5 Programas de Zootecnia.

La Ingeniería Química representa ya una carrera tradicional especialmente al relacionársele con las viejas universidades de San Marcos, Trujillo, Arequipa y Cuzco. Su evolución ha estado ligada por mucho tiempo al campo de la metalurgia, en plantas de concentración en la actividad minera. En lo académico, ha estado vinculada con el desarrollo de la enseñanza de la Ingeniería Industrial. En total existen 10 de estos Programas.

La dispersión de los Programas de Ingeniería Civil (7) y Arquitectura (6) ha estado unida al proceso de urbanización de las principales ciudades del país. Se presenta en Chiclayo, Cajamarca, Huancayo, Cuzco, Arequipa e Ica aparte de Lima. El modelo base lo establece la Universidad de Ingeniería.

Especialmente ligados a la divulgación de los esquemas de administración empresarial, se ofrecen 7 Programas de Ingeniería Industrial. La corriente dominante es la impuesta por los modelos de optimización en el empleo de los factores de producción, incluída la fuerza de trabajo. La aparente racionalidad fundada en el lenguaje matemático encubre un trasfondo ideológico no muy difícil de mostrar como se verá más adelante.

La Universidad Peruana ofrece 6 Programas de Ingeniería Mecanica (varios de ellos combinados con Ingeniería Eléctrica). En la enseñanza, la pauta es establecida por la Universidad de Ingeniería, y su desarrollo ha estado ligado al crecimiento de la actividad industrial metal-mecánica, fruto a su vez del desenvolvimiento de la minería y la pesca.

La enseñanza de la Ingeniería Pesquera tiene todavía un desarrollo lento. En parte porque la actividad empresarial de la pesca tuvo un inicio en la década del 30 en bases casi artesanales y orientado al comercio del pescado fresco, y posteriormente a partir de 1950 en la reducción de anchoveta para la comercialización de harina y aceite de pescado. Es útil la experiencia de las prácticas vacacionales en los últimos años. Se ofrecen 5 Programas; la norma está dada por la Universidad Agraria.

La Ingeniería de Minas se ofrece en 4 Programas, 2 en Lima y 2 en el centro del país. En el futuro se ofrecerán además en Huancayo y en la nueva Universidad de Tacna. El Programa base es el que establece la Universidad de Ingeniería el cual es discutido en este documento.

Se ofertan además una diversidad de otras carreras varias de ellas ligadas a aspectos del sector industrial (Ingeniería Administrativa, Bioquímica Industrial, Controles Industriales y Electrónicos, Industrias Alimentarias, Seguridad Industrial, Sistemas, Textil). Por otra parte, la enseñanza de la Ingeniería de Petróleo cobrará, aparentemente, un auge importante en los próximos años.

B. El Proceso de Admisión

Tradicionalmente consideradas como universidades con fuertes restricciones en el ingreso, la Agraria e Ingeniería establecieron hasta 1960 un coto importante a los sectores que pugnaban por estudios universitarios. La proliferación de universidades en la década del 60 permitió a los grupos medios en ascenso una posibilidad con menos dificultades: los volúmenes de ingreso en Agronomía, Civiles y Mecánica aumentaron sensiblemente en los primeros años para luego decaer porcentualmente. Para el mismo período (1960-70), la Agraria mantuvo un promedio de admisión del 20.8% e Ingeniería 23.2% los cuales son los más bajos dentro de las universidades estatales junto con San Marcos (21.3%).

Aproximadamente hay un 70% de postulantes que no ingresan, que corresponden a un volumen cada vez creciente al que la Universidad le cierra las-

puertas pretextando escasez de recursos.

No se concibe por lo tanto el problema de admisión como el esfuerzo que debe realizar la Universidad para darle cabida a todos los postulantes, reconociéndoles el derecho a recibir educación superior. El problema se concibe más bien en cómo la Universidad mantiene sus moldes conservadores de práctica educativa restringiendo el ingreso a través de exámenes de admisión, a los que se les pretende otorgar categoría científica (con pruebas especiales y procesamiento electrónico) a fin de esconder su naturaleza selectiva de clase. Como se sabe, son los grupos en los estratos de más altos ingresos los que tienen mejores posibilidades de aprobar exámenes sobre la cultura burguesa con la cual están familiarizados. El problema presenta sus rasgos ideológicos más saltantes cuando se repara en las pruebas que utilizan experiencias propias de determinados grupos sociales (efectuar croquis del monumento a San Martín o del edificio del Ministerio de Educación, o identificar los pintores de determinados cuadros famosos; eran empleados en exámenes para ingreso a Arquitectura) o problemas con una clara orientación capitalista (encontrar la máxima utilidad para una inversión dada, se ha utilizado frecuentemente en exámenes de admisión de San Marcos).

C. Población Estudiantil

En el período 1960-69 la población universitaria en los estudios de Ingeniería ha estado concentrada en Agronomía, Civiles, Mecánica y Química, las cuales ocupaban un volumen que ha ido decreciendo a lo largo de esta década del 75% al 60%. En estos porcentajes, Agronomía y Civiles representan del 50% al 37% en partes aproximadamente iguales. La disminución es explicada por la aparición de nuevas especialidades y el crecimiento en Arquitectura e Ingeniería Industrial, especialmente a partir de las mayores ofertas en la Universidad Villareal que traerán como beneficio la ruptura parcial de la elitización en dichas carreras.

Una revisión general de información disponible permite adelantar lo siguiente :

a. La población estudiantil de la UNI es fundamentalmente limeña (el 56.7% había nacido en Lima y Callao en 1966; en 1970 el 72.5% de los ingresados proceden de Lima y Callao).

b. Esta procedencia de los estudiantes explica las preferencias por carreras de corte urbano y la poca demanda por la enseñanza de la Ingeniería de Minas, y

c. Globalmente se plantea el problema de la distribución geográfica de los Programas.

d. Los estudiantes con mayores niveles de ingreso prefieren la carrera de Arquitectura e Ingeniería Industrial. El caso de Arquitectura ha estado ligado por mucho tiempo a exámenes de ingreso poco favorables a los sectores populares.
En Ingeniería Industrial es presumible la vinculación familiar a grupos empresariales; y

e. Los estudiantes con niveles más bajos de ingreso están ubicados en las carreras de Minas, Petróleo y Economía. En Minas está ligado a la procedencia provinciana, serrana, de los estudiantes.

D. Contenido de la Enseñanza

De lo que se trata en esta parte es de mostrar el trasfondo ideológico de la enseñanza de la ingeniería en el país. Ello se presentará sólo para algunas de las carreras. El planteamiento general es que el estudiante es formado para que no tenga dificultades en insertarse en la práctica usual del aparato productivo real. La forma de inserción es sutil; se acepta como válida y sin crítica las pautas dominantes de desarrollo.

1. La enseñanza de la Ingeniería de Minas

Resulta útil referirse a las variaciones internas de esta enseñanza a fin de identificar las líneas que se les ha otorgado mayor preferencia. Una comparación global de los currícula de asignaturas de 1911 y de 1968 puede conducir a algunos resultados.

Esta estructura curricular para formar un Ingeniero de Minas puede dividirse en cuatro áreas :

A. de cursos generales
B. de cursos de la especialidad de Minas
C. de cursos de la especialidad de Geología
D. de cursos de la especialidad de Metalurgia

En los cuadros A y B sólo hay referencia a las dos primeras secciones. Obviamente, aunque la evolución no puede medirse sólo en términos de los nombres de los cursos, esta dimensión resulta ya importante. En efecto, el proceso de modernización se ha manifestado sólo en dos líneas. Aquella que corresponde a las ciencias básicas (matemáticas, física y química) y la que corresponde a la tecnología de la administración empresarial. No es apreciable un avance significativo en la técnica de explotación minera.

El influjo de las matemáticas modernas y de la computación electrónica explican en parte el primer avance. Este desarrollo explosivo sin embargo requiere ser revisado. De un lado se ha desfasado notoriamente de su aplicación inmediata. Más de un estudiante de los últimos años se debe haber preguntado el escaso requerimiento de muchos conceptos de Matemáticas, Física y Química en los cursos de aplicación.

En el balance la desproporción se da en la doble línea : no todo lo de matemáticas modernas es útil y los cursos sobre aplicaciones de la física al comportamiento mecánico de materiales requieren ser profundizados.

La variación más significativa ha sido en el área

CUADRO A

CURSOS GENERALES EN LA FORMACION DEL INGENIERO DE MINAS (UNI)

1911. Cursos anuales	1958. Cursos Semestrales
. Análisis Matemático . Geometría Analítica . Cálculo Infinitesimal	. Introducción a las Matemáticas Superiores . Análisis Matemático (I a IV) . Programación de computadoras
. Química Inorgánica y orgánica . Química Inorgánica II . Física aplicada	. Física (I a IV) . Química (I y II) . Físico-Química (I y II)
. Geometría Descriptiva . Dibujo y Croquis I	. Geometría Descriptiva (I y II) . Dibujo
. Mecánica Racional . Resistencia de Materiales . Hidráulica y máquina hidráulica . Electricidad y máquinas térmicas	. Mecánica Racional . Resistencia de Materiales . Estabilidad de las construcciones . Mecánica de fluídos . Electricidad (I y II)
. Topografía general . Topografía subterránea . Geodesia	. Topografía General . Topografía subterránea . Geodesia y Fotogrametría
	. Humanidades (I y II)

CUADRO B

CURSOS DE LA ESPECIALIDAD DE MINAS EN LA FORMACION DEL INGENIERO DE MINAS (UNI)

1911. Cursos anuales	1968. Cursos semestrales
. Minerología (I a III) . Preparación Mecánica de minerales . Dibujo y croquis (II y III) . Procedimientos de construcción	. Introducción a la minería . Elementos de minería . Maquinaria de minería . Servicios auxiliares de minas
. Docimasia (I a III) . Máquinas térmicas . Explotación de minas . Yacimientos minerales y metalíferos	. Seguridad minera e higiene industrial . Ventilación minera . Métodos de explotación (I y II) . Diseño de minas . Mecánica de rocas . Teoría de voladura de rocas . Túneles y movimientos de tierras
. Legislación civil y de minas	. Legislación minera . Derecho profesional y relaciones industriales
. Economía Política . Economía Industrial	. Economía (I a VII): - Economía Política - Direc.y Organz.Industrial - Contabilidad general y de Costos - Economía Minera (A y B) - Análisis Financiero - Administrac.de Empresas e Interpr. de Balances Ingeniería de producción

CUADRO C

RELACION DE CURSOS EN LA FORMACION DEL INGENIERO CIVIL (UNI)

1911. Cursos Anuales	1971. Cursos Semestrales
. Análisis Matemático . Geometría analítica y cálculo infinitesimal. . Química inorgánica y orgánica . Geometría descriptiva y nociones de perspectiva, sombras y estereotomía . Física aplicada . Dibujo y croquis	. Matemáticas I - II - III - IV. . Química I - II . Geometría descriptiva . Física I - II - III. . Dibujo I . Introducción a las Ciencias Sociales . Lenguaje
. Procedimiento de construcción . Topografía General . Arquitectura General . Tecnología General . Economía Política . Dibujo y croquis 1/ . Trabajos Prácticos . Mecánica Racional	. Topografía I . Economía General - Economía . Estática, Dinámica . Geología General . IdeologíasContemporáneas 2/ . Estadística y Probabilidades 2/
. Resistencia de materiales . Hidráulica y máquinas hidráulicas . Docimasia (Primer curso) . Organos de máquinas . Geología aplicada a las construcciones . Economía Industrial . Dibujo y croquis . Trabajos prácticos	. Resistencia de materiales I - II . Mecánica de fluídos I - II . Estadística y Probabilidades . Tecnología de los materiales . Topografía II . Métodos numéricos y computación eléctrica . Tecnología del concreto . Construcción I . Astronomía y Geodesia . Mecánica de suelos I
. Hidráulica agrícola . Armaduras metálicas y de madera . Caminos . Concreto armado . Puentes (primer curso) . Topografía subterránea . Geodesia . Electricidad y máquinas eléctricas . Dibujo . Trabajos Prácticos	. Recursos hidráulicos . Caminos I - II . Concreto armado . Análisis Estructural I . Construcción II - III . Fotogrametría y Exp. Fotoaéreas . Mecánica de suelos . Irrigación . Abastecimiento de agua y alcantarillado . Legislación . Geología aplicada
. Construcciones marítimas y puertos . Construcción y explotación de ferrocarriles . Puentes (Segundo curso) . Máquinas térmicas . Ingeniería Sanitaria . Legislación Civil y de Construcciones . Trabajos Prácticos	. Puentes y obras de arte . Drenaje . Diseño en acero y madera . Industrialización en la construcción . Planeamiento urbano y regional I . Ingeniería antisísmica . Instalaciones interiores . Diseño en construcciones . Problemas especiales en construcción . Costos y Presupuestos . Programación de obras . Electivo en mención . Electivos complementarios de otra mención o libres determinados.

1/ Perspectiva y Estereotomía

2/ Electivos

empresarial. A ella están dedicados directamente 8 de los 22 cursos de especialidad (cuadro B). Explican en buena cuenta la formación ideológica del Ingeniero de Minas y tal situación amerita un mayor desarrollo.

El estudiante de Minas : un Postulante a Administrador

En 1970 fueron encuestados 275 Ingenieros de Minas que junto con 108 Geológos y 170 Ingenieros Metalúrgicos o Químicos, hacen un total de 553 profesionales trabajando directamente con algo más de 60 mil obreros. Esto es en buena cuenta un grupo selectivo de menos de 1% de una gran masa de trabajadores, con un sueldo que bordea entre 800 a 3,750 dólares USA (en compañías extranjeras) respecto a un salario que oscila entre 60 soles (paralamperos) a 140 (para capataces).

Esta proporción general se reproduce a nivel de cada unidad de operación. Así el personal del Departamento de Perforación y Disparos de una mina importante al sur del país está constituído por un jefe de departamento, un asistente, 3 supervisores, 6 capataces y 51 obreros. Este nivel de preferencia del profesional seguramente influye en la enseñanza misma en la Universidad, a modo de imagen de un futuro conductor cuya preparación es más bien técnica pero involucrado en relaciones sociales de mayor magnitud que las usuales en otras áreas de Ingeniería.

La Administración Científica

Los cursos de Dirección y Organización Industrial, Economía Minera, Administración de Empresas e Interpretación de Balances, e Ingeniería de Producción, sin llegar a la modernización plena, están en la línea de lo que se conoce como administración científica de la producción. Este resultado inicial de investigaciones universitarias de Estados Unidos para los programas especiales, transformó sustancialmente la organización administrativa tradicional. El criterio rector es el de eficiencia; mientras que en la organización tradicional se plantea una distribución de funciones que facilita el escapismo; esta nueva organización distribuye tareas integradas para alcanzar objetivos definidos;cada quien tiene precisada una responsabilidad cuyo incumplimiento es claramente evidenciado. Esto dió lugar al relevamiento de las tareas de control que midieran y corrigieran los resultados permanentes. La integración y estructuración de los nuevos conceptos forman parte del desarrollo actual de la Teoría de Sistemas, que corresponden a su vez a un nivel de modernización no alcanzado todavía por la enseñanza en esta área de la Ingeniería de Minas pero que marca su clara tendencia.

El resumen es que se enseña para integrarse a una empresa en donde el incumplimiento de una tarea altera el logro de los objetivos de la empresa. De ahí que no resultan vacíos los reclamos sobre las huelgas de los obreros invocando el incumplimiento de objetivos nacionales. Se dice que durante un año a partir de enero de 1970, se dejaron de producir cerca de 2 millones de soles. La aparente confusión entre los objetivos nacionales y empresariales merece algún comentario.

El Problema de la Utilidad

El Perú está inserto en el sistema capitalista mundial y atraviesa por un período en el que oficialmente se ha recusado al capitalismo. Se le recusa necesariamente en términos de la propiedad de los medios de producción y en pro del interés de las mayorías nacionales. La enseñanza no puede quedar marginada de esta revisión que en buena cuenta contrasta el interés de los propietarios y usufructuarios con los intereses nacionales. La enseñanza de la Economía define la mejor base ideológica.

Los siete cursos de Economía y el curso de Ingeniería de Producción (cuadro B) están dirigidos al estudio de una empresa. Se sancionan como válidas las categorías de : renta, beneficio, interés, ingresos, gastos, riesgos, etc., como indicadores definitivos en un proyecto minero. Se desarrolla así en el estudiante la lealtad a los objetivos de una empresa postergando, con la ausencia de cursos de planificación multisectorial, por ejemplo, la lealtad a los objetivos nacionales.

Este tipo de orientación en la lealtal no se da sólo en la enseñanza de la Economía. Es una reproducción parcializada de la realidad externa a la Universidad que comienza con la situación de empresarios de varios profesores, describe lo existente en el curso de Maquinaria minera, o a través del curso Diseño de Minas le da validez a la diferenciación de campamentos (alojamiento, atención médica, áreas de recreación) para jefes, empleados y obreros. Es lo que podría llamarse la "enseñanza de la vida" minera en la Universidad desde el punto de vista de su conservación.

En esta influencia externa no puede escapar por supuesto el hecho de que la gran y mediana minería dependían de capitales extranjeros. Las categorías de países centrales y periféricos, el reparto internacional de tareas y mercados y su influencia en la industrialización, no son discutidas en la enseñanza de la Ingeniería de Minas.

Una Administración Diferente ?

El Ingeniero de Minas que funciona como Superintendente, Gerente o Supervisor, resulta-aunque no sea explícito-representante y custodio de los intereses de los propietarios. Lo que la Universidad no le enseñó, se lo enseña la práctica: su misión no es exclusivamente técnica; los últimos conflictos entre obreros y profesionales lo han evidenciado. Se menciona que de julio de 1970 a mayo del siguiente año se solicitaron 11 traslados o despidos de profesionales en minería, un promedio de un profesional por mes.

Podría hablarse de una organización diferente donde la tarea del ingeniero sea la de un trabajador más donde la administración empresarial resulte de la concurrencia de los trabajadores donde se tra

baje casi sin hora fija, donde se utilice poca maquinaria y mayor fuerza de trabajo, donde se constituyan grupos de aliento para los trabajadores, donde éstos reconozcan el derecho de la sociedad peruana sobre la propiedad de las riquezas y empresas mineras, donde las facilidades de vivienda, de educación, de salud y de recreo para los ingenieros no se diferencien de la del resto de los trabajadores donde tengan que identificarse con los intereses nacionales antes que los de la empresa, donde las instalaciones y personal sirvan tanto para la producción como para la enseñanza de la minería en todos los niveles, donde se aprenda discutiendo los planes y trabajando las minas peruanas, donde se cultive la lealtad a los intereses mayoritarios, donde la enseñanza y el aprendizaje sean tareas de y para todos, donde se destierre la mistificación de la profesionalización. Discutir procesos de renovación de este tipo es también tarea de la Universidad.

2. La Enseñanza de la Ingeniería Civil

En el cuadro C se presenta una comparación entre los currícula de asignaturas de 1911 y 1971 para la formación en 5 años del Ingeniero Civil en la UNI. Como en el caso anterior este es un primer acercamiento a la evolución de la enseñanza en esta área usualmente medida en términos de variación curricular.

El marco tradicional de referencia lo establece la cobertura de las siguientes áreas :

- de cursos básicos
- de Estructuras
- de Hidráulica
- de Transporte
- de Construcción
- de Mecánica de Suelos

Aquí también la Universidad resultó receptora y difusora de tecnología foránea. La línea nueva que aparece en la lista de cursos de 1971 es la de Mecánica de Suelos, resultado de una incorporación lenta de la tecnología norteamericana de este campo. Su introducción desde la década del 50 adquiere mayor desarrollo casi 10 años después al confluir entre otras circunstancias : a) el proceso de urbanización de Lima avanza a las nuevas zonas - "residenciales" con problemas de cimentación; b) las obras de construcción en la zona de selva; c) las grandes obras producto de créditos internacionales que demandaban este tipo de estudios, etc.

El avance en las otras áreas, sólo ha surgido como reflejo de la modernización estadounidense, divulgada ésta a través de textos y de personal preparado en estudios de post-grado según la escuela americana.

El Comportamiento de Materiales

Acápite aparte merece el incipiente desarrollo sobre comportamiento mecánico de materiales. Los escasos intentos realizados siguen la línea del análisis experimental de esfuerzos, en la misma orientación que el trabajo de laboratorio de Estados Unidos para medición de deformaciones o concentración de esfuerzos.

Este deslinde pretende dejar en claro que no se demanda una repetición de trabajos de países en un estadio mayor de capitalismo, sino en la búsqueda de nuevos materiales de construcción y en la recuperación positiva de la tecnología local.

Podría pensarse que la ausencia de enseñanza y estudio de los recursos propios como nuevos elementos de construcción, estuviese compensada con el estudio y enseñanza de cemento, fierro, ladrillo, - etc. Lo cierto es que nuestras universidades se han restringido a la divulgación de las normas foráneas sin el análisis y crítica de los estudios de base. En parte esto es explicable por la alta dependencia tecnológica en la fabricación de cemento y el control que ejercitaron los grupos tradicionales de poder, propietarios de la principal planta iniciada en 1916 y única en cerca de 40 años. La universidad es así ajena por ejemplo, al análisis de precios de cemento cuya modificación mantenía visos de arbitrariedad (en 1959 subió en 2 oportunidades al igual que en 1961, y en 1967 subió hasta en tres oportunidades el mismo año), lo que dió origen en 1961 a un conflicto con los grupos de empresarios - constructores que veían afectados sus intereses.

La Universidad es igualmente ajena a la fabricación de ladrillos, mosaicos y mayólicas (por citar otros elementos de construcción), pese a que estos tipos de empresas se desarrollan alrededor del río Rimac, incluídas áreas cercanas a la UNI.

La ausencia de un trabajo universitario en estos aspectos, está encuadrada en la carencia de una preocupación por problemas integrales, el de la vivienda, por ejemplo. Esta carencia ha conducido a una labor más bien academicista, de impartir un conjunto de técnicas que en la práctica perdían su neutralidad al ponerse al servicio de quien pudiera comprarlas.

La Ilusión de Constructor

Es fuertemente sentida dentro de la población estudiantil de Ingeniería Civil la ilusión de un "trabajo independiente". Este adquiere diversas formas según la especialidad : una oficina de diseño, un laboratorio para pruebas de suelos o una compañía constructora. En el primer caso, la desilusión se da por el volumen restringido de trabajo, y cuando existe por el sometimiento a las preferencias del gremio de arquitectos que controla el diseño integral del proyecto. En el caso del laboratorio de suelos, la restricción inmediata es el monto de dinero para la adquisición de equipo o el crédito para obtenerlo, que es lo mismo. La mayoría mantiene la ilusión de la compañía constructora.

Hay dos razones que refuerzan esta preferencia. La primera, la relativa facilidad con que puede constituirse una empresa de construcción. La segunda, el aliento que brinda la vieja práctica estatal de licitaciones públicas. Dentro de este mecanismo de expectativas, el siguiente nivel es alcanzar la

categoría A que es la que reconoce la máxima capacidad de contratación. Esta es también por supuesto una antigua característica del sistema capitalista para sostenerse. Habría que pensar el significado de la escasa variación en el número de compañías constructoras en la categoría A : 29 en 1965 a 31 en 1971. Tampoco sería ocioso revisar la variación del coeficiente del monto de buena pro respecto al presupuesto base; se encontraría que este coeficiente es mucho más alto en la medida que aumenta el monto de la licitación.

Puede establecerse además que esta actitud libre-empresista del Estado respecto a la construcción, no ha favorecido un avance tecnológico propio y al contrario lo ha restringido. Ninguna compañía tiene asegurado un volumen importante de construcciones que le permita una actividad planificada limitándose por lo tanto a una práctica rutinaria. Dentro de esta naturaleza eventual del trabajo se presentan diferentes modalidades e instancias de explotación; dos de ellas son las esenciales :

a. La de sub-contratos, tanto de la obra en su totalidad como de partes especializadas de ésta. El riesgo es trasladado así a empresarios de menor cuantía.

b. El régimen de salarios de los obreros de construcción civil, cuya categorización y diferenciación de remuneraciones no impide que sean igualmente ajenos al valor no-pagado del trabajo creador que usufructan las empresas.

La Universidad reproduce y alienta este sistema de dominación interna. En parte otorgándole validez. Tal vez el contenido del curso de Costos y Presupuestos sea la mejor muestra de esta ligazón ideológica Universidad-Sistema productivo.

3. La Enseñanza de la Ingeniería Mecánica

A partir de 1903 en que aparece la Sección de Ingenieros Mecánicos-Electricistas en la Escuela de Ingenieros, la enseñanza de la Ingeniería Mecánica se desarrolla combinada con la de Ingeniería Eléctrica al parecer por ser la electricidad la forma de energía más común en el funcionamiento de equipos y maquinaria.

Con diferentes motivaciones, se pueden distinguir las modificaciones curriculares de los años 1911, 1945 y 1961. La primera de ellas es la menos significativa en términos de actualización, sucedió dentro del marco de una revisión de lo actuado en la época de Habich. A lo largo de muchos años, sin embargo, esta preparación se presenta desligada de un impulso propio en maquinaria textil, para la elaboración del azúcar o maquinaria minera que eran las líneas de actividad económica del Perú de entonces.

En los albores de la industrialización sustitutoria, la renovación curricular de 1945 aparece bajo el signo de la modernización como superación del contraste entre una enseñanza rezagada y un país en una nueva forma de dependencia. Esta línea que es propiamente la preocupación por la puesta al día en el saber técnico "per se" aparece constantemente como rasgo fundamental en la enseñanza de la ingeniería. A partir de 1961 se presenta acompañada por cursos de administración empresarial como característica de la renovación curricular de los años 60. Ya como carrera dominante en la UNI, la Ingeniería Mecánica engendró la Ingeniería de Producción como especialidad, remozando al poco tiempo la enseñanza de la Ingeniería Industrial en su versión moderna al servicio de las empresas. Curiosamente, y para designar lo mismo, se utiliza la denominación Ingeniería de Producción en Europa, e Ingeniería Industrial en Estados Unidos.

Adecuación de la Enseñanza a la realidad

La renovación curricular de 1945 estuvo unida a una campaña estudiantil tendiente a recabar la opinión de los profesionales trabajando en el campo de la Ingeniería Mecánica. Se trataba entonces de averiguar como ponerse al día, o más propiamente, en cómo cambiar la enseñanza para salvar los problemas del recién egresado en su aparición y posterior acomodo en la actividad productiva , o también en cómo ser más útil o eficiente. En esta línea la preocupación parece centrada en la comprensión parcial de la realidad para sostenerla.

Esta misma orientación se afirma renovada en el Forum sobre la enseñanza de la ingeniería Mecánica y Eléctrica de 1962, así como en su similar de 1966 en donde los conferencistas representantes de las empresas se refieren al "divorcio entre la enseñanza y la realidad".

La insistencia sobre la desconexión enseñanza-sistema productivo, aparece en general como reclamo de grupos en bandos ideológicos opuestos. Sin embargo, esta apreciación general oculta, por su nivel de abstracción, orientaciones prácticas distintas. La validez de esta desconexión no está dada, entonces, por el contenido de la enseñanza en sí sino por sus usos.

La tendencia a la divulgación de conceptos con validez universal conduce a una despreocupación por los problemas cotidianos. El aprender a sumar con rayas y círculos porque así se está ligado a la teoría de conjuntos, tiene connotación diferente al comparársele con el aprendizaje sumando aves en el campo o ladrillos en la ciudad. Sería brusca la comparación con la suma de empresas con vinculaciones externas. No lo es tanto si se contrasta la enseñanza de la probabilidad de ocurrencia de un evento utilizando un arreglo ficticio de bujías para encontrar la probabilidad de una falla, que tratar de encontrar la probabilidad de éxito de una huelga.

4. La enseñanza de la Ingeniería Industrial

En el cuadro D se presenta un listado con el nombre de los cursos para la formación del ingeniero industrial en la UNI según los programas oficiales de 1911 y 1971, en cada uno de los 5 años. Las gran

des áreas que se pueden considerar son las siguientes :

. de cursos básicos
. de Economía
. de Administración
. de Procesos Industriales

La versión de 1911 es un incipiente reflejo de los desarrollos en administración empresarial dentro del marco capitalista de la revolución industrial. En este sentido pueden entenderse la creación de la Sección de Industrias en la Escuela en 1901. La configuración curricular era sin embargo tremendamente forzada y vinculada a las áreas de Ingeniería Civil, Minas y Agronomía. Los trabajos en la línea de Taylor y Fayol no habían sido incluídos en esta versión.

La información curricular de 1971 se presenta dentro de los cánones modernos de la Ingeniería Industrial que se resumen en la divulgación de técnicas para incrementar la plusvalía relativa con el aprovechamiento intensivo de la fuerza de trabajo. En efecto, tras la presión de los grupos sindicales, el desarrollo capitalista reorientó las formas de extracción de plusvalía; del incremento de la jornada de trabajo (variante principal de la plusvalía absoluta) al mejoramiento de la eficiencia o rendimiento del trabajador o de la productividad de la mano de obra. El estudio de tiempos y movimiento y la incorporación del obrero como parte de un proceso automatizado, componen un ambiente en donde parece resultar innecesaria la figura del antiguo capataz siempre que el trabajador sepa recibir el formulario con una mano y sellarlo con la otra, o estar atento a retirar las botellas que llegan a su punto final en un proceso en línea. Esta es la dirección en que se orientan los diferentes cursos de Control de Planeamiento, Seguridad Industrial y Administración de Personal.

En el área de la enseñanza de la Economía se trata de introducir al estudiante dentro del estilo lucro - consumo que conlleva la fundamentación ideológica de que el país sigue el rumbo de los países desarrollados. Esta es la línea de los cursos de Economía y Diagnóstico de Empresas y Diseño de Proyectos que divulgan las categorías de beneficio, costo, rapidez de recuperación de capital, etc. como definitorias en la toma de decisiones. Es también la orientación de Mercadotecnia que traslada el problema de la satisfacción de necesidades al juego de la oferta y la demanda encuadrados en las técnicas de publicidad que alteran los patrones de consumo e ignoran los fundamentos de la desigual distribución de riqueza que hacen poco libre la demanda de productos. Es igualmente importante la deformación en el tratamiento de las relaciones de propiedad de los medios de producción; a través de la enseñanza de Sociología Laboral y Relaciones Humanas; el problema de clases sociales se presenta como uno de relaciones personales susceptibles de establecerse con un trato paternal o amistoso.

Dos aspectos adicionales. El primero para reconocer la labor de la Universidad como difusora de tecnología foránea. Esta encuentra su definición en los cursos de Diseño, Métodos de Manufactura, Materiales, etc. Es el esfuerzo universitario por sostener y reproducir el sistema de industrialización dependiente en el país formando los elementos técnica e ideológicamente preparados. En este marco cultiva la lealtal a la empresa y al que resultan ajenos los problemas del sector laboral y de la liberación nacional, como segundo aspecto.

El Criterio Empresarial

Es importante recalcar que la enseñanza de la Ingeniería Industrial gira alrededor del funcionamiento y desarrollo de una empresa. La diversión curricular misma en las grandes áreas ya citadas, está conformada por aspectos parciales del manejo empresarial. Esta orientación genérica y su contenido específico modelan un profesional apto para servir a los intereses de los empresarios.

Las grandes áreas de: agro-industria, industria pesquera, industria manufacturera, etc. no son tratadas como puntos de partida. Ellas podrían mostrar que los intereses nacionales se contraponen con los intereses empresariales en una sociedad en lo que el lucro es motivación importante. Aquí entran en juego el problema de la tecnología propia y la dependencia tecnológica. Esto no debe suponer de manera alguna un aislamiento del desarrollo tecnológico internacional; muchas de las necesidades primarias de nuestra población no demandan una tecnología especial pues su insatisfacción está explícitamente ligada a lo político. El pago de patentes no es ajeno a la presencia de intereses foráneos en el sector industrial.

Difícil destino de quien está descontento con su sociedad, si su preparación en Matemáticas, Química, Investigación de Operaciones, Ingeniería de Sistemas Computación Electrónica, Compartimiento de Materiales, Programación de Procesos Productivos, Técnicas de Manufactura, etc. deberá utilizarse en el diseño y manejo de una empresa orientados al máximo beneficio de la burguesía nacional o foránea.

E. Sobre la Investigación

Respecto al contenido de los proyectos de investigación es posible identificar algunas áreas :

a. En el sector agrario.- Estos trabajos se caracterizan por su fuerte corte desarrollista. La labor de las universidades en sus diferentes fundos fue siempre ajena a los requerimientos de transformación en la estructura de propiedad en el agro. Su trabajo ha estado orientado al incremento de los niveles de productividad de los factores de producción. Las diversas condiciones ecológicas en el país inducían a las universidades de provincias a trabajar sobre diferentes productos manteniendo el modelo de experimentación de la Universidad Agraria.

MONTOS PRESUPUESTADOS EN PROYECTOS DE INVESTIGACION; AREA DE INGENIERIA

Especialidad	1970	%	1971-72	%
1. Arquitectura	S/ - . -		S/ 200,000.00	0.2
2. Agronomía	42' 217,614.00	54.1	26' 968,000.00	24.0
3. Ing. Agrícola	762,000.00	1.0	2'448,000.00	2.2
4. Ing. Forestal	284,000.00	0.4	3'692,500.00	3.3
5. Ing. Sanitaria	- . -		653,600.00	0.6
6. Ing. Geológica	30,000.00	0.0	268,000.00	0.2
7. Estadística	- . -		100,000.00	0.1
8. Ing. Eléctrica	- . -		250,000.00	0.2
9. Ing. Electrónica	421,900.00	0.5	- . -	
10. Meteorología	- . -		237,700.00	0.2
11. Ing. Mecánica	400,447.00	0.5	200,000.00	0.2
12. Ing. Minas	584,126.00	0.7	3'334,800.00	3.0
13. Ing. Civil	977,051.00	1.3	3'934,000.00	3.5
14. Ing. Química	- . -		1'200,000.00	1.1
15. Ing. Pesquera	727,000.00	0.9	1'877,500.00	1.6
16. Ing. Económica	- . -		800,000.00	0.7
17. Ing. de Petróleo	- . -		200,000.00	0.2
18. Hidrología	772,291.00	1.0	440,000.00	0.3
19. Zootecnia	29' 574,077.00	38.0	64' 282,000.00	57.3
20. Ing. Controles Industriales y Electrónica	- . -		- . -	
21. Matemáticas	- . -		90,000.00	0.1
22. Ing. de Industrias Alimentarias	1'254,000.00	1.6	967,800.00	1.0
TOTAL	78' 004,506.00	100.0	112' 123,900.00	100.00

Fuente: Presupuestos de las Universidades

CUADRO G

RELACION DE CURSOS EN LA FORMACION DEL INGENIERO INDUSTRIAL (UNI)

1911. Cursos Anuales	1971. Cursos Semestrales
. Análisis Matemático . Geometría analítica y Cálculo Infinitesimal . Química Inorgánica y orgánica . Geometría descriptiva y nociones de perspectiva, sombras y estereotomía . Física aplicada . Dibujo y croquis	. Matemáticas I - II - III . Química I - II . Geometría descriptiva . Física I - II . Dibujo . Introducción a las Ciencias Sociales . Lenguaje
. Mecánica racional . Predimientos de construcción . Topografía general . Arquitectura general . Tecnología general 1/ . Economía política . Dibujo y croquis 2/ . Trabajos prácticos	. Mecánica del cuerpo rígido . Química Orgánica I . Economía general . Física III . Geología . Electivos: Elegir uno sólo de: . Ideología Contemporánea . Estadística y Probabilidades . Introducción al diseño mecánico I . Elementos de máquinas . Introducción a la ingeniería de producción . Física-Química I
. Resistencia de materiales . Hidráulica y máquinas hidráulicas . Decimasia (primer curso) . Organos de máquinas . Geología aplicada a la industria e construcciones . Economía industriel . Dibujo y croquis . Trabajos prácticos	. Resistencia de materiales . Ingeniería de métodos I -II . Materiales de fabricación I - II . Procesos y métodos de manufactura I - II . Principios y procedimientos contables . Ingeniería eléctrica . Introducción al diseño mecánico II . Estadística y probabilidades . Computación digital I
. Hidráulica agrícola . Industrias físicas (primer curso) . Construcción de máquinas y organización de talleres . Industrias químicas (primer curso) . Decimasia (segundo curso) . Electricidad (máquinas eléctricas) . Dibujo . Trabajos prácticos	. Ingeniería Eléctrica . Sociología . Diseño de experimentos . Gastos y presupuestos . Diseño y aplicación de equipos de Prod. . Termodinámica y fuerza motriz térmica . Economía Nacional . Procesos industriales . Matemáticas aplicadas . Investigación operacional I . Fenómenos de transferencia . Legislación industrial . Planeamiento y control de la Producción . Metrología y control de calidad
. Ingeniería sanitaria . Legislación civil e industrial . Trabajos prácticos . Maquinas térmicas . Industrias físicas (segundo curso) . Industrias químicas (segundo curso) . Decimasia (tercer curso) . Metalurgia . Química agrícola	. Investigación de operaciones II -III . Economía de la empresa . Diseño y Evaluación de proyectos . Mercadotecnia . Control de inventarios . Seguridad industrial . Diagnóstico de empresas . Planificación global e industrial . Administración de personal . Ingeniería de mantenimiento . Electivos

1/ Química Inorgánica (2a. parte)

2/ Perspectiva y Estereotomía

. En Lima el trabajo incluye proyectos en papa (cosecha mecanizada entre otros), mejoramiento de maíz, estudios comparativos en cereales. En ganadería hay preocupación por la eficiencia reproductiva, engorde, evaluación de razas y cruces.

. En el Norte, trabajos de fitomejoramiento en algodón, variedades más productivas de arroz, híbridos en sorgo, eficiencia en ganado de carne, etc.

. En el Sur, hay trabajos referidos a fertilización, siembra, formas de cultivo, etc. en quinua y cañihua, problemas de pastos naturales, forrajes, etc.

. En el Centro, inventario de recursos naturales, investigación en pastos, suelos, tuberosas.

. En el Oriente, problemas de nutrición y crianza de animales, cultivos alimenticios, tecnología de productos pecuarios, adaptación de búfalos de agua.

b. En la Minería

. Universidad Nacional de Ingeniería.- Del orden del 2% de su presupuesto de operación dedica a investigación la Universidad de Ingeniería. De este porcentaje (7 millones de soles para el bienio 1971-72), cerca de la cuarta parte está dedicado al campo de la minería (incluída geología y metalurgia). Tal proporción resulta significativa si se toma en cuenta la participación de Minas en la UNI. Así, entre los Departamentos de Metalurgia (9), Minería (9) y Geología (15) suman un total de 33 profesores de los 532 registrados en esta Universidad.

La motivación de los temas pareciera originarse en los Departamentos de Metalurgia y Geología. La caracterización global más importante es que los proyectos son para desarrollarse en el laboratorio más que en el campo. La ausencia de temas sobre técnicas de explotación y administración minera caracterizan también esta lista de proyectos; aparentemente se acepta como satisfactorio lo que existe en esas área en el sistema productivo real.

En pocos proyectos de ingeniería (talvez en los grandes proyectos de irrigación de usos múltiples) se da la diversidad y magnitud de las especialidades ingenieriles que las requeridas para una empresa importante minera. En las tareas globales de exploración, explotación, concentración, fundición y refinación es necesario referirse a las de topografía, seguridad, ventilación, caminos, vías férreas, maquinaria, electricidad, administración, economía, etc. que representan la concurrencia de ingenieros civiles, mecánicos, electricistas, industriales, economistas, como complementarias a los de ingenieros de minas, geólogos, metalurgistas y químicos. La posibilidad de proyectos integrales de investigación en ingeniería debería ser seriamente considerada. El estudio de lo que debería hacer el país al nacionalizar la minería, sería un tema tremendamente necesario y atractivo.

. Otras Universidades. La Universidad San Cristobal de Huamanga y la Universidad Daniel Alcides Carrión ofrecen igualmente la carrera de Ingeniero de Minas. El 23.4% y el 2.5% del presupuesto de operación respectivamente, dedican estas unidades a investigación. De este porcentaje, Huamanga destina el 8% al área de minería, escaso porcentaje derivado al parecer de la falta de equipo de laboratorio. En el caso de la universidad de Cerro de Pasco, el 67% del monto de investigación es dedicado a estudios sobre minería. Los temas de investigación son interesantes pero su título es tan general que no permite una mayor apreciación.

La Universidad Daniel Alcides Carrión con una ubicación excelente para un programa de este tipo, tiene sólo 4 profesores nombrados y 9 contratados en el Departamento de Minas y Metalurgia. Su plantel total es de 69 profesores (33 nombrados y 36 contratados). Es reducido el personal docente y reducido el número de estudiantes, lo que provoca que el monto anual por el alumno sea de 40 mil soles.

. Otros trabajos. En los últimos años, los conflictos mineros han provocado diferentes reacciones. De un lado, los problemas obrero-profesionales motivaron que los gremos de las profesiones "liberales" de médicos e ingenieros evidenciaran su ideología pretendiendo que dichos problemas sólo tienen un cariz técnico y una raíz política en la que creen ser ajenos.

Los conflictos en su totalidad han provocado formación de grupos de estudio en la Dirección General de Minería del Ministerio del Ramo respectivo, en las Universidades Agraria y la Católica, en el Instituto de Estudios Peruanos y seguramente en otras instituciones.

c. En Ingeniería Civil

El desarrollo desarticulado de la práctica ingenieril en el Perú desde la fundación de la Escuela que pretende formar al técnico de sólida base científica en la Universidad mientras el empresario contrata y ejecuta las obras públicas con tecnología (y hasta fuerza de trabajo) foránea no permitió el cultivo de investigación aplicada a la ingeniería. Todo el saber técnico de cierta envergadura (métodos de producción y formas de organización del trabajo) fue importado, muchas veces sin dejar secuela. La investigación en Ingeniería adquiere real importancia después de la Segunda Guerra Mundial con la progresiva incorporación de la ciencia y la tecnología al aparato productivo. En la ingeniería civil la conciencia de la necesidad de investigación propia no se manifestará hasta la década del 60. En esa época se crean en la UNI los Institutos de Hidráulica, Estructuras y los laboratorios de Mecánica de Suelos y de Ensayo de Materiales. Conviene aclarar que el marco legal de la época (la Ley Universitaria 13417) consagraba la tendencia profesionalizante del sistema de facultades que impedía un enfoque serio de la investigación universitaria en general.

Los intentos posteriores de institucionalizar la investigación en la Ingeniería Civil son, en el mejor de los casos, netamente seguidistas. Así, hasta los temas de investigación se originan en problemáticas ajenas, importadas, por ejemplo, por los profesores que retornan del extranjero con estudios de post-grado. Un breve examen de la lista de proyectos presupuestados de investigación en los años 1970 y 1971-1972 basta para corroborar esta aseveración :

- Cajamarca es la única Universidad de provincia con Programa de Ingeniería Civil que tiene presupuesto de investigación en esta área. Aunque la cantidad es pequeña, la motivación es importante pues incluye el estudio de materiales de la zona. Se han incluído también ensayos de vigas de concreto armado en la misma líneas de experimentación de la UNI.
- La Universidad de Ingeniería presenta un conjunto informe de proyectos dentro de una práctica científica alejada de los problemas nacionales. Es una lista de esfuerzos personales para estar en el rumbo del gremio científico internacional. Entre los proyectos: optimización en estructuras metálicas, comportamiento dinámico de arcillas, mecánica del medio contínuo aplicada a la biomecánica, parámetros viscoelásticos en tejidos humanos, técnicas del CPM-PERT. están ausentes los problemas de edificaciones populares para vivienda, de participación del sector laboral, de seguridad de taludes o aplicaciones de técnicas importadas a problemas propios.

Sin embargo la Ley Universitaria (DL 17437) había planteado el papel preponderante de la investigación y su decisiva importancia en la calidad de la enseñanza. Allí se consagra como profesor universitario ideal al docente-investigador. Formalmente se exalta la investigación universitaria, pero en la práctica, la preponderancia real en la Universidad de lo administrativo esteriliza todo esfuerzo creador.

La nueva organización por disciplinas científicas y técnicas que se cultivan en los departamentos pierde toda eficacia al tratar de apolitizar la práctica académica, separándola de la preocupación por la tarea de la Universidad como conjunto.

d. Apreciación General

A diferencia de la investigación en las áreas básicas (física, química, biología), la investigación en ingeniería requiere para ser realmente pertinente un notable esfuerzo interdisciplinario para definir los problemas y temas de investigación. Inclusive el instrumental teórico-práctico y la organización social para llevar a cabo la investigación se definen de acuerdo a los problemas. En las disciplinas básicas, en cambio, existe una organización física y social del trabajo científico relativamente estable que caracteriza la disciplina. La especificidad de la investigación en ingeniería pareciera residir entonces en el énfasis en el planteamiento de los problemas en términos de sub-problemas que pueden resolverse a nivel de las disciplinas básicas e ingenierías y en la organización de las soluciones así obtenidas en diseños viables como respuesta a los problemas planteados. De aquí se puede concluír que :

(1) La investigación en ingeniería comprende como etapas más importantes la problematización de las necesidades humanas y la aplicación social de las soluciones a los problemas planteados en la forma de diseños viables, físicos y socialmente. Este hecho resalta la necesidad de un enfoque interdisciplinario del trabajo científico y una organización orientada a la solución de problemas concretos en vez de una organización por disciplinas científicas técnicas.

(2) Para ser efectiva y útil la investigación en ingeniería requiere una organización social más amplia que en el caso de la investigación en disciplinas básicas. Se trata en este caso de coordinar la labor de grupos de investigación en distintas disciplinas con estilos diferentes de trabajo no sólo de especialistas de una misma disciplina.

Las implicancias políticas son claras :

(a) Renunciar a la problematización de las necesidades de la población con una clara orientación ideológica y en función de los intereses concretos de la mayoría significa orientar la investigación de acuerdo a las alternativas dominantes vigentes. El ingeniero que concebía Habich para el Perú es el resultado de esa renuncia. Pero entre la alternativa europea del ingeniero de sólida formación científica y técnica y la alternativa norteamericana del ingeniero empresario, en la práctica se ha impuesto la última. Es la derrota clara y no casual del ingeniero apolítico de Habich que pone su saber técnico al servicio del Estado sin cuestionar su naturaleza de instrumento de la élite dominante. Todavía en 1924 el sucesor de Habich en la Dirección de la Escuela de Ingeniería, Michel Fort, sostiene que "Los principios ideológicos no pueden tener aplicación en los estudios que están basados en la ciencia pura y en sus aplicaciones". Aún hoy existen defensores de esta tesis basándose en una pretendida naturalidad ideológica de la ciencia y la tecnología.

(b) Es cada vez más evidente la importancia de la ciencia y la tecnología como elemento de dominación en el proceso de desarrollo del capitalismo mundial particularmente en la etapa del imperialismo. La incorporación irrestricta de la tecnología al sistema productivo nacional en la forma de tipos de organización social de la producción y pautas de consumo produce

desarticulaciones que contribuyen a reforzar la dependencia respecto a los grupos o países hegemónicos.

(c) La investigación en la ingeniería como instancia de desarrollo de la tecnología nacional no puede plantearse al margen de un proyecto nacional. Este implica un estilo de desarrollo social cuya asignación de prioridades en la solución de los problemas nacionales incluye, implícitas o explícitas las prioridades correspondientes a los temas de investigación científica y tecnológica. Ahora bien, la determinación de las prioridades de las acciones que integran un proyecto nacional es un proceso político y por tanto, se hace claro que los investigadores no deben sustraerse de discutir la integración de su propia actividad en la formulación y realización del proyecto nacional, so pena de convertirse en instrumentadores de un proyecto ajeno a los reales intereses del país.

(d) Existe una estrecha correspondencia entre el estilo de desarrollo social adoptado y el estilo de práctica científica y tecnológica. Por tanto la opción por un proyecto nacional que propugna un estilo de desarrollo social autónomo implica la necesidad de desarrollar un estilo científico y tecnológico autónomo, que integre en forma consciente la ciencia y tecnología desarrolladas en otras latitudes. Y se trata de hacerlo en la solución de los problemas nacionales concretos. La tarea es doble; por un lado, la crítica implacable del estilo vigente y por otro, la construcción del nuevo estilo de práctica científica y tecnológica. Tarea ardua por cuanto implica un enorme esfuerzo de tecnología social, en buena cuenta, la organización de un movimiento político en el interior de la práctica científica.

F. Aspectos Financieros

La característica global es la diversidad de costos aún dentro de cada especialidad. Esta situación no es exclusiva de Ingeniería, es general en todos los aspectos de la Universidad Peruana. Se refleja incluso la relativa precariedad en que se desenvuelven las universidades San Luis Gonzaga de Ica y Técnica del Callao así como la situación privilegiada que tiene la Universidad Agraria dentro del Sistema Universitario.

Dentro de esta diversidad, el área de Tecnología y Ciencias Agrícolas mantiene una relativa uniformidad expresada tanto en los mayores montos respecto a otras áreas, como en los costos entre las diferentes universidades. Esto es explicable si se toma en cuenta que las nuevas universidades de provincias se crearon tomando como base la Facultad o Programa de Agronomía y que éste adquirió el carácter de dominante al ofertarse otras carreras.

En las otras áreas la situación diferencial universidades capitalinas-universidades de provincias, con claro perjuicio de estas últimas, es sólo alterada por situaciones especiales, como el escaso número de alumnos en Minas en la Universidad de Cerro de Pasco, por ejemplo, cosa que se está corrigiendo en los últimos años de la década del setenta.

G. Los Egresados en Ingeniería

En la Tabla N° 10 se presenta la evolución (en totales y porcentual) de los egresados de la UNI desde su creación como Escuela hasta 1966. La información permitiría por si sola establecer la historia de esta institución conforme ha sido discutida en la primera parte de este documento. En efecto, la distribución porcentual conduce a las siguientes observaciones :

- Hasta 1907, el mayor volumen anual relativo de egresados corresponde a los Ingenieros de Minas.
- A partir de 1908 y más sensiblemente a partir de 1923, este mayor volumen anual relativo corresponde a los Ingenieros Civiles.
- Desde 1964, esta característica se traslada a los ingenieros mecanícos.
- En los últimos años indicados en esta tabla, es también posible observar un incremento anual importante en el número de egresados en Ingeniería Industrial que presagiaría la nueva carrera dominante en la UNI.

Una información complementaria significativa se refiere a la agremiación de los profesionales a través del Colegio de Ingenieros del Perú. Esta agrupación es la encargada de defender los derechos de una élite titulada y desgraciadamente con poco éxito en contra de consultores extranjeros en los casos de créditos extranjeros e internacionales condicionados. En la tabla N° 11 se presenta una distribución de los ingenieros colegiados al 31 de enero de 1972. El principal volumen se reparte en los Capítulos de Civiles y Agrónomos, y como es usual, un alto porcentaje (algo menos del 80%) corresponde a Lima.

Existe escasa información sobre la ubicación ocupacional de los profesionales.

INGENIERIA EN EL MUNDO PRESENTE Y FUTURO

Hace un cuarto siglo definimos la Ingeniería como ciencia y como arte. La Ciencia para controlar las fuerzas y utilizar los materiales de la Naturaleza para el beneficio del hombre, y el arte de organizar y dirigir las actividades humanas con dicho fin. En el trasfondo de esta definición existen ideas y factores claves : a) energía, materiales, hombres; b) control, organización, dirección que tambien pueden expresarse así : a) materiales, estructuras, máquinas; b) energía, procesos unitarios, aproximación.

En la década del 50 la EUSEC (Conferencia de las Sociedades de Ingeniería de Europa Occidental y EE.UU.) adoptó la siguiente definición para el inge-

TABLA N° 10

NUMERO Y PORCENTAJE DE EGRESADOS DE LA U.N.I. POR AÑO Y ESPECIALIDAD

Año	Minas		Civil		Mecánica Eléctrica		Arquitectura		Industrial		Sanitaria		Petróleo		Urbanismo		Inst. de Planeamiento		Total (100%)
1879	2	50%	2	50%															4
1881	2		3																5
1882	-		3																3
1884	-		2																2
1886	5	100.	-																5
1887	6	100.	-																6
1888	5	100.	-																5
1889	12	100.	-																12
1890	4	100.	-																4
1891	2	100.	-																2
1892	5	100.	-																5
1893	7	77.8	2	22.2															9
1894	8	88.9	1	11.1															9
1895	2	66.7	1	33.3															3
1896	-	-	4	100.															4
1897	5	71.4	2	28.6															7
1898	8	88.9	1	11.1															9
1899	12	80.0	3	20.0															15
1900	4	57.1	3	42.9															7
1901	8	66.7	4	33.3															12
1902	10	91.0	1	9.0															11
1903	9	64.3	-	-					5	35.7%									14
1904	5	55.6	3	33.3					1	11.1									9
1905	7	58.3	3	25.0					2	16.7									12
1906	17	89.5	2	10.5					-										19
1907	13	65.0	4	20.0					3	15.0									20
1908	11	39.3	17	60.7					-										28
1909	9	34.6	17	65.4					-										26
1910	13	46.4	14	50.0					1	3.6									28
1911	11	61.0	7	39.0															18
1912	3	20.0	12	80.0															15
1913	5	55.6	4	44.4															9
1914	10	40.0	13	52.0			2	8.0%											25
1915	12	40.0	13	43.3	2	6.7%	3	10.0											30
1916	11	47.8	9	39.0	1	4.4	1	4.4	1	4.4									23
1917	16	51.6	8	25.8	6	19.4	1	3.2											31
1918	8	34.8	8	34.8	3	13.0	4	17.4											23
1919	6	26.1	13	56.5	-		2	8.7	2	8.7									23
1920	9	40.9	8	36.4	4	18.2	1	4.5											22
1921	6	40.8	4	26.7	3	20.0	2	13.3											15
1922	14	58.3	7	29.2	1	4.2	2	8.3											24
1923	11	33.4	14	42.4	3	9.1	4	12.1	1	3.0									33
1924	5	31.2	10	62.5	1	6.3	-		-										16
1925	8	30.8	14	53.8	2	7.7	-		2	7.7									26
1926	6	22.2	17	63.0	3	11.1	1	3.7											27
1927	9	22.5	26	65.0	5	12.5	-		-										40
1928	7	14.5	37	77.1	3	6.3	1	2.1											48
1929	10	13.9	50	69.4	11	15.3	-		1	1.4									72
1930	7	10.0	57	81.4	3	4.3	3	4.3	-										70
1932	4	9.1	33	75.0	1	2.3	6	13.5											44
1933	1	2.6	31	79.5	1	2.6	6	15.3											39
1934	7	14.3	36	73.5	1	2.0	5	10.2											49
1935	3	5.5	52	94.5	-		-		-										55
1936	4	7.3	45	81.8	1	1.8	5	9.1											55
1937	8	19.5	22	53.7	2	4.9	6	14.6	3	7.3									41
1938	2	9.5	10	47.6	2	9.5	1	4.8	6	28.6									21
1939	9	40.9	9	40.9	1	4.5	2	9.2	1	4.5									22
1940	6	25.0	9	37.5	3	12.5	5	20.8	1	4.2									24
1941	10	29.4	10	29.4	3	8.8	5	14.8	6	17.6									34
1942	12	28.6	14	33.3	7	16.7	3	7.1	6	14.3									42
1943	9	17.3	21	40.4	7	13.5	2	3.8	8	15.4	5	9.6%							52
1944	13	24.1	18	33.3	7	13.0	8	14.8	6	11.1	2	3.7							54
1945	7	12.3	24	42.1	8	14.0	8	14.0	5	8.8	5	8.8							57
1946	14	16.1	37	42.5	9	10.3	10	11.5	11	12.6	6	7.0							87
1947	11	10.9	49	48.5	9	8.9	11	10.9	15	14.8	6	6.0							101
1948	11	7.1	79	50.6	18	11.5	18	11.5	20	12.8	6	3.9	4	2.6%					156
1949	15	7.4	73	36.3	33	16.4	22	10.9	26	13.0	6	4.0	24	12.0					201
1950	21	9.3	102	44.9	39	17.2	24	10.6	22	9.7	12	5.3	7	3.0					228
1951	13	7.2	85	47.5	41	23.0	15	8.4	8	4.5	5	2.7	12	6.7					179
1952	21	10.0	92	43.8	42	20.0	25	11.9	12	5.7	6	2.9	12	5.7					210
1953	14	7.6	85	46.4	47	25.7	21	11.5	9	5.0	4	2.2	3	1.6					183
1954	16	8.0	107	52.2	45	22.0	15	7.4	10	5.0	5	2.4	6	3.5					205
1955	20	9.0	110	51.5	41	18.2	25	11.1	9	4.0	6	2.7	8	3.5					226
1956	14	7.3	92	48.2	28	14.7	25	13.1	3	1.6	5	2.6	11	5.7	13	6.8%			191
1957	22	11.0	92	46.0	32	16.0	20	10.0	7	3.5	8	4.0	9	4.5	10	5.0			200
1958	27	12.0	103	45.6	49	21.7	19	8.4	3	1.3	6	2.6	10	4.4	9	4.0			226
1959	31	10.7	130	45.3	49	17.1	40	14.0	11	3.8	9	3.1	14	5.0	3	1.0			287
1960	41	10.6	172	44.4	75	19.4	18	4.6	16	4.1	18	4.6	18	4.6	30	7.7			388
1961	39	7.8	237	48.3	97	19.8	44	9.0	16	3.3	25	5.1	14	2.8	19	3.9			491
1962	37	9.2	185	45.6	96	23.6	14	3.4	24	6.0	32	8.0	17	4.2	-				405
1963	42	7.8	190	35.6	148	27.8	36	6.8	56	10.5	19	3.6	20	3.8	-		22	4.1%	533
1964	32	6.2	144	27.9	196	37.9	19	3.7	57	11.0	24	4.6	13	2.5	-		32	6.2	517
1965	35	5.7	206	33.8	239	39.2	13	2.1	57	9.3	23	3.8	14	2.3	-		23	3.8	610
1966	48	8.2	150	25.6	194	33.2	13	2.2	102	17.4	25	4.3	28	4.8	-		25	4.3	585

Fuente: Memoria Anual del Rector de la U.N.I. 1966

niero profesional : es competente en virtud de su - educación fundamental y entrenamiento para aplicar el método científico al análisis y solución de los problemas de ingeniería. El es capaz de asumir responsabilidad personal para el desarrollo y aplicación de la ciencia y conocimiento de la ingeniería fundamentalmente en investigación, diseño - construcción, manufactura, supervisión, dirección y educación del ingeniero. Su trabajo es fundamentalmente intelectual y variado, no de rutina mental o de carácter físico. Requiere el ejercicio del pensamiento, juicio original y la habilidad para supervigilar el trabajo técnico y administrativo de otros.

Gordon S. Brown, del M.I.T. observa estas - definiciones señalando que falta énfasis en la competencia científica o en las calificaciones que deben estimular a la Ingeniería a irrumpir en los campos que están emergiendo por causa de los nuevos descubrimientos científicos. La definición no cubre a aquél a quien se pueda llamar ingeniero científico, el que realiza el papel creador.

Capacidad de creación y de invención deben ser características dominantes del ingeniero que practica el arte de organizar las fuerzas para el cambio tecnológico, este aspecto no se menciona claramente en las definiciones mencionadas antes.

En los últimos tiempos la ingeniería se ha visto confrontada ante dos posiciones aparentemente- contradictorias, pero en el fondo conciliables. Una de ellas es la que sostiene que la ingeniería se ha especializado demasiado y que cada vez se subdivide en partes más pequeñas, más circunscritas. La otra posición expresa un sentido unitario sobre la ingeniería, indicando que ella es, en realidad, ciencia aplicada.

Las dos posiciones, siendo interesantes, son incompletas : no dan a la ingeniería su verdadera- fisonomía.

Al lado de las ingenierías clásicas : civil, de minas, mecánica, eléctrica, comenzaron a aparecer otras : química, industrial, de petróleo, sanitaria, aeronáutica, etc.; y, en los tiempos recientes : de materiales, nuclear, de computación oceánica, biomédica, etc. Esta proliferación de ingenierías ha sido la razón aparente para los que sostienen la primera tesis : la cada vez más creciente especialización de la ingeniería.

Esta diversidad de ingenierías, se debe a la combinación de ambientes y tareas; entre los ambientes tenemos: ambiente de la tierra (ingeniería de minas), ambiente de una fábrica (ingeniero industrial), ambiente de los circuitos eléctricos (ingeniero electricista), ambiente de la energía mecánica (ingeniero mecánico), ambiente del núcleo atómico (ingeniero nuclear) ambiente de la ciudad (ingeniero urbanista), en cuanto a tareas tenemos: diseño, construcción, operación, procesos, y así tenemos ingenieros estructurales, ingenieros constructores, ingenieros operadores, ingenieros de procesos, etc. Y cabe combinar el ambiente con el tipo de tareas y surgen nuevos tipos de ingenieros.

Lo descrito anteriormente no justifica la primera tesis; lo que sucede realmente es que la ingeniería con sus métodos, sus procedimientos, sus instrumentos, sus técnicas, sus planteamientos, está abarcando nuevos campos, nuevos ambientes; los cuales para ser investigados, operados o para progresar, necesitan de la ingeniería; así ha nacido- la ingeniería aeronáutica, la ingeniería nuclear, la bioingeniería, la ingeniería oceanográfica, la ingeniería geodésica, la ingeniería de satélites, y nacerán otros más en el futuro (ingeniería genética, etc.).

En contra de la tesis de la especialización, surge la posición unitaria, la que conduce al planteamiento de que la Ingeniería no es otra cosa que - Ciencia Aplicada; si bien esta tesis tiene algo de cierto, tampoco es una definición exacta de la Ingeniería, pues, si así fuera, todas las profesiones científicas serían una sola (médicos, ingenieros, agrónomos, etc). En verdad, la ingeniería es ciencia aplicada, sujeta a un ambiente dado, para satisfacer una necesidad, en un tiempo determinado, fundamentalmente es la respuesta a una necesidad humana y, por tanto, sigue siendo válido lo que expresó J.C.L. Fish, de la Universidad de Stanford, hace 50 años, al mencionar la secuencia de las fases fundamentales de todo proyecto de ingeniería:

1.- Concepción de una necesidad humana
2.- Investigación, análisis y planeamiento de un proyecto para la satisfacción de aquella necedad.
3.- Evaluación del proyecto,
4.- Organización y promoción del proyecto
5.- Diseño del mecanismo para llevar a cabo el proyecto
6.- Construcción del mecanismo
7.- Operación del mecanismo
8.- Mantenimiento e Inspección del mecanismo
9.- Venta y distribución del producto

Y es aquí donde encontramos lo que unifica a la Ingeniería cualquiera que sea el ambiente o la labor por realizar: el proyecto de ingeniería, la- estructura de ingeniería o el sistema de ingeniería; vale decir, la combinación de los medios que requieren conocimiento de ingeniería para satisfacer una necesidad, sujeta a un plan común, o al servicio de un objetivo común.

Un sistema de transporte, una planta de agua potable, un sistema de telecomunicaciones, una explotación minera, etc. son otros tantos ejemplos- de un sistema o estructura de ingeniería. Así llegamos a la conclusión de que la Ingeniería es la diversidad dentro de la unidad; la diversidad son los ambientes y la unidad son los sistemas o las estructuras.

La Ingeniería se sustenta y se alimenta de la ciencia, utiliza diferentes técnicas y se integra en una profesión. La profesión significa una estructuración orgánica en los aspectos económico y social que se caracteriza por un trabajo especializa

do con conocimiento clasificado, vocabulario común, normas reconocidas y un código de ética.

La ingeniería se sitúa entre la ciencia y la administración. Nació para integrar la ciencia con la práctica. En la actualidad es el puente entre la ciencia y la administración y, junto con éstos, lleva a un País al progreso tecnológico adecuado.

La Revolución científica y tecnológica encarnada en la ingeniería moderna coloca a la educación ante nuevas responsabilidades, que aún no han podido ser experimentadas; constituye un reto apasionante para los educadores.

Lord Bowden, en 1965, expuso en Cambridge: "Nosotros no podemos predecir el futuro social, económico o técnico; si una cosa es cierta, es que él cambiará más allá de nuestra imaginación, si ésto es así, el papel de los educadores debe ser no tanto formar un cuerpo de conocimientos, sino más bien una estructura de conocimientos humanos, científicos, técnicos, modos de pensar y actitudes hacia el cambio.

El objeto debe ser ayudar a la gente joven a que se convierta en resolvedor de sus problemas, la mayor parte de los cuales no podemos preveer, antes que estemos encontrando soluciones a los propios nuestros.

Para forzar la creatividad en ingeniería, nuestro curso debe tener como objetivo estimular un máximo de pensamiento más bien que tener al estudiante permanentemente ocupado y que tenga poco tiempo para pensar independientemente.

Hablando en términos generales, el curriculum de ingeniería comienza con matemáticas, física y química; la moderna ingeniería no puede existir sin la ciencia, y se vuelve así esencial comprender los principios fundamentales de la ingeniería a través del conocimiento de las ciencias matemáticas, físicas y químicas; las grandes acciones de la ingeniería moderna hubieran sido imposibles sin el conocimiento y dominio de las ciencias básicas.

"Debe sin embargo remarcarse que aunque la ingeniería y la ciencia pura están interrelacionadas no son la misma cosa. Los objetivos de la ciencia pura son facilitar la descripción y comprensión de la naturaleza. Los objetivos de la ingeniería son satisfacer una necesidad humana.
El ingeniero necesita conocer para hacer, mientras que el científico necesita conocer sólo por conocer".

En 1957 el profesor Baker del departamento de ingeniería de la Universidad de Cambridge manifestó que la ingeniería toma lugar en el ambiente social y económico de la industria y que parecería deseable introducir a los estudiantes en el cuerpo creciente de conocimientos relacionados con dicho ambiente.

Manifestaciones semejantes a la anterior se hicieron en el Imperial College of Science and Technology de Londres en el mismo año.

Se iba abriendo paso la concepción que el ingeniero no sólo debía recibir conocimientos y entrenamiento científico y tecnológico, sino también preparación en ciencias sociales (Economía, Sociología, Gestión, etc.) y Humanidades. I así llegamos a la conclusión que el currículum del ingeniero debe comprender - ciencias básicas (matemáticas, física, química) - ciencias de la ingeniería (mecánica, de sólidos y líquidos, termodinámica, ciencia de materiales, etc), tecnología (según las especialidades), ciencias sociales y humanidades. El problema a resolver es dosificar estas disciplinas dentro del plan de 4-5 años de los estudios. Y dentro del currículum del ingeniero, como labor integradora, está el diseño.

De acuerdo a Alger y Hays ingenieros de la General Electric Co., la labor de ingeniería consiste en realizar el diseño completo de un producto o un servicio; normalmente pueden concebirse muchos diseños para ejercitar una función dada y se requiere algún método para llegar a la mejor solución para cada caso, este método se conoce como proceso de diseño : La tecnología, el acopio de conocimientos de ingeniería, está caminando a un paso acelerado, ¿significa ésto que el trabajo del ingeniero cambiará? ciertamente cambiará. Ha cambiado. Sin embargo, la teoría del diseño, el proceso del diseño y la innovación mismas permanecerán fundamentales e invariables, cambiando solamente las condiciones de su aplicación.

Esta es una razón de la importancia de la teoría del diseño en ingeniería. En sólo cien años, los ingenieros han progresado, de la ingeniería civil rudimentaria a la ingeniería mecánica y eléctrica, a la ingeniería nuclear. Ahora hay ingeniería médica, electrónica y biológica.

Otra gran influencia está principiando en el trabajo de ingeniería : la automatización, la cual ha llegado al diseño de ingeniería.

En el futuro, ¿que podemos esperar? parece razonable que las tareas de un procedimiento, como el diseño de máquinas y la rutina de la toma de decisiones será ejecutada por autómatas. La ingeniería del futuro será más compleja e imaginativa. Las nuevas fronteras estarán en los materiales, y su aplicación, en la ingeniería de equipo biológico y médico, en la ingeniería para la vida en el espacio y en la ingeniería cultural. La ingeniería del futuro, indudablemente, será diferente de la actual. El ingeniero se irá convirtiendo en un ciudadano educado cada vez más científica y culturalmente, dedicado a mejorar la vida humana en el universo.

De acuerdo a Courtland D. Perkins, presidente de la Academia Nacional de ingeniería de Washington, el papel del ingeniero en el mundo de hoy se ha vuelto más complejo; no sólo debe ser capaz para tratar con científicos e ideas científicas cuando desarrollan nuevas tecnologías, sino que deben además estar preparados en los problemas relacionados con el impacto del nuevo concepto en la sociedad.

Anteriormente se suponía que todo nuevo concepto científico y tecnológico sería absorbido prove-

chosamente por la sociedad, actualmente este asunte es discutido y controvertido. Los problemas de la contaminación, del agotamiento de los recursos naturales, del crecimiento de la población y otros más se vuelven cada vez más inquietantes y es un reto para la ingeniería de hoy y del futuro.

Una de las consecuencias sociales más importantes del cambio científico y tecnológico se dá en la educación del ingeniero, el cual debe ser permeable al amplio y variado espectro del conocimiento, a sus posibles aplicaciones y peligros para la sociedad que se trata de servir, lo cual obliga a la enseñanza permanente.

La enseñanza de la ingeniería y la formación de ingenieros para el futuro se vuelve cada vez más compleja; se reconoce que la ingeniería es una profesión multidisciplinaria, integrada por matemáticas, ciencias naturales, ciencias de la ingeniería, tecnología, ciencias sociales, ciencias humanas, y el dominio del diseño. Aquella multidisciplinariedad nos lleva al currículum integral y a nuevas pedagogías, que significan que se aprende : estudiando, investigando, enseñando, creando, trabajando y viviendo comunitariamente.

No hay duda que es necesario repensar la política de formación profesional del ingeniero e integrarla en el contexto geográfico, histórico, social, económico, cultural y tecnológico de cada país y de la región.

En el futuro, nuestros países requerirán cada vez más de los ingenieros y estamos seguros que ellos aceptarán el reto y saldrán victoriosos de la prueba.

Si bien la fase neotécnica de nuestra civilización tecnológica ha significado un importantísimo progreso respecto de la fase paleotécnica, es también cierto que ella ha elevado a los países desarrollados a una sociedad consumista, de despilfarro, con objetivos prácticamente pecuniarios, y los países en desarrollo o subdesarrollados se han seguido debatiendo en la inestabilidad social, en la penuria económica y en el caos político.

La ingeniería del futuro tiene que estructurarse para contribuir a formar una sociedad para la vida, una sociedad para el hombre y no una sociedad para el consumo. Y para ello la enseñanza de la ingeniería tiene que organizarse, en cantidad, en calidad, en esencia, en estilo, en filosofía, para esta nueva tarea, para esta grande y noble tarea.

Se requiere un currículum integral (el autor tiene un trabajo dedicado a este tópico) que reuna el espectro desde la ciencia pura hasta las tecnologías sociales (Matemáticas, Ciencias Naturales, Ciencias de la Ingeniería, Tecnologías Físicas, Ciencias Sociales, Ciencias Humanas, Diseño) dentro de una formación profesional multidisciplinaria, en un régimen de educación permanente (que incluya investigación y post-grado y a base de una Pedagogía moderna que incluye, paralela e integralmente, estudiar, investigar, enseñar, trabajar, crear y vivir comunitariamente. Y todo ésto dentro del contexto social, económico, político de cada país, de cada grupo de países, de nuestra América Latina que tanto espera de una nueva ingeniería humana y social al servicio de la humanidad.

Oficina de RR.PP. e Información