

## PREVISION DE LAS NECESIDADES Y DISPONIBILIDADES DE INGENIEROS EN CHILE

por JORGE MARDONES A. y MARIO PRADO

Centro de Planeamiento, U. de Ch.

### A. Introducción

Una de las líneas de investigación del Centro de Planeamiento es el estudio de las relaciones existentes entre la economía y la tecnología, principalmente en lo que se refiere a la incidencia del conocimiento científico y tecnológico en el desarrollo económico. Dentro de este propósito, una de las primeras materias que han sido tratadas es el análisis de las necesidades y disponibilidades de ingenieros y técnicos en el país. Entre los resultados de estos estudios merecen mencionarse los trabajos acerca de la enseñanza de la ingeniería, presentados por el Centro de Planeamiento al Congreso de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros en 1960, que incluye un estudio cuantitativo sobre la formación de ingenieros en el país<sup>1</sup>. Paralelamente, el Centro inició una investigación destinada a conocer la estructura de la ocupación de personal técnico en las actividades productivas

y a establecer un modelo que permitiera predecir la ocupación futura de estos profesionales, basándose en el crecimiento tecnológico, económico y demográfico. Las conclusiones a que se llegó para el caso de la industria fueron publicadas en 1962<sup>2</sup>.

En el presente trabajo se realiza una previsión de los requerimientos futuros de ingenieros en el conjunto del país y una estimación de la promoción futura de estos profesionales, basada en las posibilidades de nuestro sistema universitario.

### B. Previsión de las necesidades de ingenieros en el periodo 1961-70

La ocupación futura de ingenieros en el conjunto de las actividades nacionales, puede estimarse suponiendo que la relación  $E$ , entre la ocupación de ingenieros y la ocupación total, es una función de la productividad de la mano de obra<sup>3</sup>. Esta relación es del tipo:

$$(1) \quad E = \frac{I}{N} = k \left( \frac{P}{N} \right)^\alpha$$

$I$  = número de ingenieros ocupados.  
 $N$  = población activa.  
 $P$  = producto geográfico bruto.  
 $k$  y  $\alpha$  = constantes.

Transformando esta relación en una que considere las tasas de crecimiento de ambas variables, se obtiene:

$$(2) \quad s = \alpha r \quad \begin{array}{l} s = \text{tasa de crecimiento de } E \\ r = \text{tasa de crecimiento de la productividad.} \end{array}$$

Como se tiene que:

$$\begin{array}{l} (3) \quad s = i - q \quad i = \text{tasa de crecimiento de } I \\ \text{y } (4) \quad r = g - q \quad q = \text{tasa de crecimiento de } N \\ \quad \quad \quad g = \text{tasa de crecimiento de } P. \end{array}$$

la ecuación anterior se transforma en:

$$\begin{array}{l} (5) \quad i - q = \alpha (g - q) \\ \text{y } (6) \quad i = \alpha g + (1 - \alpha) q \end{array}$$

No existe información estadística en Chile que permita establecer el valor del coeficiente  $\alpha$ , pues no se dispone de cifras fidedignas acerca de los ingenieros activos en un período prolongado. Sin embargo, es posible obtener el valor de  $\alpha$  de otro país que disponga de

<sup>1</sup>Mardones A., Jorge. *Desarrollo de la Formación de Ingenieros en la Universidad de Chile y el País*, Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, p. 17, 1960.

<sup>2</sup>Mardones A., Jorge. *Estudio sobre el Empleo de Personal Técnico en la Industria Manufacturera*, Edición poligráfica del Centro de Planeamiento, Universidad de Chile, 1962.  
 Cuevas L., Jorge y Mardones A., Jorge. *La ocupación de Ingenieros en la Industria Manufacturera Nacional*, Centro de Planeamiento, Universidad de Chile.

<sup>3</sup>Para un mayor estudio de esta relación ver: Mardones A., Jorge.

estadísticas durante un período suficientemente largo. En este caso se tomarán como base los datos correspondientes a los EE. UU., país que ha publicado información utilizable para este fin, que corresponde a un período de alrededor de 50 años. El valor de la tasa de crecimiento  $s$  de la relación  $E$  ha sido calculada por Blank y Stigler<sup>4</sup> para el período 1890-1960, obteniendo un valor de 3,5%. Por otra parte, el Informe Económico del Presidente de EE. UU.<sup>5</sup>, da para la tasa  $r$  de la productividad, un valor de 2,4% para el período 1909-60.

A través de la relación anterior se obtiene para el coeficiente  $\alpha$  en EE. UU. el valor de 1,46, valor que utilizaremos en este estudio para estimar  $i$  en el período 1961-70 en Chile.

El valor de la tasa  $g$  de crecimiento del producto geográfico bruto, de acuerdo con el Programa Nacional de Desarrollo Económico de la CORFO para el período 1961-70<sup>6</sup>, sería de 5,5% acumulativo anual.

El valor de la tasa  $q$  en el período 1961-70 sería de 2,2% acumulativo anual, calculada de acuerdo con la previsión del Centro Latinoamericano de Demografía<sup>7</sup>, que establece un aumento de la población activa de 2.775.500 en 1960 a 3.456.000 personas en 1970. Aplicando estos valores a la ecuación (6), se obtiene:

$$i = 1,46 \times 0,035 - 0,46 \times 0,022 = 0,07$$

y por lo tanto, usando la fórmula de crecimiento exponencial, el número de ingenieros activos en 1970 estaría dado por la relación:

$$\frac{I_{70}}{I_{60}} = 0,07 \cdot t = 0,07 \cdot 10 = 2$$

Como se observa,  $I_{70}$  debería ser el doble del número de ingenieros existentes en 1960.

El número de ingenieros activos en 1960 se puede estimar considerando el total de los ingenieros egresados de las universidades chilenas y de las Fuerzas Armadas, desde 1930 a 1959, suponiendo que la vida activa profesional media es de 30 años. De acuerdo con los antecedentes de que disponemos, esta cifra es aproximadamente de 4.150 ingenieros (el total de ingenieros egresados de las universidades ha sido 3.600 y el de las

Fuerzas Armadas 550). A este valor habría que agregar el de los ingenieros que han realizado estudios en el extranjero. Tomando como muestra representativa del total de ingenieros activos aquellos registrados en el Colegio de Ingenieros<sup>8</sup>, resulta que por cada 100 profesionales con educación en Chile, existen 12 que han realizado sus estudios en el extranjero. Aplicando esta proporción se obtiene una cifra de 500 ingenieros activos más.

De acuerdo con estos supuestos, en 1960 habrían existido un total de 4.650 ingenieros activos, y aplicando la relación establecida anteriormente, en 1970 deberían existir un total de 9.300, si la tasa de crecimiento del producto fuera de 5,5% anual y la de crecimiento de la población activa de 2,2%.

Ahora bien, si suponemos que el producto seguirá creciendo en el período 1961-70 solamente con la tasa de crecimiento histórica, que es de 3,6%, se obtiene un valor para  $i$  de 0,04  $eI_{60} = 1,5 \cdot I_{60}$  lo que conduce a que en 1970 deberían existir 6.975 ingenieros activos, es decir, un total de 2.325 nuevos ingenieros.

#### C Previsión de la formación de ingenieros en el período 1960-69

Actualmente se dispone de las cifras correspondientes al número de ingenieros egresados<sup>9</sup> en los años 1960-62. Para estimar el número de ingenieros que egresarán en los años siguientes, se tomará como referencia las tasas de supervivencia media en las escuelas de ingeniería de cada universidad, basadas en las relaciones entre el número de egresados en un año y la matrícula del primer año correspondiente al año calendario en que inició sus estudios esa promoción, es decir:

$$(7) s_i = \frac{E_i}{M_{i-5}} \quad \begin{array}{l} E_i = \text{ingenieros egresados en el} \\ \text{año } i. \\ M_{i-5} = \text{matrícula del primer año} \\ \text{en el año } i-5, \text{ si el plan de} \\ \text{estudios tiene 6 años.} \end{array}$$

$s_i$  = tasa de supervivencia para el año  $i$ .

$$(8) \bar{s} = \frac{\sum s_i}{n} \quad \begin{array}{l} \bar{s} = \text{tasa de supervivencia pro-} \\ \text{medio.} \\ n = \text{número de años considera-} \\ \text{dos (1955-62).} \end{array}$$

<sup>4</sup>Blank D. M., y Stigler G. J., *The Demand and Supply of Scientific Personnel*, National Bureau of Economic Research, New York (1957), pág. 36.

<sup>5</sup>Economic Report of the President, Transmitted to the Congress, January, 1962, U.S.A., Government Printing Office, Washington, 1962, pág. 186.

<sup>6</sup>CORFO, Programa Nacional de Desarrollo Económico, 1961-70, Resumen, Santiago, 1961, pág. 47.

<sup>7</sup>Sadie, J. L., Población y Mano de Obra en Chile, 1930-75, Centro Latinoamericano de Demografía, Santiago de Chile, 1962, pág. 70.

<sup>8</sup>En este análisis se excluyen los ingenieros comerciales.

<sup>9</sup>CORFO, Cuentas Nacionales de Chile, 1949-1962, Santiago, julio, 1963, pág. 43.

<sup>10</sup>Se considera como ingeniero egresado de un cierto año, a la persona que aprueba el último curso en ese año, sin diferenciar los titulados de los no titulados.

Las tasas de supervivencia media obtenidas para cada universidad aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Tasas de supervivencia media en las Escuelas de Ingeniería de distintas Universidades en el período 1955-62

Escuela de Ingeniería	$\bar{S}$
Universidad de Chile . . . . .	0,47
Universidad Católica de Chile . . . . .	0,23
Universidad de Concepción . . . . .	0,36
Universidad Católica de Valparaíso . . . . .	0,13
Universidad Técnica "Federico Santa María" . . . . .	0,78 (a)
Universidad Técnica del Estado . . . . .	0,21 (b)

- (a) Por características especiales del plan de estudios, esta tasa se calculó, según la relación entre los egresados del año *i* y el número de alumnos matriculados en el curso, 1.100 (correspondientes al 4º año de estudios), en el año *i*-2.
- (b) Esta tasa se calculó a base de la relación de egresados en el año *i* y el número de alumnos matriculados en el primer año de Ingeniería (correspondiente al 4º año de estudios), en el año *i*-2.

Sobre la base de estas tasas de supervivencia y a través de los datos disponibles de matrícula del primer año durante el último período y los estimados por las autoridades de las escuelas de ingeniería para los próximos años, se puede estimar el número probable de ingenieros que egresarán en los años 1963 a 1969, que aparecen en el cuadro 2. En los casos en que se han tomado otros criterios, éstos se explican en el mismo cuadro.

Con estos antecedentes y con los datos de los ingenieros egresados en los años 1960 a 1962, se puede elaborar el cuadro 3 en que aparece el número de ingenieros que egresarán en el período 1960-69.

Como se observa en el cuadro 3, la suma de ingenieros que egresaría de las universidades chilenas en el período 1960-69 es de 3.005. Si sumamos a esta cifra las cifras correspondientes a los ingenieros que egresarán de las Fuerzas Armadas que podemos estimar en 300 en el período (ya que en el quinquenio 1955-59 egresaron un promedio de 30 ingenieros de estas instituciones y la tasa de crecimiento anual del número de egresados es prácticamente nula), tenemos que el sistema educacional chileno aportará del orden de 3.300 nuevos ingenieros en el período 1960-69.

D Discusión y conclusiones

La previsión sobre las necesidades futuras se ha realizado aceptando que existe una relación funcional entre el coeficiente de ocupación de ingenieros y la productividad de mano de obra.

Ante la imposibilidad de realizar un análisis detallado de lo ocurrido con estos factores en Chile, hemos considerado que la forma como el crecimiento de estas variables se han comportado en los EE. UU. en los últimos 50 años es aplicable al caso de Chile en el próximo período. Al aceptar esta hipótesis es necesario destacar que está limitada por las diferencias existentes entre ambos países en los niveles del producto, así como en las tecnologías, pues la proporción en que los factores productivos participan en la economía es distinta. Sin embargo, por haberse considerado un período suficien-

CUADRO N° 2

Estimación del número de ingenieros que egresarán de las universidades chilenas en el período 1963-69

Año <i>i</i>	Univ. de Chile		Univ. Cat. de Chile		Univ. de Concepción		Univ. Católica de Valparaíso		Univ. T. F. S. María		Univ. Técnica del Estado	
	Matrícula 19 año	Egresos	Matrícula 19 año	Egresos	Matrícula 19 año	Egresos	Matrícula 19 año	Egresos	Matrícula 39 año	Egresos	Matrícula 19 año	Egresos
	<i>i</i> - 5		<i>i</i> - 5		<i>i</i> - 5		<i>i</i> - 5		<i>i</i> - 2		<i>i</i> - 2	
1963	—	141	103	24	86	25 <sup>(c)</sup>	45	6	—	21 <sup>(e)</sup>	—	—
1964	—	147 <sup>(b)</sup>	133	31	86	31	58	8	—	21 <sup>(d)</sup>	242	51
1965	345	162	162	37	98	35	87	11	25	20	192	40
1966	341	160	224	52	100	36	87	11	26	20	250	53
1967	395	186	218	50	139	50	44	6	35	27	250	53
1968	397	187	243	56	200	72	40	5	37	29	250	53
1969	400	188	250	58	200	72	50	7	39	30	250	53

(a) Corresponde a la matrícula del 6º año 1963

(b) Corresponde a la matrícula del 5º año 1963

(c) Corresponde a la matrícula de 5º año 1962

(d) Corresponde a la matrícula del curso 1.000, o sea, de 3º año del Plan de Estudios

(e) Corresponde a la matrícula de 6º año 1963

(f) Corresponde a la matrícula de 5º año 1963

temente largo, esta comparación está en parte justificada.

Con estas hipótesis el nivel de la ocupación de ingenieros depende preponderantemente de las expectativas del crecimiento futuro del producto. Si éste crece de

acuerdo con las metas establecidas en el Programa Nacional de Desarrollo, en 1970 deberían existir un total de 9.300 ingenieros ocupados y si el producto continúa creciendo a la tasa histórica, la cantidad de ingenieros activos debería ser cercana a los 7.000.

C U A D R O N ° 3

Ingenieros egresados (1960-62) y estimación de los que egresarán en el período 1963-69 de las universidades chilenas

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	Total
GENERAL	186	224	215	268	280	318	332	372	402	408	3.005
1.—UNIVERSIDADES CLASICAS	133	161	155	196	217	245	259	292	320	325	2.303
1.1 Universidad de Chile	96	102	103	141	147	162	160	186	187	188	1.472
1.2 Universidad Católica de Chile	21	28	28	24	31	37	52	50	56	58	385
1.3 Universidad de Concepción	16	22	16	25	31	35	36	50	72	72	375
1.4 Universidad Católica de Valparaíso	—	9	8	6	8	11	11	6	5	7	71
2.—UNIVERSIDADES TECNICAS	53	63	60	72	63	73	73	80	82	83	702
2.1 Universidad Técnica Fdco. Santa María	23	20	26	21	23	20	20	27	29	30	239
2.2 Universidad Técnica del Estado	30	43	34	51	40	53	53	53	53	53	463

La estimación de las posibilidades futuras de formación de ingenieros se ha elaborado a través de un análisis de la escolaridad del alumnado de las escuelas de ingeniería, determinándose así el número de ingenieros que egresarán del sistema universitario, y a través de una extrapolación de la tendencia histórica se han estimado las cifras de egresados de las escuelas de las fuerzas armadas. Se concluye así que al final del período 1960-69 existirá un total de 3.300 nuevos ingenieros educados en Chile. Esta estimación supone que la estructura misma de la enseñanza no sufrirá modificaciones substanciales.

En base a esto, se puede calcular el número probable de ingenieros que existirá en el país en el año 1970. Para esto se mantienen las hipótesis hechas anteriormente, al calcular el número de ingenieros existentes en 1960, en el sentido de que la vida activa profesio-

nal media es de 30 años y que por cada 100 profesionales con educación en Chile, existen 12 que han realizado sus estudios en el extranjero.

El número de ingenieros egresados de las universidades del país y las Fuerzas Armadas será de 6.715 en el período 1940-1969. Luego, incluyendo los titulados en el extranjero, el número total de ingenieros en 1970 sería de 7.520.

Considerando las dos hipótesis acerca del crecimiento del producto, se concluye que en el caso de una mantención de la tasa de crecimiento histórico, las disponibilidades de ingenieros sería un poco mayor que las necesidades en 1970. En cambio, si nos basamos en las metas establecidas en el Programa Nacional de Desarrollo, podemos concluir que se requerirá un número de ingenieros activos superior a las expectativas de nuestro sistema educacional.