

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO  
ST/ECLA/CONF.7/L.4.4  
10 de julio de 1961

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLES  
CATALOGADO

SEMINARIO LATINOAMERICANO DE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

México, 31 de julio a 12 de agosto de 1961

OBSERVACIONES SOBRE LA ENERGIA ATOMICA  
EN AMERICA LATINA

por Michael J. Deutch

NOTA: Este texto será revisado editorialmente

10/10/10

10/10/10



10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

## 1. Introducción

Al hacer una evaluación de la viabilidad técnica y económica de la energía atómica en América Latina, es esencial reconocer que, pese a las características comunes de cultura, idioma, población y tradiciones, los factores económicos y técnicos varían en los distintos lugares y sobre ellos deberá basarse cualquier programa eficaz de desarrollo de la energía.

En la mayoría de las repúblicas latinoamericanas a) el consumo por habitante es reducido y se ha progresado en forma variada en el curso del último decenio (véase el cuadro 2); b) aunque en los programas gubernamentales los gastos de capital por concepto de energía representan elevado porcentaje <sup>1/</sup>, difieren la importancia que se asigna a este renglón y su forma de aplicación; c) la carestía de capitales para fines de desarrollo constituye quizá el mayor obstáculo común; por ella es imposible la inversión simultánea en diversos campos y es necesario fijar un orden de prelación. Lo que podría gastarse en energía atómica para aliviar la escasez de electricidad en las ciudades iría en desmedro del riego, colonización, habilitación de tierras y reforma agraria, necesidades todas que competirán en la distribución de los escasos fondos disponibles para el desarrollo económico.

La mayor parte de América Latina depende en alto grado de las exportaciones de materias primas, que han sufrido un continuo debilitamiento de la demanda, lo que se refleja en la baja de los precios mundiales de estos

1/ La inversión pública en centrales eléctricas en los últimos años da aproximadamente los siguientes porcentajes: Nicaragua 6 por ciento, Guatemala 20 por ciento, Colombia 16 por ciento y Brasil, 33 por ciento.

productos. Por otra parte, pese a su creciente industrialización, estos países no han podido alcanzar un nivel tal de producción de bienes de consumo como para evitar las importaciones. El producto bruto nacional y el consumo, calculados ambos por habitante y a precios constantes, se muestran estacionarios. Los problemas inmediatos de balance de pagos han sido tan apremiantes que muy poco se ha podido hacer en cuanto a planeamiento dinámico, a largo plazo, del desarrollo económico. Las deficiencias estructurales de las economías latinoamericanas ( falta de un mercado monetario o de capitales, régimen de tenencia de tierras, dependencia de unas pocas materias primas y desequilibrio crónico del balance de pagos) de por sí han impedido que se establezcan amplios programas de desarrollo de la energía.

Es de esperar que ahora se prestará mucha mayor atención al desarrollo económico de América Latina. Cualquier intento de acelerar el desarrollo latinoamericano deberá dar primordial importancia a un programa de energía bien planeado y equilibrado, dando prelación a su utilidad colectiva, en un esfuerzo por estimular un ritmo acelerado de crecimiento económico en toda América Latina.

## 2. Características especiales del planeamiento de la energía en América Latina

En el pasado la demanda de energía eléctrica creció con rapidez mayor en América Latina que en Norteamérica. Es muy probable que - dada la diferencia en el nivel absoluto del producto nacional bruto y el aceleramiento que se espera en la tasa de incremento en los países latinoamericanos - la demanda de energía aumente a un ritmo aún más intenso en los años por venir. En el cuadro 1 se observa que la producción de energía eléctrica ha aumentado en el último decenio a razón de 9.5 a 11 por ciento, en

/comparación con

comparación con 8,5 por ciento en Norteamérica (aparte que la población aumentaba a una tasa anual de 2,5 por ciento en América Latina y de 1,75 por ciento en los Estados Unidos).

Por lo tanto, es apremiante la necesidad de contar con una mayor capacidad de producción de energía y a ella se suman las crecientes exigencias de desarrollo económico. En América Latina el consumo de energía aumentará en forma más acelerada que el ingreso nacional debido a las necesidades de comunicaciones, riego, vivienda, etc., pero las dos deficiencias más importantes - la falta de divisas y de vastos sistemas interconectados de energía - no serán remediadas por la energía nuclear.

Aunque América Latina en general no cuenta con yacimientos de carbón, la situación del petróleo en el mercado mundial en este decenio está indicando que, con los numerosos nuevos descubrimientos y altos niveles de producción en todas partes, se está llegando a la sobreproducción. Por consiguiente el precio está de baja y no se han presentado la escasez y alza constante de los precios previstas en 1955.

En el caso de muchos países latinoamericanos cualquier decisión de penetrar en el campo de la energía nuclear podría resultar perjudicial para otros proyectos de desarrollo, de necesidad más inmediata.

El problema de financiar un vasto programa de energía en América Latina se agudiza por la escasez crónica de capitales. Es desalentador que hasta ahora no se conozcan sino en forma fragmentaria las inversiones de capital que exigen las centrales nucleares pequeñas. La idea de que " la energía barata es el mejor acicate de la industrialización", tan corriente en el extranjero, no se compadece con los costos unitarios de grandes

/centrales atómicas

centrales atómicas, bien patrocinadas: 12 mills/KWH en Indian Point ( en comparación con la más reciente y mejor planta convencional de la Consolidated Edison en Astoria - 7.5 mills); 10.5 mills representa el costo de la planta más económica en Europa (mientras que el costo de la unidad convencional/<sup>es de</sup> dos terceras partes de esta cifra). Aún para centrales del tamaño que exigen ciudades como Nueva York y Detroit, se llegaría en las condiciones de América Latina a un costo unitario probable de 19 mills, aproximadamente, y de casi 30 mills para centrales más pequeñas, lo que por cierto no es ningún estímulo para una industrialización inmediata.

Son incompletas las proyecciones de las necesidades de energía y de demanda máxima en los diversos países y requieren una revisión competente y coordinación con los programas de fomento. regionales. Tanto en la Conferencia de Ginebra como en la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en Viena se hizo notar que no existen datos exactos de carga, y es muy alentador comprobar que la OEA y la CEPAL se proponen estudiar los problemas administrativos inherentes a la prosecución de tales programas de desarrollo de la energía. Será necesaria la asistencia técnica directa en este campo de planeación de la energía nuclear e integración en los sistemas existentes antes de que pueda aceptarse o descartarse por razones prácticas la "moda" de los reactores en un programa de sistemas eléctricos asentado sobre sólidas bases económicas.

Por mucho que nos preocupe el desarrollo de la energía en América Latina, no podemos/<sup>ignorar</sup> cómo se presenta la situación desde el punto de vista de la ingeniería, que no es la que se esperaba en 1955. Desde luego hay sobreproducción crónica de petróleo, sobre todo en Venezuela, aparte que

/ se prevén

se prevén nuevos descubrimientos en el hemisferio. Los cuatro recesos económicos ocurridos en Norteamérica han hecho descender en forma marcada el precio de los equipos generadores de energía y con la simplificación de los diseños de las centrales convencionales se ha acentuado la diferencia de costos entre éstas y las nucleares.

No hay que olvidar que América Latina posee mayores reservas hidroeléctricas por habitante que Norteamérica; aunque la inversión fija por kilovatio de hidroelectricidad es mayor que la correspondiente a la energía térmica, se compone en alta proporción de gastos por concepto de mano de obra local y materiales de construcción del país que no tienen repercusiones sobre el balance de pagos.

Las divisas requeridas en seis recientes proyectos hidroeléctricos de América Latina representan entre 40 y 70 por ciento del costo de la central. En el caso de las plantas atómicas, la proporción se aproxima al 90 por ciento. El Canadá calcula que los gastos fijos por KWH serán dos y media veces mayores para las centrales nucleares que para las hidráulicas ( 3 a 7.5 mills en comparación con 1.2 a 3.4 mills).

Donde existe una sobreproducción de petróleo o gas natural, se puede lograr un gran ahorro de capitales mediante la generación de energía térmica. Pero cuando hay dificultades de balance de pagos y el combustible ha de importarse y pagarse en dólares, es preciso aprovechar todos los emplazamientos hidroeléctricos competitivos antes de considerar la energía atómica.

Por los problemas no cuantificables que se asocian con la energía atómica ( peligro de accidentes, eliminación de desperdicios, etc.), hay

/ que registre

que regirse por el siguiente principio fundamental: Deberán explotarse todos los medios convencionales de energía hasta agotar las fuentes más eficaces ( de menor costo) y entonces la energía nuclear puede resultar económicamente competitiva con las restantes fuentes marginales de energía hidroeléctrica y térmica. Por la suma importancia que reviste el desarrollo económico de América Latina no podemos dejarnos llevar por el atractivo de la energía atómica en la planificación de los programas de energía para los países poco desarrollados.

### 3. Perspectivas de la energía atómica

La factibilidad técnica de las grandes centrales nucleares ya ha sido comprobada, aunque resultan mucho más caras que las plantas convencionales. Ya se están desarrollando proyectos atómicos en gran escala en zonas carentes de posibilidades hidroeléctricas o de combustibles convencionales. Las principales ciudades norteamericanas, la red británica, la India y el Japón tendrán energía atómica enteramente justificable e integrada en forma lógica en sus respectivos sistemas de energía. Esta podría también ser la solución en regiones en que no existen fuentes minerales de combustibles ni fuerza hidroeléctrica, pero es improbable que puedan instalarse en ellas centrales del tamaño de las que se están programando en las grandes ciudades industriales.

El sostenido y elevado nivel de actividad industrial que se preveía en 1955 para los países industrializados, en una época en que los precios de los combustibles estaban de alza, indujo a los expertos a pronosticar que habría con el tiempo escasez de combustibles convencionales y una pronta generalización de la energía atómica. Aunque las primeras

/cotizaciones de-



cotizaciones de los fabricantes de grandes reactores no eran satisfactorias en cuanto a costo, los grandes sistemas de energía estimaban que los costos de las centrales atómicas iban a bajar considerablemente y que mientras tanto podían usar alguna energía nuclear, absorbiendo la diferencia en el resto del sistema o a través de una amortización tributaria acelerada. Los costos comparados de hoy son bien distintos y menos halagüeños que los previstos en 1955.

Los emplazamientos hidroeléctricos que ofrecen mayores posibilidades en América Latina requieren en general una inversión de 275 a 400 dólares por kilovatio de capacidad instalada; Aunque estos costos varían de un emplazamiento a otro ( en la India, por ejemplo, los emplazamientos actualmente en estudio supondrían costos de 320 a 480 dólares por KW, o el doble de lo que costaría el KW térmico), puede decirse en general que 80 por ciento de esta inversión estaría compuesta de moneda local destinada a pagar los servicios de mano de obra no calificada para obras públicas. El desembolso neto en dólares alcanza a 120-160 dólares por KW hidráulico y por lo tanto habría que dar primera prioridad al aprovechamiento de los emplazamientos hidráulicos disponibles que no suponen las engorrosas y caras tareas de conservación ni otros problemas inherentes a una nueva forma de energía.

En el aspecto de la ingeniería, el desarrollo de pequeñas estaciones nucleares adecuadas para uso en países donde la demanda de electricidad ocurre en unidades relativamente reducidas, está quedando muy por detrás del desarrollo de las grandes centrales. Aunque no cabe duda hoy en día acerca de la factibilidad técnica de las centrales atómicas pequeñas, subsisten dificultades (protección, inversión en masa crítica, diseño y duración de los elementos combustibles, problemas de desperdicio, etc.) que

/ serán tan

serán tan onerosas de subsanar para un reactor de 20 000 a 40 000 KW como para una central gigante.

Papel que desempeñan las centrales pequeñas y medianas. Los reactores pequeños llenarán las necesidades de generación en las centrales de los pequeños sistemas eléctricos, y también en la autogeneración de energía por las minas y otras industrias aisladas. Con excepción de los grandes centros de población en América Latina, el principal campo de aplicación de los reactores pequeños será en los mercados por desarrollar, que están demasiado dispersos para abastecerlos con hidroelectricidad, y en aquellos lugares en que resulta muy difícil y caro transportar los combustibles necesarios para desarrollar esos nuevos mercados de energía.

La necesidad aparente en Sudamérica de reactores pequeños por debajo de los 75 000 KW hace resaltar la importancia de intensificar las labores en este campo. Sin embargo, es requisito indispensable para su uso que el costo de capital y financiamiento sea bajo. Debiera ponerse en marcha en América Latina un movimiento de cooperación a fin de establecer equipos conjuntos de estudio que abordaran este problema.

La posibilidad de emplear reactores pequeños destinados a llenar la creciente demanda de energía en grandes áreas de América Latina plantea un desafío que no puede soslayarse ni ignorarse. Encontrar un método o medio para ampliar la demanda de electricidad no sólo de las pequeñas unidades de población de América Latina puede significar un rápido avance en el nivel de vida.

Por último, las industrias de interés más inmediato para los programas de desarrollo económico de América Latina son las que no requieren gran concentración o gran consumo de energía por unidad de producto.

No hay gran probabilidad de establecer industrias de aluminio electrolítico, magnesio, titanio o manganeso. Las que seguramente gozarán de primera prioridad serán aquellas que reúnan las características siguientes: a) alto grado de empleo por unidad de valor agregado; b) alto factor de dispersión; c) salida rápida; y d) alto grado de sustitución del producto importado. Las industrias alimenticias, textiles, vivienda, fabricaciones varias, etc. son probablemente las que se extenderán más allá de las ciudades capitales y por tanto requerirán centrales eléctricas de tamaño pequeño o mediano. Naturalmente, allí donde existen vastos recursos naturales podrá ser necesario instalar grandes centrales eléctricas para satisfacer los requerimientos de los distintos gobiernos latinoamericanos y el autor espera que tales proyectos fructifiquen a la brevedad, pero desea recalcar que el primer paso hacia un programa latinoamericano de energía completo y bien equilibrado es la instalación de algunas unidades convencionales de tamaño pequeño y mediano, dispersas.

#### 4. Cifras recientes sobre costos de la energía atómica

La fórmula que se emplea con mayor frecuencia para calcular el costo de la energía nuclear es  $C = 2400 MW^{-0.4}$ , que da una inversión de 560 dólares por KWh para una planta atómica de 40 000 kilovatios y 615 dólares por KWh para una unidad de 30 000 ( en contraste con 240 dólares para la hidroelectricidad y 140 dólares para la energía térmica, por kilovatio). El cuadro 1 muestra la aplicación de esta fórmula de la Comisión de Energía Atómica (AEC) sobre el costo de varios reactores. <sup>2/</sup> El cuadro 4 muestra que para

<sup>2/</sup> Esta fórmula fue derivada del costo de las unidades de energía grandes (100 000 a 300 000 Kw) y es considerada por el autor como la curva mínima de inversión.

un factor de carga del 80 por ciento, el costo de financiamiento del 14 por ciento y los costos de generación proporcionales de 7.2 mills/KWh, el costo total de generación nuclear está actualmente alrededor de 19.7 mills por KWh. Hay pocos sistemas de energía en América Latina que puedan soportar tal costo, salvo en áreas carentes de otra fuente de energía.

Quienes deseen analizar la estructura detallada de costos de las diversas fuentes de energía y los distintos factores de carga pueden remitirse al número correspondiente al año 1960 del Bulletin of Atomic Scientists, la conferencia regional de la Conferencia Mundial de la Energía de 1958 o las Memorias recientes del Congreso Internacional de Energía Atómica de Viena. Ninguna de estas fuentes justificará un pronóstico tan optimista como 20 mills/KWh, en comparación con los 12 mills previstos en 1955.

En los Estados Unidos el 85 por ciento de la generación total corresponde a centrales de un costo de capital alrededor de 140 dólares por KW de capacidad de vapor, con un factor de carga promedio nacional de 61 por ciento, llevando a un total de promedio de costos de producción (incluyendo combustible, operación y mantenimiento) de 4.64 mills/KWh (o sea, 7.5 mills KWh de costo total si incluimos los cargos fijos de 13.5 por ciento.) En 1955 había 142 unidades generadoras con un promedio de calor de 10 000 BTU por KWh o menos. En la última década el capital invertido por kilovatio ha aumentado en 3.50 dólares por año y en los últimos 17 años a razón de 2.50 dólares. Si se supone que entre 1957 y 1965 el aumento promedio podría ser de 3.5 por ciento anual, el costo del kilovatio en 1965 podría ser 1.28 multiplicado por 140, es decir

/ 185 dólares

185 dólares por kilovatio. Tal promedio de inversión fija es algo engañoso, pues hay que tomar en consideración muchos factores ( como diseño, tipo de combustible, situación, etc.) En el gráfico II tenemos el tamaño unitario y la inversión de capital en 60 de las más eficientes plantas puestas recientemente en marcha en los Estados Unidos. El gráfico muestra que en ningún caso el costo de instalación de 40 a 80 000 KW excede los 230 dólares, para 100 megavattios no pasa de 160 y de 20 a 40 MW no excede de 250 dólares. Estas cifras son muy inferiores a las proyectadas por la Comisión de Energía Atómica para el costo de plantas nucleares. Con un factor de carga del 60 por ciento, un capital invertido de 200 dólares por kilovatio y un costo de generación de 4.3 centavos, el precio total sería aproximadamente 10.5 mills por KWh en comparación con 20-25 mills para la energía nuclear.

El Gráfico II es una curva de frecuencia de la distribución de las plantas de vapor por costos de generación en los Estados Unidos en 1954 y calculado para 1960, en comparación con lo proyectado para 1965, incluyendo plantas hidroeléctricas. Un diagrama similar para la generación de energía y sus costos para plantas pequeñas de vapor actualmente en existencia muestra también que el costo de generación no excede de 12 centavos.

En los últimos años las naciones pequeñas que no tienen industrias químicas extractivas han venido considerando que la energía atómica sería un medio barato para establecer tales industrias, sobre todo donde hay carestía de divisas para la importación de materiales industriales. No siempre al tanto de la gran cantidad de programación necesaria, algunos han desarrollado planes técnicos sobre la base de energía atómica muy

barata (5 mills por kWh) con la cual alcanzarían dos fines: a) riego por desalinización del agua salobre y b) creación de un complejo químico para la producción de materiales básicos como amoníaco, soda cáustica, oro, magnesio, superfosfato y vinilresinas. El cuadro 5 muestra la desilusión que resultaría de una estimación más real de costos de la energía atómica (25 mills por kWh).

Hay gran cantidad de dificultades técnicas (protección, diseño, vida de los elementos combustibles, desperdicios, etc.) aún por vencer en las plantas de 20 000 a 40 000 kilovatios. Aún no hay datos sobre costos u operación. Las cotizaciones sobre papel no son ningún sustituto satisfactorio de los estudios técnicos detallados y la experiencia de operación, sobre todo en la industria química que es tan altamente competitiva. También hay razón para dudar de que las unidades atómicas pequeñas o medianas puedan utilizarse económicamente en la minería que no está conectada con las grandes redes de electricidad. Algunos sistemas hidroeléctricos, con márgenes demasiado reducidos de capacidad, han venido considerando la instalación de reactores atómicos para suplementar su capacidad máxima en las épocas de sequía o en años extremadamente secos del ciclo solar. El alto costo de la inversión y las dificultades en mantener unidades nuevas aún no conocidas en condición de equipo de emergencia son factores negativos hacia esta solución para los sistemas de energía sobrecargados de América Latina.

### Resumen y conclusiones

1. No puede ya dilatarse el tan urgentemente reclamado desarrollo económico de América Latina. La reforma agraria, el riego y el mejoramiento de las comunicaciones exigen el planeamiento paralelo de la ampliación del sector de la energía. Incluso en un período en que no se eleva el ingreso, cuando la población aumenta a una tasa de 2.7 por ciento anual, la demanda de energía eléctrica aumenta en forma notable.

2. Los problemas de financiamiento para abastecer de suficiente energía a las ciudades capitales y grandes centros de población de América Latina podrán hacer anti-económico el establecimiento de sistemas de transmisión muy extensos para llevar la electricidad a distritos apartados. Podrá entonces ser necesaria la construcción de gran número de centrales de pequeñas dimensiones.

3. Las perspectivas actuales de la energía atómica en América Latina se ven también oscurecidas por los elevados costos de capital. Hay serias dudas acerca de la viabilidad económica de las unidades atómicas pequeñas, salvo en circunstancias muy especiales. Está muy retrasado el desarrollo de reactores pequeños y medianos.

4. Hay esperanza de que el problema sea abordado en forma más dinámica de ahora en adelante. Una comunicación oficiosa reciente del Profesor Bhabha - que obra en poder del autor - indica que la India proyecta adelantar trabajos sobre reactores pequeños y medianos en un afán de lograr un costo de capital más razonable. Se prevé una asistencia técnica sistemática de parte de los ámbitos profesionales más amplios de todo el mundo a los gobiernos latinoamericanos, que necesitan datos concretos y actuales / para poder

para poder hacer planes y programas futuros. Tampoco debemos ignorar que muy pronto pueden resultar imperativas donaciones financieras en una escala todavía desconocida

5. La buena ingeniería raras veces se presta para la retórica o la demagogia, pues es a la vez demasiado sencilla y rígida. Así es también el programa de energía que la CEPAL ha pedido que se considere en este Seminario. En mi opinión los problemas de la energía en América Latina no admiten que su solución se postergue hasta el momento de poder contar con energía atómica competitiva.

Cuadro 1

## CRECIMIENTO DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LAS PRINCIPALES REGIONES DEL MUNDO

Región	1950	1959	Aumento porcentual
<u>Producción neta de energía</u> (millones de KWH)			
América del Norte	448 289	910 977	103.2
América del Sur	19 251	43 315	125.0
América Central <u>a/</u>	3 358	8 408	150.4
Europa <u>b/</u>	379 528	840 851	121.5
Africa	15 883	34 961	120.1
Asia	64 263	184 732	187.5
Oceanía	15 339	31 106	102.8
Total mundial	945 961	2 054 350	117.2
<u>Capacidad instalada</u> (miles de KWH)			
América del Norte	94 575	200 991	112.5
América del Sur	5 779	10 500	81.7
América Central	1 025	2 384	132.6
Europa	105 925	224 050	111.5
Africa	4 015	9 384	133.7
Asia	16 545	44 494	168.9
Oceanía	4 191	7 662	82.8
Total mundial	232 059	499 465	115.2

Fuente: U.S. Federal Power Commission, World Power Data 1960.

a/ Comprende las Indias occidentales. b/ Comprende la URSS y los países de Europa oriental.

/Cuadro 2



## Cuadro 2

EL CONSUMO DE ENERGIA EN AMERICA LATINA, 1949-59  
(KWH por habitante)

País	1949	1959	Aumento porcentual
Colombia	62	218	251
Cuba	142	391	175
República Dominicana	37	130	251
Guatemala	20	90	350
Jamaica	63	134	112
México	175	293	67
Panamá	100	236	136
Venezuela	105	502	378
Argentina	255	445	74
Bolivia	43	140	225
Brasil	55	282	412
Chile	260	590	126
Paraguay	20	70	250
Perú	28	284	914
Uruguay	165	477	189

Nota: El cuadro 2 muestra el aumento del consumo de energía eléctrica, por habitante, en el último decenio. Las estadísticas internacionales de energía de las Naciones Unidas expresan los datos de cada país en su equivalente de kilogramos de carbón por habitante; por la posible discrepancia entre los factores de conversión aplicables a distintos tipos de combustibles y cuencas hidrográficas, se prefirió la cifra tradicional de KWH por habitante para fines de comparación de costes.

Cuadro 3

AMERICA LATINA: PRODUCTO BRUTO NACIONAL POR HABITANTE  
(Dólares)

País	1952-54 a/	1959 b/	Aumento porcentual
Argentina	460	372	-19.1
Bolivia		55	- .7
Brasil	230	210	- 8.7
Colombia	250	243	- 2.8
Costa Rica		412	
Cuba	310	389	25.5
Chile	360	521	44.7
Ecuador	150	201	34.0
El Salvador		200	
Guatemala	160	172	7.5
Haití		67	
Honduras	150	197	31.3
México	220	293	33.2
Nicaragua		211	
Panamá	250	381	52.4
Paraguay	140	132	- 5.7
Perú	120	150	25.0
República Dominicana	160	232	45.0
Uruguay		198	
Venezuela	540	1062	96.7

a/ Naciones Unidas, Per capita national products of 55 countries 1952-54, publicado en 1957.

b/ Office of Statistics and Reports, International Cooperation Administration, Estimates of Gross National Product, 10 de abril de 1961.

Cuadro 4

COSTOS DE CAPITAL Y DE GENERACION DE LA ENERGIA NUCLEAR

( Mills/KWH )

Costo de capital	<u>Cargos financieros</u>		Costos de generacion	Costo total
	Al 14 %	Con factor de carga de 80%		
Dólares	Mills/KW	Mills/KWH	Mills/KWH	Mills
100	14 000	2.00	7.2	9.20
133	18 000	2.65	7.2	9.85
140	19 600	2.80	7.2	10.00
150	21 000	3.00	7.2	10.20
200	28 000	4.00	7.2	11.20
300	42 000	6.00	7.2	13.20
400	56 000	8.00	7.2	15.20
500	70 000	10.00	7.2	17.20
600	84 000	12.00	7.2	19.20
700	98 000	14.00	7.2	21.20
800	112 000	16.00	7.2	23.20
900	126 000	18.00	7.2	25.20
1 000	140 000	20.00	7.2	27.20

El costo promedio de la capacidad térmica adicional en los Estados Unidos: 140 dólares por KW, lo que, con un factor de carga del 80 por ciento da lo siguiente

$$\frac{19\ 600 \times 100}{8\ 700 \times 80} = \frac{19\ 600}{7\ 008} = 2.8 \text{ mills, más } 7.2 \text{ mills} = 10 \text{ mills}$$

Fuente: La fórmula más reciente de la Comisión de Energía Atómica (  $C=2400 R^{.4}$  ) en que C es la inversión en dólares por kilowatt y R es el número de megawatts por unidad generadora. En opinión del autor, esta fórmula debe elevarse en 15 por ciento cuando se trata de construcciones fuera de los Estados Unidos.

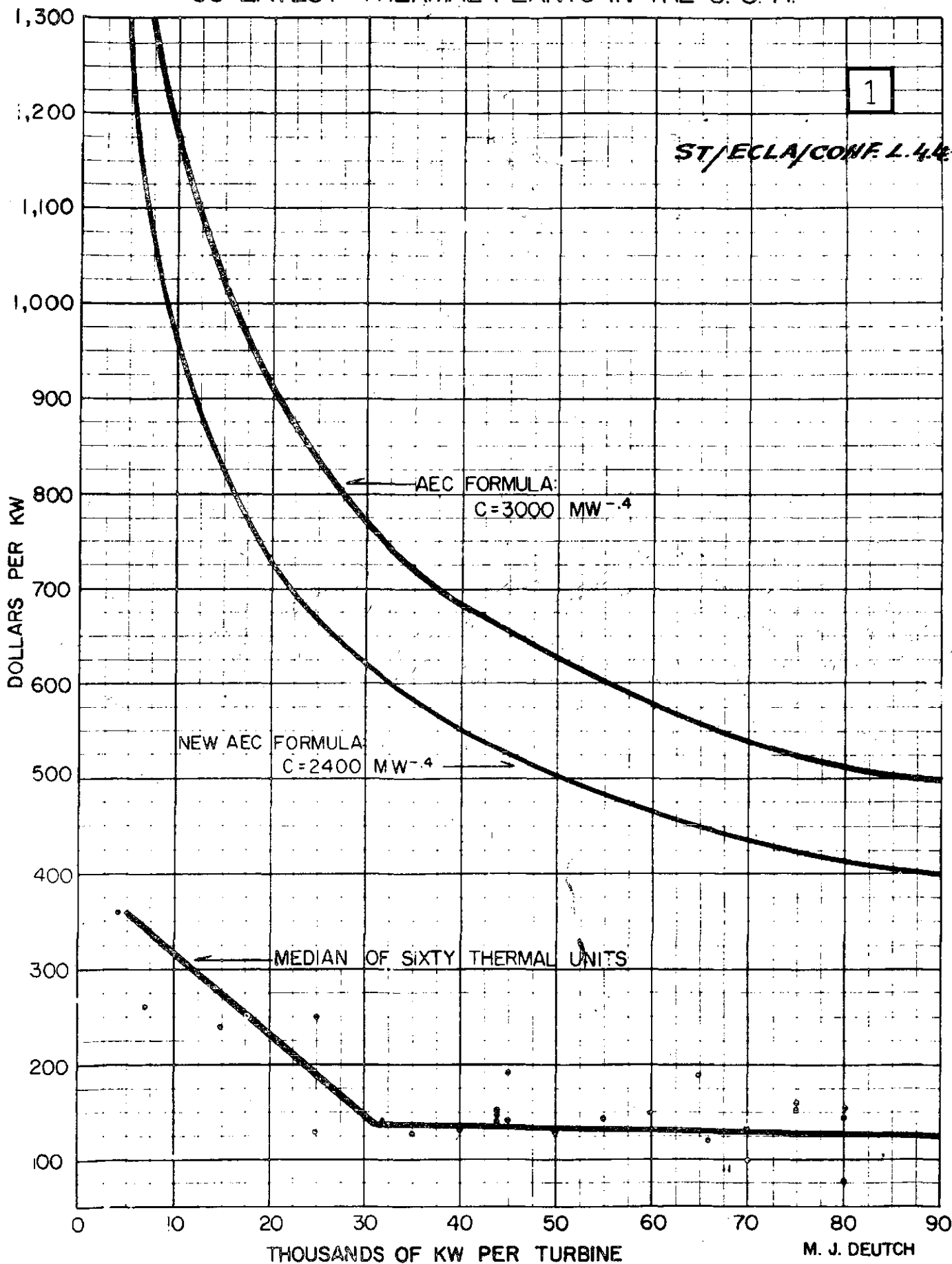
Cuadro 5

NECESIDADES DE ENERGIA ATOMICA PARA RIEGO POR  
 DESALINIZACION Y ALGUNAS INDUSTRIAS QUIMICAS

	Riego	Amonia <sup>d/</sup>	Acido fós- fórico e/	Magnesio	Sosa caústica	Cloro f/	Resinas vinilicas
<u>Tamaño econó- mico mínimo</u>		<u>Acre- pie</u>					
	210 000 a/ 350 000 b/	30 000	33 000	10 000	20 000	17 500	8 000
<u>Necesidades de energía</u>		<u>KWH/AP</u>					
	3800 a/ 2250 b/	12 000	4 100	16 000	2 800	—	3 600
<u>Costo de la energía</u>		<u>¢./KWH</u>					
	19 a/ 11 b/	60	20	80	14		18
<u>Costo total del pro- ducto</u>						<u>Dólares por tonelada</u>	
	212 a/ 127 b/	135	113	368	81.5		283
<u>Costo adicional con energía ató- mica a razón de 25 mills/KWH</u>		<u>dólares p.r acre-pie</u>				<u>Dólares por tonelada</u>	
	66 a/ 44 b/	240	80	320	56		64
<u>Valor de venta c/</u>							
		170	204	585	85		600
<u>Costo total con energía atómica a 25 mills</u>							
	278 171	375	193	688	147.50		347

a/ Aguas muy salobres ( 4300 ppm). b/ Aguas poco salobres. c/ Estimado a precios cif en Europa de 1958. d/ Por proceso electrolítico. e/ Proceso electrotérmico. f/ Producido conjuntamente con la sosa cáustica.

# CAPITAL COST OF ATOMIC POWER COMPARED WITH THE 60 LATEST THERMAL PLANTS IN THE U. S. A.





CUMULATIVE DISTRIBUTION OF ELECTRIC  
GENERATING COSTS IN THE U. S. A.  
1954 (ACTUAL FIGURE) AND  
1965 (FORECAST)

