

PONENCIAS NACIONALES DE PUERTO RICO

PRESENTADAS EN LA
XVII CONVENCION
DE LA
UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES
DE INGENIEROS
(UPADI-82)

1 AL 7 DE AGOSTO DE 1982
SAN JUAN, PUERTO RICO



CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH
UNIVERSITY OF PUERTO RICO — U. S. DEPARTMENT OF ENERGY

PONENCIAS NACIONALES

DE

PUERTO RICO

Presentadas en la

XVII Convención

de la

Unión Panamericana de Asociaciones
de Ingenieros

(UPADI-82)

1 al 7 de agosto de 1982
San Juan, Puerto Rico

Me place incluirles en este Volumen las seis ponencias nacionales presentadas a nombre de Puerto Rico en la XVII Convención de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI-82) llevada a cabo del 1 al 7 de agosto en San Juan, Puerto Rico. Las ponencias nacionales fueron presentadas por invitación de cada uno de los Congresos y a nombre del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico. Estas ponencias recogen el punto de vista del ponente con relación a la problemática correspondiente y sus consecuencias y soluciones para nuestra Isla. Se presentaron ponencias con relación al ambiente, ingeniería civil (vivienda), costos, energía, educación y oceánica. Debido a la importancia de los temas tratados para el futuro de nuestro pueblo, se ha publicado este volumen como una cortesía del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico.

Dr. Juan A. Bonnet, Jr.
Director Comité Técnico
UPADI-82



I N D I C E

INDICE

I.	Indice.....	1
II.	Autoridades de la Convención.....	2
III.	MESA DIRECTIVA DE LAS SESIONES TECNICAS.....	3
IV.	Política Ambiental para un Desarrollo Sostenido por Sr. Pedro A. Gelabert - Presidente, Junta de Calidad Ambiental.....	4
V.	Puerto Rico Vivienda 82 y sus Alternativas por Ing. Jorge A. Pierluisi - Secretario, Departamento de la Vivienda.....	5
VI.	La Problemática de la Aplicación de una Cláusula de Ajuste de Precio a los Contratos de Construcción en Puerto Rico por Ing. Max Figueroa Domínguez, Consultor.....	6
VII.	La Situación Energética de Puerto Rico por Ing. Alberto Bruno Vega - Director Ejecutivo, Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico.....	7
VIII.	La Ingeniería: Sostén y Esperanza del Desarrollo de Puerto Rico por Ing. José A. Toledo Morell - Decano, Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico.....	8
IX.	Energía del Océano por Dr. Juan A. Bonnet, Jr. - Director, Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico.....	9

AUTORIDADES DE LA CONVENCION

Autoridades de la Convención

Presidente de UPADI	Ing. Pablo R. Gorostiaga	Argentina
Presidente del CIAPR	Ing. José Ojeda	Puerto Rico

Comité Organizador XVII Convención de UPADI

Presidente	Ing. Guillermo Godreau	Puerto Rico
Vicepresidente y Tesorero	Ing. Pedro J. Ortiz, Jr.	Puerto Rico
Secretario	Ing. Denjiro Rivera	Puerto Rico
Asistente Especial del Presidente	Ing. David Berrocal	Puerto Rico
Director Técnico	Ing. Juan A. Bonnet, Jr.	Puerto Rico
Director Administrativo	Lcdo. Angel López Hidalgo	Puerto Rico

MESA DIRECTIVA DE LAS SESIONES TECNICAS

MESA DIRECTIVA DE LAS SESIONES TECNICAS

1er. Congreso Panamericano de Ingeniería Civil

Presidente Honorario

Ing. José A. Fernández Ordoñez
Pasado Pres. Col. Ing. de Puertos y Caminos

España

Presidente	Ing. Enrique Ruiz	Puerto Rico
Vicepresidente	Ing. Jorge Seismarella	Argentina
Secretario	Dr. Hermenegildo Ortiz	Puerto Rico
Relator General	Dr. Samuel Díaz	Puerto Rico
Vocales	Ing. Félix García	Puerto Rico
	Dr. Leandro Rodríguez	Puerto Rico

2ndo. Congreso Panamericano de Ingeniería Oceánica

Presidente Honorario

Ing. Mauricio Porraz

Mexico

Presidente	Ing. Fernando Pérez Bracetti	Puerto Rico
Vicepresidente	Dr. Julio G. Giannotti	Argentina
Secretario	Dr. Donald Sasscer	Puerto Rico
Relator General	Ing. Carlos García Troche	Puerto Rico
Vocales	Ing. Angel R. Rivera Rodríguez	Puerto Rico
	Ing. Modesto Roubert	Puerto Rico
	Ing. Gilberto A. Vélez	Puerto Rico
	Dr. Frank Torres	Puerto Rico

2nda. Conferencia Nacional de Alternativas Renovables de Energía

Presidente Honorario

	Dr. Juan A. Bonnet, Jr., Director CEEA	Puerto Rico
Presidente	Ing. Pedro A. Sarkis	Puerto Rico
Vicepresidente	Dr. Erich Farber	E.U.
Secretario	Dr. Modesto Iriarte, Jr.	Puerto Rico
Relator General	Ing. Jorge El Koury	Puerto Rico
Vocales	Ing. Francisco Gutiérrez	Venezuela
	Ing. Kenneth Soderstrom	Puerto Rico
	Dr. Peter Kezios	E.U.

5to. Congreso Panamericano de Ingeniería Económica y de Costos

Presidente Honorario

	Ing. José Luis Castillo Tufiño	Mexico
Presidente	Ing. José A. Fernández	Puerto Rico
Vicepresidente	Ing. Alfred L. Dellon	
Secretario	Ing. Waldemar Carmona González	Puerto Rico
Relator General	Ing. Miguel R. Vélez	Puerto Rico
Vocales	Ing. Francisco Sanfiorenzo	Puerto Rico
	Ing. Bruno E. Tenze	El Salvador
	Ing. H. Hirshfield	Brasil

2ndo. Congreso Panamericano de Ingeniería Ambiental

Presidente Honorario

Ing. Vladimir Yackovlev
Director para Ciencia y Tecnología de la
Organización de Estados Americanos

Venezuela

Presidente

Ing. Rafael Cruz Pérez

Puerto Rico

Vicepresidentes

Secretario

Ing. María M. Casú de Cruz

Puerto Rico

Relator General

Ing. Carl Axel P. Soderberg

Puerto Rico

Vocales

Ing. Carlos Bassat

Puerto Rico

Comité Foro Libre

Presidenta

Ing. Elizabeth Vesxovacci

Vicepresidenta

Ing. Carmen González

Secretaria

Ing. Linda Vélez

Relatora General

Ing. Edith Vázquez

Vocales

Ing. Eilla Nazario

Ing. Zaida Pérez

Ing. Eillen Walls

Ing. Alma Rosas

IV

POLITICA AMBIENTAL PARA UN DESARROLLO SOSTENIDO

Sr. Pedro A. Gelabert
Presidente
Junta de Calidad Ambiental

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
1 al 7 de agosto de 1982

SEGUNDO CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

POLITICA AMBIENTAL PARA UN DESARROLLO SOSTENIDO

Por:

Pedro A. Gelabert
Presidente
Junta de Calidad Ambiental

2 de agosto de 1982

Excelentísimo señor Presidente, distinguidos miembros de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros e ilustres invitados:

Inmenso honor constituye para mí el dirigirme a la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI, durante esta décimoséptima convención, para hacer la presentación nacional del Segundo Congreso Panamericano de Ingeniería Ambiental. Tal distinción demanda una perfección de ejecutorias que fuerzan sobre mi persona y mi profesión geológica una gran sensación de responsabilidad a tono con la solemne ocasión. Sin embargo, me es sumamente grato poder compartir con ustedes como en numerosas ocasiones lo hiciera mi padre, el Ing. Ramón Gelabert, quien fuera delegado de Puerto Rico por varios años ante vuestra prestigiosa organización. Aprovecho la ocasión para agradecerles en su nombre aquellos felices momentos que él pasara en tan amena compañía con todos ustedes a través de los diferentes países del hemisferio.

Desde el punto de vista de la ciencia geológica, el ser humano ha sido hasta hace poco un simple detalle en la larga historia de nuestro planeta. Si comparamos su existencia con la edad geológica de la Tierra que se remonta a unos 4,500 millones de años, podemos concluir que somos de una época relativamente reciente. Durante los primeros 3,900 millones de años habitaron solamente el planeta simples organismos de plantas y animales que evolucionaron lentamente a través de los últimos 600 millones de años en invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. El ser humano ha existido solamente por el último millón de años y el desarrollo de su actual capacidad intelectual no pasa de medio millón de años.

No fue hasta mediados del siglo pasado que el cerebro humano logró generar la revolución industrial, la cual cambió por completo su modo de vida de una sociedad agrícola a una industrial. Durante este corto espacio de tiempo, el hombre ha transformado el mundo con sus máquinas, inventos, descubrimientos y su propio comportamiento alterando el equilibrio ecológico hasta el extremo que algún día pueda afectar adversamente su propia subsistencia.

El éxito obtenido por los científicos y técnicos al sobrepasar los límites naturales ha creado una tradición cultural en la gran mayoría de las personas del mundo contemporáneo. Durante los últimos dos siglos, hemos estirado los límites mediante la utilización de una serie de medidas tecnológicas. La tecnología es simplemente el mecanismo para cambiar la dependencia de un recurso a otro, ya que no expande la base actual del recurso. Muchas personas esperan que los avances tecnológicos sigan alterando los límites

ambientales indefinidamente y la humanidad continúa tratando de conquistar los límites en vez de aprender a vivir con ellos. Esta tendencia ha sido reforzada por la aparente inmensidad de los recursos naturales al compararlos con la relativa pequeñez del ser humano y sus actividades cotidianas.

En las Islas del Caribe, donde nos encontramos presionados por limitadas extensiones territoriales, escasos recursos naturales y altas concentraciones poblacionales, nuestras políticas de desarrollo están afectadas por la delicada capacidad asimilativa de nuestros ecosistemas. Por consiguiente, tenemos que prestarle mayor atención a estas limitaciones que nuestros vecinos de Norte y Sur América, quienes fueron bendecidos con una base mayor de recursos. De no ser así, estaríamos destinados a sufrir las consecuencias de unas políticas de desarrollo irracionales.

Intentaré hoy, ilustrar por medio de una presentación visual, el efecto ambiental que puede ser causado por ciertas políticas de desarrollo. La gran densidad poblacional combinada con la limitación de terrenos cultivables, distribución precaria de los abastos de agua dulce y escasos recursos minerales, hacen de Puerto Rico una localidad excelente para analizar el impacto ambiental causado por tres décadas de extraordinario desarrollo. Basándome en la presunción de que los resultados obtenidos en Puerto Rico puedan aplicarse a algunos países del Caribe que tengan similares condiciones, se presenta este trabajo para que ustedes puedan beneficiarse de nuestros éxitos y fracasos.

La zona costanera es el recurso natural más crítico de cualquier isla. Mientras más pequeña sea la isla, más crítica se torna la zona costanera. Esta franja de tierra y mar es muy importante debido a que es el área de mayor asentamiento poblacional en donde las demandas por terrenos y recursos crecen rápidamente con las necesidades de los habitantes. A largo plazo, el desarrollo de la costa continuará hasta que gradualmente llegue a circunvalar la isla. Los tipos de desarrollo a que esté expuesta la zona costanera ejercerán gran influencia sobre la calidad de la vida isleña.

El progreso de las Islas del Caribe puede medirse generalmente en términos de la cantidad de hormigón vertido para construir edificios, carreteras, puentes, escuelas, hospitales y utilidades recreacionales. El hormigón es una mezcla de cemento, piedra triturada y arena. La arena en una isla pequeña se obtiene principalmente de las playas, las dunas y los cauces de los ríos.

Las operaciones de extracción en las áreas costeras generalmente crean erosiones de playas y suelos y costosas

propiedades de bienes y terrenos agrícolas se pierden permanentemente con el avance acelerado del mar. Cambios en la configuración de la costa por la construcción de desarrollos costeros y estructuras protectivas agravan el problema de la erosión. El constante oleaje consume las playas, socava los muros marinos, inestabiliza casas, destruye calles y erosiona ciudades.

Cuando el gobierno aplica controles estrictos a las actividades extractivas de las playas, las operaciones se mudan tierra adentro a las dunas, los cauces de los ríos y los terrenos arenosos detrás de las playas. La extracción de arena en estos depósitos generalmente crea erosión de suelos y problemas de sedimentación en los cuerpos de agua. Lagunas llenas de aguas estancadas se dejan en las márgenes de las playas y los ríos, eliminando así terrenos fértiles o áreas residenciales.

La extracción de rocas para producir piedra triturada deja cicatrices profundas en el terreno y las operaciones de molienda producen contaminación de aire y agua. Aunque estos problemas pueden remediarse instalando equipo costoso, no es hasta que el mal está hecho que se decide por su corrección.

El movimiento de tierras con el fin de despejar los terrenos para el desarrollo subsiguiente exponen al suelo a través de la eliminación de la capa vegetativa e inician ciclos severos de erosión de suelos. Una vez el terreno haya sido preparado para el desarrollo, una selva de cemento se siembra con la construcción de residenciales al costo más bajo. La construcción de casas sencillas abren paso al desparramamiento urbano que requiere una infraestructura costosísima para proveerle a la comunidad sus necesidades diarias de agua, luz, teléfono, alcantarillado, calles, etc.. El uso intensivo del automóvil se convierte en una necesidad por la falta de transportación colectiva o en masa. El automóvil trae consigo la congestión de tránsito y la contaminación de aire y ruido. Finalmente, propicia el depósito de chatarra al convertirse inservible con el vertir de los años.

Para tratar de detener el desparramamiento urbano, se construyen edificios de multipisos o rascacielos aumentando la densidad poblacional en algunas partes de la ciudad. Las altas densidades poblacionales originan una gama de problemas sociales desde la droga al crimen. Con el deterioro de la ciudad, las clases más acaudaladas se mudan a los suburbios y simultáneamente se reducen los ingresos por impuestos de la ciudad generando déficit presupuestarios en los gobiernos locales.

La basura se concentra en la ciudad, se recoge en camiones y se dispone en el vertedero. Si la basura no se entierra diariamente, la lluvia cae sobre los desperdicios y la escorrentía contamina los cuerpos de agua. La basura es también quemada por los empleados públicos o por rescata-dores que buscan metales y otros objetos para reutilizarlos. La quema a campo abierto causa contaminación de aire sobre las comunidades ubicadas viento abajo del basurero. La lixiviación de la basura contamina las aguas subterráneas. Con el aumento de sustancias tóxicas y peligrosas en nuestros quehaceres diarios, la contaminación del aire, agua y terreno puede causar graves daños a la salud de los habitantes de la ciudad.

La vida en la ruralia sigue un tiempo más lento y diferente al de la ciudad. La gente cansada de la ciudad retornan al campo y viajan diariamente a las ciudades para trabajar en la urbe. Algunos vuelven nuevamente a la tierra y la vieja finca se reabre. Problemas de erosión se desar-rollan en la finca por movimientos de tierra para construir caminos o por pobres prácticas agrícolas. Deslizamientos, erosión de suelos y sedimentación de los cursos de agua se desarrollan mientras que la campiña es devorada por la expansión urbana.

El cultivo de la tierra requiere la eliminación de la cubierta vegetal para la siembra. En áreas de pendientes inclinadas y alta precipitación, se inicia un ciclo de erosión de suelos que elimina totalmente el suelo fértil al dejar la roca aflorando en la superficie. Esta fue una práctica común durante el pasado siglo para proceder con el cultivo del café. De esta manera, se eliminaron vastas extensiones de bosques tropicales para cultivar la tierra. Aún en áreas relativamente planas, la erosión de suelos es un enemigo serio.

La caña de azúcar se corta y se transporta hasta el ingenio donde el molino descarga el agua con altos conte-nidos de materia orgánica al cuerpo de agua más cercano. La molienda de la caña de azúcar también trae contaminación de aire generado por el particulado emitido por la chimenea. Estos ingenios son viejos y requieren la instalación de costosos equipos de control de contaminación.

El desarrollo industrial requiere energía para mover las máquinas. La energía es generalmente producida en las Islas del Caribe mediante la quema de combustibles fósiles, especialmente el petróleo. Las plantas generatrices de energía eléctrica queman petróleo y causan contaminación de aire cuando los combustibles tienen un alto contenido de azufre. Además, causan contaminación de agua por la descarga

caliente del agua de enfriamiento. La necesidad de combustibles trae la refinería de petróleo que también añaden a la contaminación de agua y aire y la refinería atrae las petroquímicas. Repentinamente, un complejo petroquímico se ha desarrollado en una pequeña Isla del Caribe y su economía se convierte casi por completo dependiente en el flujo de petróleo.

El riesgo de derrames de petróleo aumenta proporcionalmente con el incremento de las importaciones de petróleo crudo y las exportaciones de productos derivados de petróleo. Derrames de petróleo pueden ser causados por las operaciones de trasbordo en el puerto, por accidentes de buques tanques, o por prácticas pobres de manejo. Derrames de petróleo afectan adversamente las playas, los mangles, la vida marina, la pesca, el turismo y las utilidades recreacionales costeras. El daño a la vida silvestre puede ser extenso, afectando todos los organismos desde el plankton microscópico a las aves marinas. La expansión industrial se torna más sofisticada con el establecimiento de plantas químicas que usan sustancias peligrosas. Con el aumento en el comercio de sustancias tóxicas y peligrosas, el riesgo de derrames más devastadores aumenta a un ritmo acelerado en las aguas costaneras y amenaza otras islas que no tienen tales industrias.

Hoy vivimos en un momento histórico cuando el medio ambiente está sufriendo un violento cambio y nos enfrentamos repentinamente a una realidad distinta al descubrir que los conceptos de nuestros padres ya no corresponden a las condiciones actuales. No obstante, muchas personas no se dan cuenta de las realidades por carecer de información adecuada y los que tenemos la información no poseemos la capacidad de integrarla a nuestros principios de desarrollo para afrontar la situación actual del medio ambiente. Numerosos estudios del problema ecológico nos señalan que debemos tener conciencia de nuestra actitud hostil hacia el medio, pero ninguno nos responsabiliza a cada uno de nosotros por la crisis ambiental. Estos estudios hablan del hombre como si fuera una entidad abstracta, sinónimo de una sociedad, cultura o civilización. Sin embargo, todos los estudios llegan a la conclusión de que la solución radica en el cambio de valores y hábitos de todos los seres humanos. La solución requiere que cada persona esté consciente de su potencial destructivo, que pueda estimar el daño individual y que pueda llevar a cabo modificaciones positivas al reconocer el significado de su propia conducta.

Nuestro concepto de que somos seres distintos al resto del mundo se relaciona con nuestra necesidad de controlar el medio ambiente. Mientras más controlamos la naturaleza, más alejados nos sentimos de la idea de que somos parte y eslabón del ecosistema. Al darnos cuenta de nuestra superioridad

ante otros organismos, hemos dividido el universo en dos: nosotros y todos los otros seres existentes. El hombre urbano bajo el atractivo del dinero, de conceptos materiales y encerrado en sus ciudades inhóspitas, se encuentra progresivamente separado de la experiencia viva y la concientización de los principios biológicos. La capacidad de consumo nos lanza a un alto nivel de vida dividiendo a los habitantes del planeta en consumidores y consumidos, a sus países en desarrollados y subdesarrollados. Nuestra separación casi absoluta con nuestro medio ambiente, al sentirnos seres distintos y contruidos de una sustancia especial, ha contribuido significativamente a desarrollar una actitud destructiva hacia el medio. En vez de confrontar la situación, encontramos caminos mentales para negar, rechazar, engañarnos y posponer las soluciones.

Las actividades desconsideradas de la humanidad van reduciendo paulatinamente la capacidad asimilativa del medio ambiente para mantener la calidad de la vida, especialmente cuando el aumento poblacional y el consumo material plantean unas crecientes exigencias humanas. La relación entre el ser humano y el medio ambiente continuará empeorándose hasta que se establezca la población, se adopte una nueva ética ambiental, se establezcan unos nuevos valores y hábitos humanos y se aspire a un desarrollo sostenido en vez de un crecimiento desproporcionado.

El desarrollo ha sido definido por las Naciones Unidas como la modificación del medio ambiente y la aplicación de los recursos naturales, humanos y financieros en aras de la satisfacción de las necesidades humanas y el mejoramiento de la calidad de la vida. Cuando el desarrollo intenta alcanzar las finalidades del hombre mediante la utilización máxima del medio ambiente, la conservación trata de lograr estas finalidades sosteniendo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Aunque sería en vano esperar que la gente cuya supervivencia es ya precaria y cuya esperanza de prosperar sea ínfima, subordinen sus necesidades inmediatas a la posibilidad de una recompensa lejana. En este caso solo el desarrollo sería capaz de romper el círculo vicioso de la miseria causada por la degradación ambiental que produce aún más pobreza. Para que este desarrollo no sea a largo plazo contraproducente, deberá ser un desarrollo sostenido.

Una estrategia diseñada a lograr un desarrollo sostenido puede ejecutarse en tres etapas para no ocasionar una dislocación económica muy grave. En la primera etapa, se aplican unas medidas de control de contaminación combinadas con unas soluciones tecnológicas que están influenciadas por su viabilidad económica. Esta etapa provee un período de amortiguamiento donde los límites materiales se extienden,

pero no resuelven las causas que originan el problema. Actualmente ya estamos implantando algunas de estas medidas al requerir la instalación de unos equipos de control de contaminación. En la segunda etapa, se aplicarán unas medidas de racionamiento que obligan al sistema económico a producir dentro de unos límites ecológicos viables, pero estas medidas actualmente son incompatibles con los valores de nuestra sociedad. Sin embargo, la necesidad urgente de aplicar medidas de racionamiento se palpa en el consumo de energía y el uso indebido de terrenos cultivables. En la tercera etapa, se aplican medidas sociales dirigidas a eliminar las raíces del crecimiento material a través de unos nuevos valores humanos y las aspiraciones del pueblo. Esto solo se podrá obtener mediante educación a largo plazo y la autodisciplina basada en una nueva ética ambiental donde el ser humano y el medio ambiente puedan existir en armonía productiva a través de un aprovechamiento sostenido.

La Tierra es todavía joven, mirándola desde el punto de vista geológico, pero nosotros la estamos envejeciendo a un paso acelerado con nuestras acciones desconsideradas. Tenemos ahora la gran oportunidad de aplicar nuestros conocimientos científicos para conservar un ambiente agradable y saludable. Sin la aportación de ustedes, los ingenieros de UPADI, esta tarea será difícil o imposible de realizar. Será mediante la utilización de tecnología que la mayoría de estos problemas se resolverán, pero debe ser una tecnología enfocada hacia un desarrollo sostenido. No lo habamos por nosotros, que quizás no vivamos mucho en el próximo siglo. Vamos hacerlo por nuestros hijos, por nuestros nietos y por las generaciones futuras. Estoy seguro que ellos lo agradecerán más que cualquier cosa que puedan heredar. Muchas gracias.

v

PUERTO RICO VIVIENDA 82 Y SUS ALTERNATIVAS

Ing. Jorge A. Pierluisi
Secretario
Departamento de la Vivienda

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
1 al 7 de agosto de 1982

1^{er} CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA CIVIL

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

PUERTO RICO VIVIENDA 82 Y SUS ALTERNATIVAS

Por:

Jorge A. Pierluisi
Secretario
Departamento de la Vivienda

2 de agosto de 1982

Señoras y Señores, muy buenas tardes:

Es para mí un verdadero privilegio y una encomienda de gran responsabilidad representar a Puerto Rico con la ponencia gubernamental en el Primer Congreso de Ingeniería Civil de la Decimoséptima Convención de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros. El compartir ideas, puntos de vista y métodos de acción con excelentes profesionales de la ingeniería en nuestro mundo panamericano, ha sido también un estímulo vital que me motivó a participar en UPADI-82.

Me sentiría satisfecho si alguna de las experiencias y lineamientos de acción que hemos seguido hacia la solución de los problemas de vivienda en Puerto Rico, tuvieran aplicabilidad a la solución de los problemas de vivienda de los países hermanos participantes.

Las características específicas de los patrones de desarrollo económico y social de Puerto Rico y nuestras relaciones con nuestros conciudadanos en Estados Unidos hacen de la Isla una comunidad con elementos valiosos para la observación y análisis de otros países con condiciones similares a las nuestras en el aspecto socio-económico y cultural. Inclusive, en la Isla se han aplicado experimentalmente, alternativas a la problemática habitacional que después han sido aplicadas con éxito en otros estados de la Nación.

Las circunstancias actuales nos estimulan hacia la búsqueda de procesos nuevos para alcanzar productividad y soluciones efectivas, por las condiciones limitadas de los mercados en la construcción de viviendas adecuadas al alcance de las familias con medianos y escasos recursos económicos. Me atrevería afirmar que esta condición, que restringe el desarrollo de la Ingeniería Civil en Puerto Rico, es común en casi todos los países participantes de este Congreso y estoy seguro que ustedes tendrán aportaciones muy valiosas a la problemática de la vivienda de Puerto Rico.

PONENCIA GUBERNAMENTAL DE PUERTO RICO

I. Introducción

La provisión de albergue es una de las necesidades básicas del hombre, junto a alimentación y vestimenta. Sin embargo, albergue no es solo un techo, un piso, materiales, diseño; incluye también, aspectos de localización, acceso a empleos, educación, seguridad, salud, facilidades públicas, sentido de pertenencia, etc.

El concepto de vivienda ha evolucionado a través de la historia desde la simple función de proteger al hombre de las inclemencias del tiempo, hasta nuestros días en que responde a complejas funciones sociales y cuya definición debe incluir servicios esenciales tales como agua, electricidad, y todos aquellos que promuevan un ambiente seguro, sano e higiénico.

La vivienda, elemento esencial de nuestra vida comunitaria y una de las principales áreas de responsabilidad gubernamental, representa una actividad compleja. Su dinámica incluye los valores sociales prevalecientes, las preferencias y aspiraciones de la población, el nivel de desarrollo socio-económico, el estado del ambiente y el grado de desarrollo urbano y rural. La Ingeniería Civil de los tiempos actuales, que practicamos con honra y orgullo, debe ampliar los horizontes y perspectivas y debe abarcar el ámbito humano de las familias a quienes sirve en todas sus dimensiones.

II. Problema de la Vivienda

El problema de la vivienda es trascendental en la vida de un pueblo, ya que afecta la productividad y estabilidad del mismo. Es de tal magnitud, y se complica con tal rapidez, que resulta imperativo buscar nuevas alternativas que permitan agilizar la construcción y la rehabilitación de unidades inadecuadas para promover mejores unidades de vivienda para beneficio de nuestras familias. El Gobierno de Puerto Rico reconoce el derecho de las familias a disfrutar de una vivienda adecuada y su responsabilidad para propiciar el disfrute de un hogar que propenda al desarrollo de las potencialidades y aspiraciones del ser humano.

No es tarea fácil eliminar o reducir el número de viviendas inadecuadas ya que existen varios factores que contribuyen a magnificar el problema, entre ellos: el crecimiento poblacional, la migración de familias de la zona rural a la urbana en busca de más y mejores oportunidades de empleo, el retorno a la Isla de muchas familias puertorriqueñas, la inmigración de ciudadanos de otros países, las invasiones de terrenos, así como el deterioro natural de las viviendas ya existentes, la escasez de terrenos y el aumento en los costos de construcción y financiamiento.

De acuerdo a cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda de 1980, la situación actual de la vivienda en Puerto Rico refleja que para una población de 3.2 millones de habitantes existe un inventario de 990,172 unidades, de las cuales unas 217,000 son inadecuadas y de éstas 77,000 no son rehabilitables. Por otro lado anualmente se constituyen unas 20,000 nuevas familias que van a incrementar la necesidad de vivienda. No hay familia sin vivienda en Puerto Rico, aunque sí viviendas inadecuadas, muchas de ellas consideradas así, por hacinamiento.

Esto es indicativo de que para resolver el problema habitacional en Puerto Rico, debemos tener un enfoque agresivo hacia la rehabilitación de la vivienda inadecuada existente y contruir un mínimo de 28,000 unidades anualmente para reemplazar en 10 años las unidades inadecuadas, al presente no rehabilitables y proveer viviendas a las nuevas familias.

Los siguientes objetivos constituyen elementos básicos para el desarrollo de nuestra política pública:

- Mejorar la calidad de vida en las áreas residenciales tanto en la zona urbana como en la rural y propiciar un ambiente apropiado, seguro y saludable para los residentes a un costo proporcional a su capacidad económica:
- Estimular la provisión de hogares adecuados para todas las familias, especialmente a las familias con ingresos bajos y moderados.
- Mejorar las condiciones físicas, sociales y económicas de las comunidades, sustituyendo las viviendas inadecuadas y deteniendo el deterioro en las zonas urbanas.

- Proteger el carácter peculiar del sector rural, reduciendo la vivienda inadecuada, proveyendo oportunidades de empleo y estimulando la permanencia de las familias en las áreas rurales.
- Relacionar la vivienda con factores económicos, utilizando aquellos mecanismos fiscales y financieros que respondan más efectivamente a las necesidades de las familias en la obtención de su vivienda.
- Alcanzar una mayor eficiencia y economía en la producción de viviendas, de manera de hacer hogares adecuados accesibles a familias de distintos grupos económicos.
- Realizar diseños más apropiados de la vivienda que se adapten a nuestro medio ambiente e idiosincracia.
- Integrar todos los esfuerzos gubernamentales en la planificación de la vivienda para coordinar las acciones y decisiones de los sectores públicos y privados para afrontar las necesidades y demanda por vivienda.

III. Marco Filosófico

"Vivienda Para Los Muchos y "Lo Necesario Es Lo Que Cuenta" son las dos premisas fundamentales que enmarcan nuestra filosofía de vivienda. Estos lineamientos de acción han sido producto de una evaluación cuidadosa y minuciosa de todos nuestros programas para encaminarlos correctamente de acuerdo a la realidad social y económica de Puerto Rico.

Aspiramos, dentro de las circunstancias actuales, a mitigar el problema de vivienda en la Isla, tomando en consideración dos criterios vitales: La función práctica y eficiente de nuestros programas y el involucramiento social y comunitario con las familias a quienes servimos. La comunidad en general y los sectores privados y públicos son elementos fundamentales hacia la solución de nuestros problemas de vivienda y así el Gobierno lo reconoce y busca los medios de mantener los lazos de comunicación y de ayuda mutua hacia la meta común de mejorarnos todos.

Para poder instrumentar la estructura programática y los enfoques filosóficos ya mencionados del sector de vivienda, estamos dirigiendo todos nuestros esfuerzos también hacia la modificación de las expectativas de vivienda de la comunidad puertorriqueña, especialmente nuestra clientela primaria, las familias de escasos recursos económicos.

La familiarización del consumidos con el concepto de una vivienda básica más pequeña y compacta, obviando lo deseable pero opcional, es esencial para el logro de nuestras metas.

IV. Marco Económico

Al analizar la problemática de vivienda no puede pasarse por alto el marco económico en que se desenvuelve actualmente Puerto Rico. Es por lo tanto, una necesidad inminente interesarse y comprometerse con la actividad económica de la Isla que genera la construcción de viviendas.

El papel que desempeña la Industria de la Construcción en toda esta problemática es sumamente importante.

Durante los últimos años, el Gobierno de Puerto Rico ha sido consistente en reconocer que la Industria de la Construcción es un indicador económico vital para la Isla y a tales fines, ha tomado medidas para mantenerla como una fuerza económica de impacto positivo. La creación del Consejo Asesor del Gobernador Sobre la Industria de la Construcción, es una de estas medidas.

El propósito de este organismo asesor es unir los recursos públicos y privados de forma tal que los mismos sean más productivos y efectivos en ayudar a la Industria de la Construcción. Esta industria es una de las más afectadas cuando el País sufre alguna crisis económica. Sin embargo, es una de las que más empleo genera. El efecto de una inversión en esta industria se refleja rápida y positivamente sobre la economía. El Consejo está compuesto por miembros de instituciones privadas y Agencias del Gobierno designadas por el Gobernador.

No obstante, las iniciativas gubernamentales, han tenido que enfrentarse a obstáculos muy difíciles, entre los más significativos, bregar con una economía trastrocada por las leyes de subsidio.

Tanto el Gobierno Federal como el Insular, con el propósito de ofrecer una ayuda a las familias con bajos y limitados ingresos, que no tenían un lugar adecuado e higiénico para vivir, ni los recursos para obtenerlos, diseñaron varios programas de asistencia pública o subsidios para viviendas. Estos programas estaban orientados a cubrir en parte las altas tasas de interés hipotecario, a proveer los medios a las familias sin la capacidad de compra para que pudieran alquilar la vivienda necesaria, así como para estimular la Industria de la Construcción.

En un momento dado, estos programas llenaron su cometido pero se dependió demasiado de los mismos. Lo que ocasionó que éstos crearan un movimiento económico artificial sobrecargando el presupuesto del Gobierno Estatal y el Federal. Una vez que se han estado reduciendo y en varios casos eliminando estos programas de subsidios, se hace evidente un desajuste en el equilibrio de nuestra economía, pues actividades como la construcción de unidades de vivienda tendrán que crear su propia estabilidad y crecimiento sin subsidio directo gubernamental. Esta situación obligará a los constructores a producir solares y unidades de vivienda más económicas al alcance de las familias de bajos y moderados ingresos.

Muchas familias compraban unidades de viviendas de mayor tamaño de lo necesario y con facilidades opcionales no absolutamente necesarias, sin exigir calidad, ya que se les facilitaba el así hacerlo. En adición a esto, tampoco se estableció una verdadera competencia en los sistemas de financiamiento ya que los subsidios cubrían todo el exceso.

En el año 1981 el impacto económico de estos programas de subsidio resultaba ya una carga demasiado onerosa para el erario público a nivel local, a medida que se fueron reduciendo o eliminando los subsidios a nivel federal.

V. Política Pública de Vivienda

A. Las metas de la política pública del sector de la vivienda son las siguientes:

- 1- Facilitar, en el alcance que sea posible, la aspiración de que cada familia pueda proveerse en el tiempo más corto de una vivienda adecuada conforme a sus necesidades, preferencias y posibilidades económicas, y en un ambiente adecuado que propicie una sana convivencia.

- 2- Poner un máximo esfuerzo en el tratamiento y rehabilitación de áreas deterioradas, conservando y enaltecendo los valores positivos de los vecindarios existentes.
 - 3- Aumentar las oportunidades a las familias de ingresos bajos para que puedan adquirir un hogar propio adecuado, incorporando nuevas alternativas: Viviendas modestas, transitorias, o de desarrollo progresivo, a las opciones prevalecientes.
 - 4- Fortalecer la coordinación de servicios socio-educativos en los núcleos habitacionales de familias con ingresos limitados, enfatizando así la preocupación por el desarrollo integral del ser humano.
 - 5- Establecer criterios racionales para guiar en forma ordenada el futuro desarrollo de las áreas residenciales.
 - 6- Integrar las relaciones del sector vivienda con las políticas de desarrollo general, regional y comunal de Puerto Rico.
- B. Las siguientes son las alternativas que se han programado hacia la solución de la problemática habitacional de Puerto Rico:
- 1- La experimentación con diferentes materiales y técnicas de construcción, prestándole un interés muy especial a las viviendas de tipo industrializado. Hemos analizado distintos sistemas de este tipo y su aplicación en la vivienda de interés social, así como la preparación de prototipos de vivienda unifamiliar y multifamiliar.
 - 2- La evaluación de diferentes diseños de vivienda construidos a base de materiales más económicos utilizando técnicas sencillas, a manera de sustituir en un plazo más breve el inventario actual de vivienda inadecuada.
 - 3- Mejor utilización del terreno y su interrelación con áreas adyacentes, mediante estudios de diseño urbano para sectores urbanizados y áreas vacantes.

- 4- Desarrollo Concepto Comunidad Río Bayamón - Dicho concepto tiene elementos sumamente significativos en la lucha diaria con los problemas de vivienda, porque reúne de una forma integrada y armoniosa los diferentes sectores públicos y privados hacia la solución de un problema común. La coordinación interagencial representada en las agencias que componen la Comisión para el Desarrollo de la Comunidad del Río Bayamón designada por nuestro Honorable Gobernador mediante Orden Ejecutiva y de la cual el Secretario de la Vivienda es Presidente, ejemplariza a las agencias trabajando en acción coordinada. Dichas agencias son la Junta de Planificación, Administración de Terrenos, el Departamento de la Vivienda y el Municipio de Bayamón.

La integración del Municipio de Bayamón a ésta Comisión no solo representa al Gobierno Municipal laborando en conjunto con el Estado, sino también viabiliza la oportunidad para poder competir por los fondos UDAG (Urban Development Action Grants) del Gobierno Federal. Estos fondos serán utilizados primariamente en el desarrollo de la infraestructura del proyecto. Entendemos, y ya los estamos recibiendo mediante la opinión oficial que emitiera recientemente la Asociación de Constructores de Hogares de Puerto Rico, que esto es un elemento que resulta ser más atractivo para los inversionistas que desarrollarían el proyecto en sus distintas etapas. Felizmente, los beneficiados serán las familias participantes quienes podrán optar por una vivienda adecuada a un precio razonable.

- 5- Hemos estudiado alternativas para usos más intensivos de terrenos remanentes del Departamento de la Vivienda y de otras agencias gubernamentales.
- 6- Hemos evaluado los aspectos sociales, económicos, físicos y administrativos de los programas relacionados con el campo de la vivienda y la renovación urbana. Las recomendaciones de

estos estudios ayudan en la orientación y evaluación de la política pública así como a mejorar los instrumentos y recursos existentes para su ejecución. Contribuyen también, a orientar en forma más efectiva los esfuerzos combinados de la planificación con la acción.

- 7- Para lograr un mayor acceso a la vivienda propia es necesario tomar distintas medidas, tales como: La disponibilidad de terrenos, el abaratamiento de los costos de construcción y el mejoramiento de los niveles de vida de las familias.
 - a. Consideramos que el concepto de proveer lo esencial en las unidades de vivienda debe ser observando en la construcción de otros tipos de vivienda si con ésto se logra abaratar los costos de las mismas y llegar a un mayor número de familias. Cada sector económico puede obtener un tipo de vivienda que responda a sus necesidades reales y a sus expectativas esenciales, sin que se afecte el poder adquisitivo de las familias.
 - b. Hemos desarrollado nuevos conceptos y alternativas de vivienda para beneficio tanto de las familias de la zona urbana como de la ruralía. Entre estos nuevos conceptos encontramos el de las "Casas Básicas Habitables" dirigido a solucionar los problemas de vivienda de nuestras zonas urbanas y el de "Vivienda Típica" para las zonas rurales. La Vivienda Básica es una unidad cuya estructura básica incluye balcón, sala-comedor, cocina, una habitación y un baño, a la cual se le pueden hacer expansiones periódicas hasta convertirla en un amplio hogar, en la medida en que las necesidades de la familia aumenten y los recursos les permitan. Su precio es razonable y con ella se estarán cubriendo las necesidades inmediatas de albergue con todas las comodidades indispensables. La Vivienda Típica es nuestra opción

actualizada para las zonas rurales, que representa la evolución del Programa de Ayuda Mutua y Esfuerzo Propio, conocido en toda Latinoamérica. Hemos logrado con este programa ofrecer una unidad de vivienda adecuada a las familias de la zona rural en corto tiempo sin perder el principio básico de envolver a la familia personalmente, en la construcción de sus viviendas.

- c. Debemos continuar desarrollando mecanismos para reducir el costo de la infraestructura de las facilidades vecinales en los proyectos de vivienda.

Se debe sufragar el costo de gran parte de los mismos, de fondos Estatales, Federales o de Agencias de Servicios, de manera que éste renglón no tenga que ser totalmente costeado por el comprador de una vivienda. Otra alternativa para mejorar esta situación es desarrollar proyectos de vivienda en aquellas áreas donde ya exista gran parte de la infraestructura.

VI. Conclusiones Generales

- A. La aceptación por el consumidor de una vivienda esencial más pequeña y compacta, susceptible a ser mejorada cuando los ingresos de la familia así lo permitan, es una meta fundamental en nuestro proceso de mitigar significativamente el problema de la vivienda en Puerto Rico.
- B. Países en proceso de desarrollo no deben cometer el error de, por excesivo paternalismo, conceder regalías y soluciones que no puedan seguir ofreciéndose en el futuro.

Esta situación lo que propicia es un crecimiento económico artificial que proyecta en las familias servidas un espejismo de abundancia y prosperidad, que hace muy difícil el regreso a la realidad, cuando las circunstancias gubernamentales impiden conceder estos tipos de ayuda.

Pero más importante aún, este espejismo evita que las familias adquieran la perspectiva correcta entre su poder adquisitivo y el producto al que aspiran. Al no tener que pagar por unas comodidades deseables pero no esenciales en una vivienda, no exigen calidad en lo básico de la vivienda y comienza un proceso de construcción que deja mucho que desear en términos de lo que es una vivienda duradera, y las familias vienen a notarlo y sufrirlo mucho tiempo después de haber hecho la inversión en lo que supuestamente sería su hogar ideal. Por esto, que nuestra sugerencia a los países que han estado o estén pasando por un proceso similar al de Puerto Rico, es que mantengan una perspectiva realista del tipo de producto que se le ofrece a las familias, haciendo énfasis en lo básico indispensable y sostenible.

- C. La selección de métodos y programas de vivienda debe considerar fundamentalmente las preferencias y necesidades en un momento dado, de las familias a quienes se sirve. Porque de las necesidades de la gente misma es que emergerán las alternativas de hogar adecuado que se ofrecen a las familias en unas circunstancias específicas. El planificar y programar viviendas sin considerar el criterio humano no conduce a otra cosa que al fracaso en más o menos corto o largo plazo.
- D. El crecimiento poblacional, la migración de familias de la zona rural a la urbana en busca de más y mejores oportunidades de empleo, el retorno a la Isla de muchas familias, la inmigración de ciudadanos de otros países, las invasiones de terrenos, así como el deterioro natural de las viviendas ya existentes, la escasez de terrenos y el aumento en los costos de construcción y financiamiento, son problemas comunes de muchas comunidades Latinoamericanas participando en este Congreso. La única manera de resolverlos es buscando nuevas alternativas que permitan agilizar la construcción y la rehabilitación de unidades de vivienda.
- E. La migración agresiva de las familias de la zona rural a la urbana, es un elemento fundamental que debe mantenerse bajo control, si no se quiere llegar a la problemática de hacinamiento y los problemas sociales que esto ocasiona, por falta de destrezas,

de oportunidades de empleo y una adaptación a patrones nuevos de conducta. En un momento particular de nuestro desarrollo social y económico, la zona urbana va a perder estímulos atractivos para las familias y entonces nos encontramos con el regreso a la ruralía y debemos estar preparados para ofrecer alternativas adecuadas.

- F. La infraestructura es uno de los factores que más encarece el costo de las viviendas. Es preciso establecer estrategias a nivel gubernamental para facilitar a los desarrolladores privados una infraestructura básica que les permita abaratar sus costos y ofrecer una vivienda a las familias al alcance de su bolsillo.
- G. El Gobierno de Puerto Rico continuará fortaleciendo una política de esfuerzos coordinados entre el Gobierno y la Industria de la Construcción privada, pero hacia la eliminación total del paternalismo tradicional en la Isla.
- H- Al 1982, constructores, desarrolladores, y consumidores no han aceptado aún que las expectativas de vivienda presente, tienen forzosamente que adaptarse a las realidades actuales. Es inminente la transformación radical de los patrones de consumo, evolucionando hacia un tipo de vivienda más pequeña y compacta, que sea el comienzo del hogar ideal. Es por eso, que definitivamente la Industria de la Construcción no puede pasar un día más, sin aceptar que hay unas circunstancias que van a prevalecer por mucho tiempo como parte fundamental de nuestra realidad económica y no importa lo que hagamos, ineludiblemente, tendremos que levantar la Industria de la Construcción de viviendas puertorriqueñas, con incentivos distintos entre los cuales no hay cabida para programas de subsidio a los intereses de las hipotecas.
- I. El Gobierno Federal, lejos de continuar enfrentando la crisis de la construcción con dosis masivas de asistencia económica, está tomando

medidas deliberadas hacia la emancipación total de la industria, bajo el supuesto de que los sectores privados deben estar en libertad de producir y generar su propia estabilidad y crecimiento. Lo que se pretende es, que la industria sobreviva sin excesiva ayuda del Gobierno y para demostrarlo, la Administración del Presidente Reagan, inició la reducción, y en algunos casos prácticamente eliminó los subsidios. El impacto inmediato de esta medida en la Nación y en Puerto Rico, ha sido en primera instancia, negativo para la producción de viviendas.

- J. Los Constructores de Hogares deberán reenfocar su programación. El Gobierno confía en que éstos producirán solares y viviendas más económicas que permitan ofrecer unidades modestas para ampliar el sector económico que puede comprar viviendas sin subsidios.
- K. Uno de los factores más positivos de un Gobierno Democrático con una economía balanceada, es una clase media fuerte que mantenga el equilibrio sano de nuestra sociedad. En el caso de Puerto Rico, ampliando el ámbito de acción de este gran grupo comunitario, ha surgido una nueva clase media fluctuante, en constante crecimiento con ingresos que solo le permiten comprar algún tipo de vivienda modesta. Una nueva clase media cuya permanencia en ese sector va a depender del poder adquisitivo de sus ingresos para mantenerse en ese nivel y que representa el sudor y esfuerzo de las familias por crecer y progresar.
- L. El Programa de Vivienda Básica Habitable que implanta nuestro Departamento, todo lo que intenta es probar que se puede hacer. Arriesgarnos para enseñar el camino. Si la industria privada sigue esa dirección, y no tiene que ser exactamente al mismo nivel de precios que nosotros, llega a todos los niveles económicos hacia la solución de los problemas habitacionales.
- M. Una de las mejores maneras para facilitar la adquisición de viviendas por las familias necesitadas, sería mediante el mejoramiento de sus niveles de vida. Bajar los niveles de desempleo en estos grupos familiares y propiciar empleos mejor

remunerados debe ser una meta del futuro inmediato. En el grado en que podamos desarrollar programas específicos que aumenten las destrezas ocupacionales de nuestra clientela, estaremos proveyéndoles los medios necesarios para que éstos puedan tener opción para nuestros programas de vivienda.

VII. Conclusión Final

La Ingeniería Civil, para que tenga aplicabilidad práctica y eficiente en los tiempos que vivimos, debe humanizarse y sensibilizarse, captando las inquietudes, necesidades y preferencias de la gente en la actividad de vivienda. Este proceso de educación integral en la Ingeniería Civil debe tener la misma importancia que la capacitación altamente técnica y progresiva, en todos los aspectos de la profesión.

VIII. Cierre de Ponencia

El problema habitacional de Puerto Rico, es uno de muchas facetas pero a pesar de los problemas presentes, podemos enorgullecernos de un honroso ritmo de crecimiento económico y social al que hemos impartido, nuestra iniciativa e idiosincracia puertorriqueña, con la comprensión y apoyo de la Nación.

No obstante, nuestro proceso de crecimiento no ha sido fácil, entre otras razones por nuestra situación geográfica de pequeña Isla en el Caribe con el 75% de su tierra fértil, pero extremadamente montañosa. Nuestra personalidad como Pueblo nos ha obligado a sobreponernos a esa perspectiva isleña que nos hacia visualizar nuestros problemas y alternativas de solución, como únicos en el mundo. Afortunadamente, hemos podido establecer un marco de referencia que va más allá de nuestro ámbito territorial y amplía significativamente los horizontes de Puerto Rico. Esta vivencia, en lugar de ser una limitación, es tal vez una alternativa adicional que podemos ofrecer a los países participantes como una opción al enfocar sus problemas, especialmente El Caribe y Latinoamérica. Nuestros problemas, especialmente los de vivienda, pueden seguramente tener características similares y este Congreso nos permitirá de manera única enriquecernos en experiencias para beneficio de la gran familia Panamericana.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Census of Population and Housing - U.S. Department of Commerce - Bureau of the Census - 1980.
- 2- Convención Anual, Asociación de Constructores de Hogares de Puerto Rico - Marzo -1982.
- 3- Convención Anual, Asociación Puertorriqueña de Corredores de Bienes Raíces - Abril - 1980.
- 4- El Significado de Vivienda Rural en el Desarrollo Integrado de la Ruralía - Naciones Unidas - 1978.
- 5- Evolución de la Política Pública de Vivienda hasta Vivienda -82 - Abril - 1982.
- 6- Informe Anual - Administración de Renovación Urbana y Vivienda - 1970-71.
- 7- Panel Ante Asociación Puertorriqueña de Corredores de Bienes Raíces - Septiembre 1981.
- 8- Política Pública de Vivienda de Puerto Rico - Junta de Planificación - 1980.
- 9- Política Pública del Departamento de la Vivienda 1981-1984.
- 10- Preparing a National Housing Policy - United States Agency for International Development - 1977.
- 11- Puerto Rico, Vivienda 82 - A New Outlook In Trends of Living - January 1982.
- 12- Seminario Regional Sobre el Problema Habitacional en Centroamérica, Informe Final - Guatemala - 1972.

VI

LA PROBLEMATICA DE LA APLICACION DE UNA CLAUSULA DE
AJUSTE DE PRECIO A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCION EN PUERTO RICO

Ing. Max Figueroa Domínguez
Consultor

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
1 al 7 de agosto de 1982

V CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA ECONOMICA Y DE COSTOS

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

LA PROBLEMATICA DE LA APLICACION DE UNA CLAUSULA DE
AJUSTE DE PRECIO A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCION EN PUERTO RICO

Por:

Max Figueroa Domínguez
Consultor

2 de agosto de 1982

"LA PROBLEMATICA DE LA APLICACION DE UNA CLAUSULA DE AJUSTE DE
PRECIO A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCION EN P.R."

PONENCIA NACIONAL POR PUERTO RICO

ING. MAX FIGUEROA DOMÍNGUEZ

DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS, HE TENIDO LA OPORTUNIDAD DE PARTICIPAR CON LOS COLEGAS DE VARIOS PAÍSES LATINOAMERICANOS, MIEMBROS DEL FEPIEC, HEMOS OBSERVADO EL GRAVE PROBLEMA ECONÓMICO POR EL QUE ATRAVIESAN ESTOS PAÍSES EN LA ACTUALIDAD. DENTRO DE ESTE PROBLEMA ECONÓMICO GENERAL SE DESTACA EL DE LA INFLACIÓN. SE HABLA EN ALGUNOS CASOS DE UNA INFLACIÓN ANUAL DE UN 50 PORCIENTO Y EN ARGENTINA SE HABLA HASTA DE UN 100 PORCIENTO ANUAL.

PUERTO RICO AÚN NO SUFRE DE UNA PROBLEMATICA INFLACIONARIA DE ESTA MAGNITUD PERO NO HAY DUDA DE QUE VIVIMOS EL PELIGRO DE ESTA TENDENCIA.

EN EL SISTEMA DEMOCRÁTICO QUE VIVIMOS EXISTE, A NIVEL ECONÓMICO, LA LIBRE EMPRESA, DENTRO DE ELLA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN ES UNO DE LOS MÁS IMPORTANTES RENGLONES. SIENDO ASÍ ES NECESARIO QUE DICHA INDUSTRIA SE SIGA FORTALECIENDO EN BIEN DEL PUEBLO DE PUERTO RICO Y DE TANTOS TRABAJADORES, TÉCNICOS Y PROFESIONALES QUE LA CONSTITUYEN. DEL ÚNICO MODO QUE ESTO ES POSIBLE ES GARANTIZANDO UN BENEFICIO QUE SEA RAZONABLE PARA QUE LO INVERTIDO EN CAPITAL EN ESTA INDUSTRIA SE MANTENGA A UN NIVEL QUE SIRVA PARA ESTABILIZAR LA ECONOMÍA EN GENERAL.

EN ESTOS MOMENTOS LA INDUSTRIA ESTÁ ATRAVESANDO POR UNA DISMINUCIÓN SUSTANCIAL EN EL VOLUMEN DE TRABAJO. PODEMOS CONSTATAR ESTO A TRAVÉS DE LOS NÚMEROS QUE SE DESPRENDEN DE LA VENTA DE ESTAMPILLAS DEL COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PUERTO RICO QUE DURANTE EL AÑO FISCAL

DE 1981 HA TENIDO UNA VENTA DEL 57 PORCIENTO DEL AÑO ANTERIOR. ESTO NOS INDICA QUE LO INVERTIDO EN ESTE AÑO HA TENIDO UNA BAJA SIMILAR.

LOS REPRESENTANTES DE LA INDUSTRIA HAN LOGRADO QUE ALGUNAS DE LAS AGENCIAS GUBERNAMENTALES DE PUERTO RICO ACEPTEN UNA METODOLOGÍA QUE APLICADA, SIRVA PARA COMPENSAR EL AJUSTE EN EL PRECIO DEL CEMENTO, HORMIGÓN Y ASFALTO. ESTA CLAUSULA, SIN EMBARGO, NO HA SIDO IMPLEMENTADA EN TODAS LAS AGENCIAS, LO QUE OCASIONA UNA DISPARIDAD EN LA PRESENTACIÓN DE LOS ESTIMADOS PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION. ES OBVIA LA RELACION QUE EXISTE ENTRE ESTE DATO Y EL RIESGO QUE SUPONE PARA LA ESTABILIDAD DE LA ECONOMÍA SI SE TOMA EN CONSIDERACIÓN ADEMÁS, LA DISMINUCIÓN EN EL VOLUMEN DE TRABAJO.

LOS DATOS ANTERIORES NOS OFRECEN EL MARCO DE REFERENCIA PARA SITUAR EL EFECTO QUE TIENE LA MENCIONADA CLAUSULA DE AJUSTE EN PRECIO EN SU APLICACION A LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN EN PUERTO RICO.

HEMOS ESCOGIDO UN TIPO DE PROYECTO QUE ENTENDEMOS ES REPRESENTATIVO DE UN RENGLÓN DE INVERSIÓN DE CAPITAL NOTABLE EN LA INDUSTRIA EN NUESTRO PAÍS. ESTE TIPO DE PROYECTO ES LA CONSTRUCCIÓN DE HOSPITALES. EN ALGUNOS CASOS LA DATA ES APROXIMADA, SIN EMBARGO ENTENDEMOS QUE LAS VARIANTES NO OFRECERÁN MAYOR PROBLEMA ANTE LA REALIDAD QUE PRESENTA LA INDUSTRIA NI PARA LOS EFECTOS DE ESTA EXPOSICIÓN.

EL ESTUDIO COMPRENDE LA EVALUACION DE UNA INFORMACIÓN QUE SE OBTUVO DE VARIOS PROYECTOS Y QUE INCLUÍMOS COMO ANEXO A ESTE TRABAJO. DICHS PROYECTOS SON: HOSPITAL SUB-REGIONAL DE BAYAMÓN, HOSPITAL DE AGUADILLA, HOSPITAL DE GUAYAMA, HOSPITAL DE YAUCO, HOSPITAL DE CAROLINA Y HOSPITAL

DE MANATÍ. ESTOS PROYECTOS FUERON CONSTRUÍDOS ENTRE LOS AÑOS 1971 Y 1980.

EN EL ESQUEMA NÚM. 1, NOTAMOS PRIMERAMENTE EL AÑO EN QUE FUE CONSTRUÍDO, EL COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN, EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE CADA PROYECTO, EL COSTO TOTAL POR PIE CUADRADO Y POR CAMA, EL COSTO DEL TRABAJO MECÁNICO POR PIE CUADRADO Y POR CAMA, EL COSTO DEL TRABAJO ELÉCTRICO POR PIE CUADRADO Y POR CAMA Y EL COSTO DE LA ESTRUCTURA POR PIE CUADRADO Y POR CAMA.

EL PROPÓSITO DE LA PRESENTACIÓN DE ESTE ESQUEMA ES EL DE TENER UNA VISIÓN DEL COSTO GENERAL Y DE LAS DIFERENTES PARTIDAS CON ÉNFASIS EN LAS ÁREAS PRINCIPALES DE TRABAJO TALES COMO MECÁNICO, ELÉCTRICO Y ESTRUCTURAL. SE INCLUYE ADEMÁS EL CONCEPTO DE COSTO POR CAMA POR SER ÉSTE IMPORTANTE EN LA RELACIÓN ENTRE LAS ZONAS Y LA MAGNITUD DEL COSTO DE LAS ZONAS ACCESORIAS A LAS HABITACIONES. ES ESPECIALMENTE IMPORTANTE YA QUE IMPLICA EL COSTO DEL EQUIPO QUE TIENE UN EFECTO NOTABLE EN EL COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN CUESTIÓN.

EL ESQUEMA NÚM. 2 PRETENDE ENTRAR UN POCO MÁS EN DETALLE EN EL COSTO DE LAS PARTIDAS MÁS IMPORTANTES POR PIE CUADRADO. SE ANALIZA ADEMÁS, EL EFECTO DEL PESO DE ESTAS PARTIDAS EN TÉRMINOS DE PORCIENTO. SE ESTUDIA CÓMO SE DESCOMPONE EL COSTO DE HORMIGÓN Y CEMENTO EN RELACIÓN A LA TOTALIDAD DEL PROYECTO. SE PUEDE NOTAR LA REALIDAD EN EL COSTO DE LAS PARTIDAS QUE ALGUNAS AGENCIAS GUBERNAMENTALES HAN ACEPTADO, EN TÉRMINOS GENERALES, COMO AJUSTE EN PRECIO DE UN CONTRATO.

EN EL ESQUEMA NÚM. 3 SE ESTABLECE YA, CONCRETAMENTE, LA RELACIÓN DEL COSTO DE LAS PARTIDAS QUE SON ACEPTADAS CON AJUSTES Y LA RELACIÓN CON EL COSTO TOTAL DEL PROYECTO. ESTE ESTUDIO INCLUYE LA VERIFICACIÓN DEL COSTO REAL DEL HORMIGÓN Y DEL CEMENTO EN CADA PROYECTO EN ESPECÍFICO. LA RELACIÓN CON EL COSTO TOTAL DE DICHS MATERIALES Y EL PORCIENTO QUE ESTO REPRESENTA EN RELACIÓN CON EL COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

EL ESTUDIO NOS OFRECE LA OPORTUNIDAD DE EVALUAR EN TÉRMINOS PORCENTUALES LAS VARIANTES EN ESTOS COSTOS. EN LA PARTIDA DE HORMIGÓN, POR EJEMPLO, NOTAMOS UNA VARIACIÓN COMPARATIVA DESDE EL 1.41 PORCIENTO HASTA UN 2.50 PORCIENTO, EL COSTO DEL MATERIAL DE CEMENTO VARÍA DESDE UN 0.65 PORCIENTO HASTA UN 1.17 PORCIENTO DEL COSTO REAL DEL CEMENTO. A CONTINUACIÓN DETALLAMOS LOS PUNTOS CLAVE QUE SE DESPRENDEN DE NUESTRO ESTUDIO.

PARTIDAS	AÑO 1971	AÑO 1980
1- COSTO DE CONSTRUCCION TOTAL POR PIE CUADRADO	58.60	84.70
2- COSTO TOTAL POR CAMA	51,664.00	146,988.00
3- COSTO TRABAJO MECÁNICO POR PIE CUADRADO	16.89	14.42
4- COSTO DE TRABAJO ELÉCTRICO POR PIE CUADRADO	8.45	12.88
5- COSTO DE TRABAJO ESTRUCTURAL POR PIE CUADRADO	6.82	13.80
6- COSTO DE HORMIGÓN POR YARDA CÚBICA	21.00	44.50
7- COSTO DE CEMENTO POR SACO	1.40	3.21

RELACION DE AUMENTO PORCIENTUAL POR PARTIDAS

1- AUMENTO DEL COSTO TOTAL POR PIE CUADRADO	45%
2- AUMENTO DEL COSTO MECÁNICO	85%
3- AUMENTO DEL COSTO ELÉCTRICO	95%
4- AUMENTO DEL COSTO ESTRUCTURAL	102%
5- AUMENTO DEL COSTO DEL HORMIGÓN	223%
6- AUMENTO DEL COSTO DEL CEMENTO	245%

PODEMOS VER CLARAMENTO LOS AUMENTOS EN COSTOS DE LAS DISTINTAS PARTIDAS. AHORA BIEN, EL COSTO REAL DE LOS MATERIALES QUE EL GOBIERNO DE PUERTO RICO HA ACEPTADO AJUSTAR, VARÍA EN EL CASO DEL HORMIGÓN DE UN 0.96 POR CIENTO A UN 2.15 PORCIENTO Y EN EL CASO DEL CEMENTO DE UN 0.38 PORCIENTO A UN 0.93 PORCIENTO. CONCLUÍMOS POR TANTO, QUE SÓLAMENTE SE ESTÁ RECONOCIENDO UN AJUSTE EN LOS PRECIOS EN UNA PARTIDA QUE PUEDE LLEGAR HASTA UN MÁXIMO DE 2.15 PORCIENTO. SI ESTE COSTO SE DUPLICARA SE AFECTARÍA EL RIESGO DEL CONTRATISTA EN UN 2 PORCIENTO.

NOS PREGUNTAMOS CÓMO QUEDA EL FACTOR COSTO, SI NO SE EVALÚA EL AJUSTE DE PARTIDAS TALES COMO EL TRABAJO MECÁNICO QUE EN EL AÑO 1971 COSTABA \$16.83/PC, Y QUE LLEGÓ A COSTAR EN UN MOMENTO DADO \$22.53/PC (EN EL ANÁLISIS POR PARTIDAS SE REFLEJA UNA BAJA EN COSTO, POSTERIORMENTE SUFRIÓ EL AUMENTO MÁXIMO), O UN AUMENTO DEL 33 PORCIENTO. EL TRABAJO ELÉCTRICO QUE EN EL 1971 COSTABA \$8.45/PC, LLEGÓ A COSTAR \$12.88 O UN AUMENTO DEL 52%.

ESTE PROBLEMA TIENE UNA MAGNITUD ASTRONÓMICA Y ENTENDEMOS QUE TANTO LA

INDUSTRIA PRIVADA COMO EL GOBIERNO PUEDEN COOPERAR PARA EVITAR LOS RIESGOS QUE ESTO SUPONE, EVITARÍA ADEMÁS EL QUE LOS CONTRATISTAS ESTIMEN EL COSTO DE LA INFLACIÓN, PROCURANDO UNOS PRECIOS RAZONABLES PARA LAS SUBASTAS DEL GOBIERNO.

EN RESUMEN, PODEMOS NOTAR QUE SE HA ACEPTADO ÚNICAMENTE UN AJUSTE EN PRECIO RELACIONADO CON LOS MATERIALES DE HORMIGÓN Y CEMENTO, EN CAMBIO, LOS TRABAJOS QUE PUDIERAN SIGNIFICAR UN RIESGO PARA EL CONTRATISTA EN TÉRMINOS DE AUMENTO PORCENTUAL NO HAN SIDO ACEPTADOS PARA AJUSTE. A SU VEZ, EL HECHO DE QUE SÓLO ALGUNAS AGENCIAS HAN HECHO PROVISIONES PARA EL AJUSTE QUE HACE MÁS DIFÍCIL LA PROGRAMACIÓN Y PROYECCIÓN DEL CONTRATISTA EN TÉRMINOS DEL COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN Y SU BENEFICIO FINAL, OBLIGÁNDOLE A CALCULAR EL COSTO DE INFLACIÓN.

RECOMENDAMOS, POR TANTO, QUE A TRAVÉS DE LOS MECANISMOS QUE PROVEE EL CONSEJO ASESOR DEL GOBERNADOR PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN O ALGÚN OTRO ORGANISMO QUE TENGA LA DEBIDA AUTORIDAD O INHERENCIA, SE ESTUDIE LA POSIBILIDAD DE RE-EVALUAR LA INCLUSIÓN DE UNA "CLAUSULA DE AJUSTE EN PRECIO DE CONSTRUCCIÓN QUE CUBRA LA TOTALIDAD DE LAS PARTIDAS DE TRABAJO EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN". ESTA CLAUSULA DEBERÁ GARANTIZAR SIEMPRE AL PUEBLO DE PUERTO RICO UN CONTRATO JUSTO Y RAZONABLE PARA EL GOBIERNO Y A SU VEZ EVITAR RIESGOS IMPRECISOS A LA INDUSTRIA PRIVADA. SI SE LOGRA ESTE OBJETIVO, SE LOGRARÍA EN CONSECUENCIA UN PRECIO MÁS RAZONABLE PARA LOS CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN Y UNA BAJA EN EL RIESGO QUE YA DE POR SÍ DEBE ASUMIR LA INDUSTRIA QUE ES VÍCTIMA DE UN SIN NÚMERO DE PROBLEMAS FISCALES.

E S O U E M A # 1

RELACION COSTO TOTAL Y TRABAJOS MECANICOS, ELECTRICOS Y ESTRUCTURA

Fecha de construcción	Costo de construcción	Area de construcción	Costo por pie cuadrado	Costo por cama	Trabajo Mecánico Costo/P.C.	Costo Cama	Trabajo P.C.	Eléctrico Costo/Cama	Estructura Costo por P.C.	Costo/Cama
1971-74	21,699,000	370,300 sf.	58.60	51,664	16.89	14,890	8.45	7,453	6.82	6,011
1973-76	13,032,360	280,000 sf.	46.54	56,575	11.18	13,610	7.16	8,716	7.27	8,853
1974-76	13,056,092	148,000 sf.	88.24	75,035	22.53	19,167	9.72	8,219	8.18	6,959
1974-76	12,483,304	150,000 sf.	83.22	71,333	20.79	17,822	8.49	7,274	8.18	7,011
1978	22,400,000	290,000 sf.	77.24	89,600	18.80	21,808	6.60	7,656	9.09	15,508
1980	24,988,000	295,000 sf.	84.70	146,988	14.42	26,765	12.88	21,714	13.80	23,941

E S O U E M A # 2

RELACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION POR UNIDAD Y SU REVISION PORCENTUAL

Fecha de construcción	Costo Total por P.C.	Costo Mecánica por P.C.	Costo Elect. P.C.	Costo Estruct. total P.C.	% del total	% del total	% total	Vol. hormigón en Proyecto	Vol. cemento en Proyecto
1971-74	58.60	16.89	8.45	6.82	29	14	12	16,900 cy	101,400
1973-76	46.54	11.18	7.16	7.27	24	13	16	12,800 cy	76,800
1974-76	88.24	22.53	9.72	8.18	26	11	9	6,700 cy	40,200
1974-76	83.22	20.79	8.49	9.09	25	10	11	6,800 cy	40,800
1978	77.24	21.00	9.00	8.18	27	12	11	13,200 cy	79,200
1980	84.70	14.42	12.88	13.80	17	15	16	14,240 cy	85,440

E S O U E M A # 3

RELACION PORCENTUAL DEL COSTO DE HORMIGON Y CEMENTO DEL PROYECTO TOTAL

Fecha de construcción	Costo hormigón Y.C.	Costo Cemento/Saco	Costo Total hormigón	Costo Total Cemento	Costo Total hormigón/PC	Costo Total cemento/PC	% Costo total hormigón	% Costo total cemento
1971-74	21.00	1.40	354,900	141,960	0.96	0.38	1.64	0.65
1973-76	25.00	1.98	320,000	152,064	1.14	0.54	2.46	1.17
1974-76	27.50	2.05	184,250	82,410	1.24	0.57	1.41	0.63
1974-76	27.50	2.05	187,000	83,460	1.25	0.56	1.50	0.67
1978	32.75	2.73	432,300	216,216	1.49	0.75	1.90	0.97
1980	44.50	3.21	633,680	274,262	2.15	0.93	2.50	1.10
	29.71	2.24			1.37	0.62	1.90	0.87

HOSPITAL SUB-REGIONAL DE BAYAMON

HOSPITAL DE AGUADILLA

HOSPITAL DE GUAYAMA

HOSPITAL DE YAUCO

HOSPITAL DE CAROLINA

HOSPITAL DE MANATI

HOSPITAL SUB-REGIONAL DE BAYAMON

HOSPITAL DE AGUADILLA

HOSPITAL DE GUAYAMA

HOSPITAL DE YAUCO

HOSPITAL DE CAROLINA

HOSPITAL DE MANATI

HOSPITAL SUB-REGIONAL DE BAYAMON

HOSPITAL DE AGUADILLA

HOSPITAL DE GUAYAMA

HOSPITAL DE YAUCO

HOSPITAL DE CAROLINA

HOSPITAL DE MANATI

VII

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

Ing. Alberto Bruno Vega
Director Ejecutivo
Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIERIA - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
El 7 de agosto de 1982

II CONFERENCIA NACIONAL DE TECNOLOGIAS DE ENERGIA RENOVABLE

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

Por:

Alberto Bruno Vega
Director Ejecutivo
Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

2 de agosto de 1982

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

PONENCIA PRESENTADA POR EL
DIRECTOR EJECUTIVO DE LA
AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA,
ING. ALBERTO BRUNO, ANTE LA
CONVENCIÓN DE LA UNIÓN PANAMERICANA
DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS
(UPADI)

LA SITUACION ENERGETICA DE PUERTO RICO

PUERTO RICO OCUPA UNA POSICIÓN CENTRAL EN ESE ARCO DE MONTAÑAS SUMERGIDAS QUE SE EXTIENDE ENTRE LAS DOS AMÉRICAS, FORMANDO EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS ANTILLAS. DE PUERTO RICO HACIA EL OESTE SE EXTIENDEN LAS ANTILLAS MAYORES: PUERTO RICO, ESPAÑOLA (SIENDO SUS DOS PAÍSES COMPONENTES, REPÚBLICA DOMINICANA Y HAITÍ), JAMAICA Y CUBA. DE PUERTO RICO, HACIA EL SUDESTE, HASTA LAS COSTAS DE VENEZUELA, SE ENCUENTRAN CENTENARES DE PEQUEÑAS ISLAS CONOCIDAS COMO LAS ANTILLAS MENORES.

EL TOTAL DEL TERRITORIO DE PUERTO RICO, INCLUYENDO LAS PEQUEÑAS ISLAS VECINAS QUE DEPENDEN POLÍTICAMENTE DE ÉL, ES DE UNAS 3,435 MILLAS CUADRADAS. LA ISLA PRINCIPAL TIENE FORMA ALARGADA DE ESTE A OESTE, CON UNA LONGITUD MÁXIMA DE 111 MILLAS Y UNA ANCHURA MEDIA DE NORTE A SUR DE 36 MILLAS.

EN PUERTO RICO, AL IGUAL QUE EN TODA EL ÁREA DEL CARIBE, POR SU POSICIÓN TROPICAL, LA AGRICULTURA CONSTITUYÓ LA BASE DE SU ECONOMÍA. EN LOS SIGLOS 18 Y 19 COMENZÓ A DESARROLLARSE EL POTENCIAL AGRÍCOLA DE PUERTO RICO SOBRE LA BASE DEL CULTIVO DEL TABACO, EL CAFÉ Y LA CAÑA DE AZÚCAR PARA LA EXPORTACIÓN. EL DESARROLLO DE NUESTRA AGRICULTURA FUE RELATIVAMENTE LENTO HASTA QUE EN 1898, CON EL ESTÍMULO DEL CAPITAL NORTEAMERICANO, LA INDUSTRIA AZUCARERA DE PUERTO RICO PROGRESÓ GRANDEMENTE.

CON LA AMPLIACIÓN DEL MERCADO AZUCARERO SE CREARON LOS PRIMEROS EMBALSES EN ÁREAS COMO: PATILLAS, CARITE, COAMO Y GUAYABAL, DESTINADOS PRINCIPALMENTE AL SERVICIO DE RIEGO Y ALGUNOS A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA COMO SUB-PRODUCTO. EL AUMENTO EN LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD ESTIMULÓ EL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES HIDROELÉCTRICAS, Y EN 1936-37 EL 81 POR CIENTO DE TODA LA ELECTRICIDAD PRODUCIDA EN PUERTO RICO TENÍA ESTA PROCEDENCIA.

NO OBSTANTE UNA PARTICIPACIÓN MÁS ACTIVA POR PARTE DE LA AGRICULTURA PARA ESTA FECHA EL DESEMPLEO ESTACIONAL, LA GRAN DEPRESIÓN MUNDIAL DEL AÑO 1929 Y LA DUPLICACIÓN DE NUESTRA POBLACIÓN, CAUSÓ UN DETERIORO Y ESTANCAMIENTO EN ESTA INDUSTRIA, PRINCIPALMENTE EN EL SECTOR AZUCARERO. ERA OBVIO YA QUE NUESTRO BIENESTAR ECONÓMICO Y SOCIAL NO PODÍA DEPENDER EXCLUSIVAMENTE DE LA AGRICULTURA.

LA DÉCADA DE 1940-1950 FUE UN PERÍODO DE TRANSFORMACIÓN DECISIVO EN LA VIDA ECONÓMICA DE PUERTO RICO. SE VIO EN LA INDUSTRIALIZACIÓN EL MEJOR RECURSO PARA PROVEERLE TRABAJO AL GRAN NÚMERO DE DESEMPLEADOS.

EL CAMBIO DE UNA ECONOMÍA PREPONDERANTEMENTE AGRÍCOLA A UNA MÁS INDUSTRIALIZADA Y DIVERSIFICADA, EXIGIÓ UN RITMO DE EXPANSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD MUY SUPERIOR AL QUE PODÍA OBTENERSE DE FUENTES HIDROELÉCTRICAS. A SU VEZ, DEBIDO AL BAJO COSTO DEL ACEITE COMBUSTIBLE, LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS TUVIERON

UNA PREFERENCIA TAN SIGNIFICATIVA QUE EN 1965 LA PROPORCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ERA LA SIGUIENTE: PLANTAS HIDROELÉCTRICAS, 14,5 POR CIENTO Y CENTRALES TERMOELÉCTRICAS, 85,5 POR CIENTO.

AL FINALIZAR EL AÑO FISCAL 1966, OPERABAN EN PUERTO RICO 1,280 FABRICAS QUE INCLUÍAN SUCURSALES DE FIRMAS, TALES COMO: GENERAL ELECTRIC, LA CONSOLIDATED CIGAR, LA UNION CARBIDE, LA PARKE & DAVIS, LA PHELPS DODGE Y LA SPERRY RAND.

PARA FINALES DE LA DÉCADA DEL '60 Y PRINCIPIOS DEL '70 LAS INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS Y DE REFINACIÓN COMENZARON A CONSTITUIR UN ELEMENTO DE GRAN IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO ECONÓMICO DE LA ISLA. CON ESTE PASO, SE EMPIEZA A PALPAR LA DEPENDENCIA EXCLUSIVA POR EL PETRÓLEO Y SUS COMBUSTIBLES DERIVADOS. SIENDO ESTAS INDUSTRIAS ALTAMENTE INTENSIVAS EN EL USO DE LA ELECTRICIDAD PARA SU PRODUCCIÓN, TAMBIÉN SE COMIENZA A OBSERVAR UN AUMENTO SIN PRECEDENTES EN LA DEMANDA POR LA ELECTRICIDAD EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

ENTRE LOS AÑOS 1964 Y 1974 LAS VENTAS POR ENERGÍA ELÉCTRICA OBTUVIERON UN RITMO DE CRECIMIENTO ANUAL DE 15,3 POR CIENTO Y LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD CASI SE CUATRIPLICÓ PARA ESE MISMO PERÍODO. NO CABE DUDA ALGUNA QUE EL LOGRO OBTENIDO EN NUESTRO SECTOR INDUSTRIAL CONLLEVABA UNA EXPANSIÓN EN NUESTRO SISTEMA GENERATRIZ. PARA EL AÑO 1975 NUESTRA CAPACIDAD ELÉCTRICA SE DESGLOZABA DE LA SIGUIENTE MANERA: PLANTAS TERMOELÉCTRICAS (UTILIZANDO COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO) 3,789,000 KILOVATIOS Y PLANTAS HIDROELÉCTRICAS 95,400 KILOVATIOS. A

MEDIDA QUE SE ENGRANDECÍA NUESTRO SECTOR INDUSTRIAL, LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD QUE ÉSTE REQUERÍA SE SUPLÍA POR MEDIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.

PROBLEMATICA ENERGETICA

EN RESUMEN, DURANTE LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS, PUERTO RICO HA LOGRADO DESARROLLAR UNA BASE INDUSTRIAL PARA PODER ALCANZAR UN NIVEL DE EXCELENCIA, TANTO ECONÓMICO COMO SOCIAL. PRODUCTO DE ESTO LO SON NUESTRAS INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS, FARMACÉUTICAS, ELECTRÓNICAS Y DE TURISMO. NUESTRO INGRESO PER CÁPITA ES UNO DE LOS MÁS ALTOS EN EL MUNDO. DECIDIDAMENTE, NOSOTROS LOS PUERTORRIQUEÑOS, ESTAMOS ORGULLOSOS DE NUESTROS LOGROS. SIN EMBARGO, PUERTO RICO HOY EN DÍA AFRONTA UNA PROBLEMÁTICA QUE PODRÍA OBSTACULIZAR TODO LO QUE SE HA LOGRADO Y LO QUE QUEDA POR HACER. ESTA PROBLEMÁTICA ES DE ÍNDOLE ENERGÉTICA.

PUERTO RICO, A CONSECUENCIA DE SU GRAN EXPANSIÓN INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, HA DESARROLLADO UNA DEPENDENCIA POR EL PETRÓLEO PARA LA SATISFACCIÓN DE UN 98 POR CIENTO DE SUS NECESIDADES ENERGÉTICAS, UNA DEPENDENCIA MAYOR QUE LA DE CUALQUIER OTRA REGIÓN DE AMÉRICA.

EL PROBLEMA ENERGÉTICO HA SIDO PRODUCTO DE UNA SITUACIÓN EVIDENTE, TANTO EN EL PLANO INTERNACIONAL COMO LOCAL. EN CUANTO AL FACTOR INTERNACIONAL, ÉSTE SE DEBE PRINCIPALMENTE A LA INCERTIDUMBRE RELACIONADA CON LA DISPONIBILIDAD DE ESTE COMBUSTIBLE Y A SU COSTO PROHIBITIVO. EL CARTEL DE LA ORGANIZACIÓN DE PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO (OPEP), FUENTE DE LA MAYOR PARTE DEL PETRÓLEO, HA CONTROLADO CON EFECTIVIDAD LA

OFERTA Y EL PRECIO A LOS PAÍSES CONSUMIDORES. EN EL PASADO, LA UNIDAD EXISTENTE EN LA OPEP HA PERMITIDO A SUS MIEMBROS REDUCIR LA OFERTA Y AUMENTAR LOS PRECIOS A SU ANTOJO. POR EJEMPLO, LA OPEP DISMINUYÓ LA PRODUCCIÓN Y CUADRUPLICÓ LOS PRECIOS DURANTE EL EMBARGO DE 1973-74. EL IMPACTO DE ESTAS ACCIONES Y DE AUMENTOS SUBSIGUIENTES HA REPRESENTADO PARA PUERTO RICO UN AUMENTO DE UN 823.5 POR CIENTO EN LOS COSTOS DEL CRUDO DESDE 1973 HASTA 1981 Y, LOS COSTOS DE LAS IMPORTACIONES DE PETRÓLEO PARA EL AÑO 1981 HAN ASCENDIDO A \$1.1 BILLONES O UN 11 POR CIENTO DE LOS COSTOS TOTALES DE IMPORTACION DE PUERTO RICO.

LA DEPENDENCIA EXCESIVA DEL PETRÓLEO EN PUERTO RICO TAMBIÉN HA GENERADO VARIOS PROBLEMAS RELACIONADOS UNOS CON OTROS, QUE ENUMERAMOS A CONTINUACIÓN:

- PUERTO RICO NO SOLAMENTE CONSUME GRANDES CANTIDADES DE PETRÓLEO, SINO QUE TAMBIÉN LO UTILIZA INEFICIENTEMENTE,
- PUERTO RICO UTILIZA UNA SOLA FUENTE DE ENERGÍA-EL PETRÓLEO-CUYA DISPONIBILIDAD Y PRECIO CONSTITUYEN LA CAUSA MISMA DEL PROBLEMA ENERGÉTICO MUNDIAL,
- LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA Y DE REFINACIÓN DEPENDE EXCLUSIVAMENTE DEL PETRÓLEO Y DE SUS PRODUCTOS DERIVADOS,
- EL SECTOR DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PUERTO RICO DEPENDE CASI EXCLUSIVAMENTE DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETROLEO. EN PUERTO RICO EL 98 POR CIENTO DE LA ELECTRICIDAD SE PRODUCE A BASE DE ACEITE DERIVADO DEL PETRÓLEO. ESTE DETALLE ES MUY IMPORTANTE, PUESTO QUE APUNTA AL HECHO DE QUE

- LA CRISIS ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA ELECTRICIDAD EN NUESTRA ISLA ES MUCHO MÁS CRÍTICA QUE EN ESTE MISMO SECTOR EN LOS ESTADOS UNIDOS. EN LOS ESTADOS UNIDOS CERCA DEL 51 POR CIENTO DE LA ELECTRICIDAD SE PRODUCE A BASE DE CARBÓN MINERAL, COMBUSTIBLE CUYO COSTO ES UNA TERCERA PARTE DEL COSTO DEL PETRÓLEO. EL SISTEMA GENERATRIZ EXISTENTE FUE DESARROLLADO A UN ALTO COSTO CAPITAL Y NO PUEDE SER DESCARTADO EN TÉRMINOS ECONÓMICOS. ESTA INDUSTRIA GENERA UN PRODUCTO, LA ELECTRICIDAD, CUYO COSTO CONTINUARÁ AUMENTANDO, SEGÚN AUMENTA EL PRECIO DEL PETRÓLEO.
- EL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN EN PUERTO RICO DEPENDE CASI EXCLUSIVAMENTE DEL AUTOMÓVIL PRIVADO Y ÉSTE, COMO TODOS SABEMOS, DEPENDE DE LA GASOLINA.
 - EL PUERTORRIQUEÑO GASTA UN POR CIENTO MAYOR DE SU INGRESO EN ENERGÍA QUE LA MAYORÍA DE LOS NORTEAMERICANOS.

ADEMÁS, LOS COSTOS DE OTROS PRODUCTOS SON MÁS ELEVADOS AQUÍ, DEBIDO EN PARTE AL ALTO COSTO DE LA ENERGÍA QUE SE UTILIZA PARA PRODUCIRLOS. ESTA COMBINACIÓN APUNTA CLARAMENTE HACIA LA NECESIDAD EN PUERTO RICO DE CONSERVAR ENERGÍA Y BUSCAR ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS.

CONSERVACION DE ENERGIA

DISPUESTOS A MANTENER NUESTRA ECONOMÍA Y NUESTRO NIVEL DE VIDA SOBRE UNA BASE SÓLIDA, DEBEMOS ENCARAR EL RETO MEDIANTE UNA PLANIFICACIÓN CUIDADOSA Y UN CONTROL DE NUESTRO CONSUMO ENERGÉTICO.

UN ASPECTO VITAL DE NUESTRO PLAN ENERGÉTICO ES LA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA. EL AHORRO DE ENERGÍA TIENE UNA SERIE DE VENTAJAS, TALES COMO:

- LA CONSERVACIÓN REDUCE NUESTRA DEPENDENCIA DEL PETRÓLEO Y NOS PROVEE TIEMPO ADICIONAL PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE NUESTRAS FUENTES CONVENCIONALES Y PARA EL DESARROLLO DE FUENTES ALTERNAS.
- LA CONSERVACIÓN EN MUCHAS OCASIONES REQUIERE UNA INVERSIÓN DE CAPITAL MUCHO MENOR QUE LA INVERSIÓN REQUERIDA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.
- LAS MEDIDAS DE CONSERVACIÓN PUEDEN IMPLANTARSE CON MAYOR RAPIDEZ QUE LAS QUE PUEDEN APLICARSE AL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES.
- LOS EFECTOS DE LA CONSERVACIÓN GENERALMENTE SON ACUMULATIVOS, LOGRAN UN IMPACTO A CORTO PLAZO, QUE VA AUMENTANDO A LARGO PLAZO.
- LA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA NO ES DETRIMENTAL AL AMBIENTE.

DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS, PUERTO RICO SE HA CONCENTRADO EN EL DESARROLLO DE UN PLAN DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA. HOY, EL ÉNFASIS RADICA EN EJECUTAR ESE PLAN. SIN EMBARGO, LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN NO CONSISTE DE UNA ACCIÓN EJECUTIVA O LEGISLATIVA AISLADA. POR EL CONTRARIO, REQUIERE LA ACCIÓN CONJUNTA DE TODOS; LA INDUSTRIA, EL COMERCIO, EL GOBIERNO Y, MÁS IMPORTANTE AÚN, EL PUEBLO; Y TODO ELLO DURANTE UN TIEMPO INDEFINIDO.

LA POLÍTICA DE LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN RELACIÓN A LA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA ES LA SIGUIENTE:

1. EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO CONTINUARÁ RECIBIENDO LA PRIMERA PRIORIDAD DENTRO DE LOS RECURSOS DE LA AUTORIDAD. A CORTO PLAZO EL SISTEMA EXISTENTE, TRABAJANDO A TODA SU CAPACIDAD Y A UNA EFICIENCIA MÁXIMA, CONSTITUYE LA ALTERNATIVA MÁS EFECTIVA Y EFICIENTE DE GENERACIÓN. LA INVERSIÓN PARA EL AÑO FISCAL 1981-82 EN EL RENGLÓN DE MANTENIMIENTO SE ELEVÓ A CERCA DE \$83 MILLONES.
2. UNA DE LAS POSIBILIDADES DE AUMENTAR EL RENDIMIENTO TÉRMICO DEL COMBUSTIBLE ES LA COGENERACIÓN DE ELECTRICIDAD. A TONO CON LA LEY "PUBLIC UTILITIES REGULATORY POLICIES ACT OF 1978" (PURPA), PROMULGADA POR EL CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA ESTABLECIÓ EN EL AÑO 1981 UN PROGRAMA DE COGENERACIÓN EN FORMA PROVISIONAL. LOS TÉRMINOS Y CONDICIONES PARA LA INTERCONEXIÓN DE COGENERADORES AL SISTEMA ELÉCTRICO Y LAS TARIFAS PARA LA COMPRA DE ELECTRICIDAD POR ELLOS PRODUCIDA, FUERON OBJETO DE VISTAS PÚBLICAS Y CONFIAMOS QUE PRÓXIMAMENTE SE ACEPTEN EN FORMA DEFINITIVA.

DENTRO DEL MARCO DE LA COGENERACIÓN, LA AUTORIDAD ESTÁ ANALIZANDO LA RECUPERACIÓN DEL CALOR DE LOS GASES DE SALIDA DE NUESTRAS TURBINAS DE GAS PARA PRODUCIR VAPOR A UTILIZARSE EN CIERTAS INDUSTRIAS O EN LAS CALDERAS DE NUESTRAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.

3. LA AUTORIDAD DESARROLLÓ TARIFAS ESPECIALES Y ELABORÓ UN PLAN DE REEMPLAZO DE LAS LUMINARIAS DE MERCURIO POR UNAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN PARA LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO. ESTAS NUEVAS LUMINARIAS CONSUMEN ALREDEDOR DE LA MITAD DE LA ELECTRICIDAD QUE UTILIZAN LAS DE MERCURIO.
4. REGULARMENTE SE CONDUCEN PROGRAMAS DE DIVULGACIÓN PÚBLICA DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE ELECTRICIDAD.
5. ADEMÁS DE INTENSIFICAR LAS ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN DE LAS CENTRALES GENERATRICES, ESTAMOS MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN CON MEJORAS COMO LA INSTALACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES.
6. SE HAN IMPLANTADO MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA EN NUESTROS EDIFICIOS Y FACILIDADES Y EN NUESTROS PROCESOS DE COMPRA Y OPERACIÓN DE EQUIPOS.
7. SE PREPARÓ UN PLAN DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA, QUE INCLUYE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN LAS RESIDENCIAS; PRÓXIMAMENTE SE EMPEZARÁ A EJECUTAR ESTE PROGRAMA.
8. SE HAN INVESTIGADO OPCIONES TARIFARIAS PARA AUSCULTAR SU EFECTIVIDAD EN EL AHORRO DE ENERGÍA. POR EJEMPLO, EN EL AÑO 1976 SE COMENZÓ UN ESTUDIO CUYO PROPÓSITO ERA EL DE DISEÑAR TARIFAS BASADAS EN LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD QUE EXISTE EN UN TIEMPO DADO. ÉSTE TIPO DE TARIFAS ELÉCTRICAS EXPERIMENTAL PROMUEVE LA

CONSERVACIÓN DE ENERGÍA, PUESTO QUE AL SER MÁS CARA EN UN MOMENTO DADO, EL CONSUMIDOR TIENDE A SER MÁS EFICIENTE EN SU USO. CIERTAS OTRAS ÁREAS RELACIONADAS CON ESTE ESTUDIO ESTÁN SIENDO ANALIZADAS EN ESTE MOMENTO.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA

OTRO ASPECTO DE SUMA IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE UNA POLÍTICA ENERGÉTICA, ES EL ANÁLISIS Y LA PLANIFICACIÓN A BASE DE FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA. PODRÍAMOS DECIR QUE LAS ALTERNATIVAS QUE EXISTEN A LOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN PUERTO RICO SE DEBEN CONSIDERAR EN TÉRMINOS DE UN CORTO, UN MEDIANO Y UN LARGO PLAZO.

DADO EL CASO DE QUE NUESTRO SISTEMA ELÉCTRICO PUEDE SUPLIR EN LA ACTUALIDAD LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD DE TODO PUERTO RICO, LA ORIENTACIÓN LÓGICA EN ESTE MOMENTO ES CONVERTIR, HASTA DONDE SEA POSIBLE, NUESTRAS CENTRALES GENERATRICES A UN COMBUSTIBLE ALTERNO, COMO EL CARBÓN MINERAL. A ESTOS EFECTOS, LA AEE HA HECHO UN ANÁLISIS EXHAUSTIVO SOBRE LAS POSIBILIDADES QUE EXISTEN EN ESTE CAMPO. EN CUANTO A CUÁLES DE NUESTRAS CENTRALES GENERATRICES PODRÍAN CONVERTIR SUS CALDERAS QUE UTILIZAN DERIVADOS DEL PETRÓLEO COMO COMBUSTIBLE, AL CARBÓN MINERAL, ENCONTRAMOS QUE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE AGUIRRE (LAS UNIDADES 1 Y 2, CON UNA CAPACIDAD DE 450 MW CADA UNA) ES LA MÁS CONVENIENTE PARA EFECTUAR DICHA CONVERSIÓN. EN ESTE MOMENTO ESTAMOS ESTUDIANDO CUÁL DE LAS ALTERNATIVAS DE CONVERSIÓN SERÍA LA MÁS ACEPTABLE.

ESTA NUEVA ALTERNATIVA RESULTA MÁS CONVENIENTE PARA PUERTO RICO EN ESTOS MOMENTOS, QUE LAS TRES UNIDADES UTILIZANDO CARBÓN DE PIEDRA QUE LA AUTORIDAD SE PROPOÑÍA CONSTRUIR EN AGUADA, POR VARIAS RAZONES. EN PRIMER LUGAR, LA ESTABILIZACIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA HA HECHO INNECESARIO LA ADICIÓN DE NUEVA CAPACIDAD GENERATRIZ DURANTE ESTA DÉCADA. POR OTRO LADO, ESTARÍAN EN FUNCIONAMIENTO COMERCIAL MUCHO ANTES, LO QUE SIGNIFICARÍA UNA MÁS RÁPIDA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN Y UN MÁS PRONTO DISFRUTE DE LOS BENEFICIOS POR LOS CONSUMIDORES. CUANDO HABLO DE BENEFICIOS, ME REFIERO A UNA ECONOMÍA DE MILLONES DE DÓLARES AL AÑO POR CONCEPTO DE COSTO DE COMBUSTIBLE. EN ADICIÓN, LA CENTRAL A BASE DE CARBÓN HUBIESE COSTADO 1,600 MILLONES DE DÓLARES, MIENTRAS LA CONVERSIÓN A CARBÓN COSTARÁ ALREDEDOR DE 700 MILLONES DE DÓLARES.

OTRAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS QUE PODRÍAMOS CATALOGAR BAJO EL MARCO DE A CORTO PLAZO, LO SON: LOS DESPERDICIOS SÓLIDOS; LA BIOMASA, ESPECÍFICAMENTE EL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y LA REHABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES HIDROELECTRÍCAS DE BAJA CAÍDA.

EN CUANTO A ESTAS ALTERNATIVAS, LA AUTORIDAD ESTÁ COOPERANDO, TANTO CON LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN Y CAGUAS, EN SUS RESPECTIVOS PROYECTOS DE DESPERDICIOS SÓLIDOS, COMO CON EL CENTRO DE ESTUDIOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, EN SUS ESTUDIOS RELACIONADOS CON USO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO COMBUSTIBLE.

LA BIOMASA NOS OFRECE UNA SERIE DE VENTAJAS ENTRE LAS QUE SE ENCUENTRAN LAS SIGUIENTES:

- TIENE UN SISTEMA NATURAL DE ALMACENAJE, AL IGUAL QUE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES, QUE SE PUEDEN EXTRAER EN CUALQUIER MOMENTO.
- ES UNA FUENTE RENOVABLE DE ENERGÍA.
- NO CONLLEVA UN PELIGRO DE DETERIORO SIGNIFICATIVO DEL MEDIO AMBIENTE.
- UNA PLANTA GENERATRIZ QUE UTILICE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE NO CONTEMPLA PELIGROS POTENCIALES, ALTOS COSTOS CAPITALES O PROBLEMAS ASOCIADOS CON DESPERDICIOS, COMO ES EL CASO DE LAS PLANTAS NUCLEARES.

LA ÚNICA DESVENTAJA QUE CONLLEVARÍA UTILIZAR BIOMASA COMO COMBUSTIBLE, ES QUE NO PODRÍAMOS DEPENDER DE ÉSTA PARA EL CIENTO POR CIENTO DE NUESTRA GENERACIÓN ELÉCTRICA. ESTO ES ASÍ DEBIDO A QUE SE NECESITARÍAN GRANDES EXTENSIONES DE TERRENO, PARA PODER CULTIVAR LA BIOMASA NECESARIA PARA SATISFACER EL TOTAL DE LA DEMANDA POR ELECTRICIDAD EN NUESTRO PAÍS.

RECIENTEMENTE SE DIO A LA LUZ PÚBLICA EL INFORME FINAL DE LA ACADEMIA NACIONAL DE LAS CIENCIAS, CONTRATADA POR EL GOBIERNO DEL ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO, PARA ESTUDIAR LA SITUACIÓN ENERGÉTICA DE PUERTO RICO Y SU FUTURO. DICHO INFORME ENFATIZA EL HECHO DE QUE LA BIOMASA ES UN RECURSO ENERGÉTICO QUE SE DEBERÍA EXPLOTAR EN PUERTO RICO Y CONCLUYE QUE ESTE RECURSO PODRÍA APORTAR HASTA UN DIEZ POR CIENTO DE LA ELECTRICIDAD QUE SE NECESITA EN LA ISLA. ESTE INFORME

RECOMIENDA QUE SE CONTRATE UNA FIRMA PARA QUE ESTUDIE LA VIABILIDAD DE ESTABLECER UNA PLANTA PILOTO DE 10 A 20 MEGAVATIOS DE CAPACIDAD, UTILIZANDO EXCLUSIVAMENTE EL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO COMBUSTIBLE. LA AUTORIDAD ESTÁ ESTUDIANDO MUY CUIDADOSAMENTE ESTA RECOMENDACIÓN.

SOBRE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA, ESTAMOS CONSTRUYENDO UNA UNIDAD HIDROELÉCTRICA DE BAJA CAÍDA EN EL PUEBLO DE PATILLAS Y SE PLANIFICA EL DESARROLLO DE OTRA EN PONCE. SE ESPERA QUE LA DE PATILLAS ESTÉ LISTA PARA EL AÑO FISCAL 1983. OTRAS 2 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS, LOCALIZADAS EN LAS MONTAÑAS DEL CENTRO DE LA ISLA, QUE ESTÁN ACTUALMENTE CERRADAS, ESTÁN BAJO UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN.

LA CAPACIDAD ADICIONAL QUE SE NECESITE EN UNIDADES A GRAN ESCALA EN UN FUTURO, SERÍA SUPLIDA, SEGÚN NUESTROS ESTUDIOS, POR UNIDADES TERMOELÉCTRICAS QUE UTILICEN EL CARBÓN COMO COMBUSTIBLE.

EL USO DEL CARBÓN COMO COMBUSTIBLE, ARMONIZA CON EL OBJETIVO DE MANTENER LA CALIDAD DEL AMBIENTE, DIVERSIFICAR NUESTRAS FUENTES ENERGÉTICAS Y REDUCIR EL COSTO DE PRODUCIR ELECTRICIDAD. EN CUANTO A LO AMBIENTAL, TANTO EL GOBIERNO DE PUERTO RICO COMO EL DE LOS ESTADOS UNIDOS, HAN CREADO UNOS FUERTES CEDAZOS ESTATUTORIOS PARA PROTEGER LA ECOLOGÍA DEL HOMBRE, LA FAUNA Y LA FLORA, DE LAS INVASIONES DEGRADANTES DE LA CONTAMINACIÓN. EN LOS ESTADOS UNIDOS LAS REGLAMENTACIONES AMBIENTALES VIGENTES ASEGURAN QUE LA COMBUSTIÓN DE CARBÓN NO DEGRADARÁ LA CALIDAD DEL AIRE Y DEL AGUA. Y AÚN LAS PERSONAS ENCARGADAS DE PROTEGER EL AMBIENTE, LO MISMO QUE OTRAS VOCES INFLUYENTES EN LA NACIÓN HAN

LLEGADO AL CONVENCIMIENTO DE QUE EL CARBÓN PROVEERÁ LA RESPUESTA AL PROBLEMA ENERGÉTICO A CORTO PLAZO, SIN QUE NECESARIAMENTE HAYA QUE SACRIFICAR EL AMBIENTE.

ENTRE LAS ALTERNATIVAS A MEDIO Y LARGO ALCANCE, SE ENCUENTRAN: LA NUCLEAR, LA ENERGÍA OCÉANOTERMAL, EL VIENTO Y OTRAS TECNOLOGÍAS SOLARES. ESTAS ALTERNATIVAS, CON LA EXCEPCIÓN DE LA NUCLEAR, ESTÁN EN UNA ETAPA EXPERIMENTAL EN ESTOS MOMENTOS.

LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS AL PETRÓLEO IMPULSÓ A LOS ESTADOS UNIDOS, AL JAPÓN Y OTROS PAÍSES, A PROLIFERAR EL USO DE CENTRALES GENERATRICES A BASE DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.

EN UN ESTUDIO RECIENTE, LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE PUERTO RICO ENCONTRÓ, QUE TOMANDO EN CONSIDERACIÓN SOLAMENTE EL ASPECTO ECONÓMICO, LA ENERGÍA NUCLEAR RESULTA SER UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PUERTO RICO.

SIN EMBARGO, EXISTEN OTRAS CONSIDERACIONES QUE TIENDEN A CONTRARRESTAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS DE UNA UNIDAD NUCLEAR. POR EJEMPLO, ESTÁ EL PROBLEMA QUE PRESENTAN LOS DESECHOS RADIOACTIVOS DE LA CENTRAL. TAMBIÉN SU ELEVADO COSTO CAPITAL HARÍA DIFÍCIL SU FINANCIAMIENTO Y, EN ADICIÓN A ESTO, EL OMNIPRESENTE RIESGO DE ACCIDENTES QUE OBLIGARÍA A CERRARLA TEMPORERAMENTE, EN TANTO SE REALIZA UNA COSTOSÍSIMA TAREA DE LIMPIEZA. DESDE LUEGO, DEBEMOS MENCIONAR TAMBIÉN EL COMPLICADO PROCESO DE REGLAMENTACIÓN CON EL QUE HAY QUE CUMPLIR PARA OBTENER LOS PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN Y USO.

NO OBSTANTE EL HECHO QUE MUCHAS DE LAS FUENTES ALTERNAS ESTÁN EN UNA ETAPA EXPERIMENTAL, LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA ESTÁ PARTICIPANDO ACTIVAMENTE EN LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ÉSTAS.

PRUEBA DE ESTO LO ES EL HECHO DE QUE ALLÁ PARA EL AÑO 1964 CUANDO LA ENERGÍA NUCLEAR ESTABA EN UNA ETAPA EXPERIMENTAL LA AEE OBTUVO DE LA COMISIÓN DE ENERGÍA ATÓMICA UN PROYECTO PARA CONSTRUIR UN REACTOR NUCLEAR DE 17 MEGAVATIOS E INCORPORARLO A NUESTRO SISTEMA GENERATRIZ. ESTA PLANTA GENERATRIZ ESTUVO FUNCIONANDO EXITOSAMENTE DURANTE TODA LA DURACIÓN DEL PROYECTO QUE FUE DE ALREDEDOR DE TRES AÑOS. OTRO EJEMPLO ES QUE EN EL AÑO 1977 ESTA AUTORIDAD INSTALÓ EN LA ISLA-MUNICIPIO DE CULEBRA UN TURBO-GENERADOR DE 200 KILOVATIOS DE CAPACIDAD, PROPULSADO POR EL VIENTO. ESTE EXPERIMENTO, REALIZADO EN COMBINACIÓN CON LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN Y EL ESPACIO (NASA) Y EL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA FEDERAL (DOE), HA SIDO UN ÉXITO AL EXTREMO DE QUE HA PROVISTO EN OCASIONES EN PROMEDIO UNA CUARTA PARTE DE LAS NECESIDADES DE ELECTRICIDAD DE LA ISLA DE CULEBRA.

EN RELACIÓN A LA FUENTE ENERGÉTICA PROVENIENTE DE LA DIFERENCIA EN TEMPERATURAS DEL MAR (OTEC) LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA RECIENTEMENTE TERMINÓ UN ESTUDIO ECONÓMICO EN EL QUE SE COMPARABA ESTA ALTERNATIVA ENERGÉTICA CON LAS FUENTES CONVENCIONALES. DICHO ESTUDIO CONCLUYE QUE ESTA ALTERNATIVA ENERGETICA COMPARA FAVORABLEMENTE CON LAS FUENTES ENERGÉTICAS USADAS HOY EN DÍA. DE HECHO, GEOGRÁFICAMENTE HABLANDO, PODRÍAMOS DECIR QUE PUERTO RICO ES UNA DE LAS ÁREAS MÁS APROPIADAS DEL MUNDO PARA LA INSTALACIÓN DE ESTAS PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD DEBIDO A QUE, ENTRE OTROS FACTORES, SE PUEDEN ALCANZAR

GRANDES PROFUNDIDADES A MENOS DE DOS MILLAS DE SUS COSTAS.

LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA TAMBIÉN HA REALIZADO ESFUERZOS PARA TRAER A PUERTO RICO PROYECTOS DE DEMOSTRACIÓN DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS QUE FUNCIONAN CON ENERGÍA SOLAR. LA AUTORIDAD CONFÍA EN QUE ESTAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA LLEGARÁN A SER UN FACTOR DE PRIMORDIAL IMPORTANCIA EN LA SOLUCIÓN DE NUESTROS PROBLEMAS ENERGÉTICOS, Y POR ESTA RAZÓN SIGUE PARTICIPANDO EN EL DESARROLLO DE ESTOS PROYECTOS.

PUERTO RICO, AL IGUAL QUE EL RESTO DEL MUNDO, SE ENCUENTRA EN UNA ERA DIFÍCIL. UNO DE LOS FACTORES QUE MAS PROMUEVE A ESTA DIFICULTAD LO ES LA ENERGÍA. SE HACE IMPERATIVO, POR LO TANTO, QUE CADA PAÍS DESARROLLE UNA POLÍTICA ENERGÉTICA LO MEJOR ANALIZADA POSIBLE, DADO EL MARCO DE INCERTIDUMBRE QUE EXISTE. DE NOSOTROS TENER LA VISIÓN CORRECTA DE CUÁL ES EL FUTURO ENERGÉTICO QUE NOS ESPERA, NO CABE LA MENOR DUDA DE QUE LAS FUTURAS GENERACIONES VIVIRÁN CONTENTAS, PRODUCTIVAS Y EN ARMONÍA CON EL AMBIENTE. LA TECNOLOGÍA PUEDE PROVEER CONTESTACIÓN A MUCHAS DE ESAS INTERROGANTES Y POR ENDE, NUESTRO ROL ES DE SUMA IMPORTANCIA HOY EN DÍA.

CONCLUSION

NO CABE LA MENOR DUDA QUE EL AUMENTO EN EL COSTO POR EL PETRÓLEO IMPORTADO HA AFECTADO SEVERAMENTE TODA NUESTRA ECONOMÍA. EL HECHO QUE EL 98 POR CIENTO DE NUESTRA ENERGÍA ELÉCTRICA ES GENERADA CON DERIVADOS DEL PETRÓLEO, QUE EL SECTOR DE LA TRANSPORTACIÓN DEPENDE CASI EXCLUSIVAMENTE EN LA GASOLINA Y EL DIESEL Y

QUE LAS PETROQUÍMICAS, REFINERÍAS Y OTRAS INDUSTRIAS SATÉLITES, DENTRO DEL SECTOR INDUSTRIAL, UTILICEN PETRÓLEO COMO MATERIA PRIMA, CONSTITUYEN LA CRISIS ENERGÉTICA EN NUESTRO PAÍS.

LA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA ES LA SOLUCIÓN INMEDIATA EN LA MAYORÍA DE LOS SECTORES AFECTADOS. NO OBSTANTE, EL SECTOR ENCARGADO DE PRODUCIR LA ELECTRICIDAD TIENE LA OBLIGACIÓN DE BUSCAR, ADEMÁS, OTRAS ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. HOY EN DÍA LA FUENTE ALTERNA MÁS REALISTA DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO LO CONSTITUYE EL CARBÓN DE PIEDRA. FUENTES ALTERNAS COMO EL SOL, LA ENERGÍA OCÉANOTERMAL Y EL VIENTO, ESTÁN EN UNA ETAPA EXPERIMENTAL EN LA ACTUALIDAD Y NO SE ESPERA QUE LAS MISMAS CONTRIBUYAN SUBSTANCIALMENTE A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA ENERGÉTICO HASTA FINALES DEL SIGLO. SIN EMBARGO, CONSCIENTE DE LA NECESIDAD IMPERIOSA DE DESARROLLAR ESAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA LO ANTES POSIBLE PARA SU UTILIZACIÓN EN BENEFICIO DEL PUEBLO DE PUERTO RICO, LA AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA HA ESTABLECIDO LA POLÍTICA DE APOYAR Y PARTICIPAR EN TODOS LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y DEMOSTRACIÓN QUE CONDUZCAN A ESE FIN.

VIII

LA INGENIERIA: SOSTEN Y ESPERANZA DEL DESARROLLO
DE PUERTO RICO

Ing. José A. Toledo Morell
Decano
Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIERIA - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
1 al 7 de agosto de 1982

X CONGRESO PANAMERICANO DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

LA INGENIERIA: SOSTEN Y ESPERANZA DEL DESARROLLO DE PUERTO RICO

Por:

José A. Toledo Morell
Decano

Colegio de Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico

2 de agosto de 1982

LA INGENIERIA: SOSTEN Y ESPERANZA DEL DESARROLLO DE PUERTO RICO

La Ingeniería fue la chispa intelectual que al comienzo de las edades separó al hombre de la bestia y lo hizo dueño y señor de su destino. En el instante en que el último animal, en la escala evolutiva del hombre, utilizó algo, además de sus manos, para mejorar la condición de su existencia, nació el hombre, y con él, la ingeniería. Esto es, nació el uso del ingenio para prolongar la vida y hacerla mucho más placentera y digna. Y ese uso inteligente de los recursos físicos en el mundo propició el desarrollo intelectual que dio impulso al avance de la civilización desde las oscuras cavernas de la Edad de Piedra hasta el luminoso desarrollo que hizo posible al hombre caminar con paso seguro sobre la faz de la luna.

Y ese desarrollo científico, tecnológico y humanista, esto es, el desarrollo de la ingeniería, que ha hecho posible en nuestro tiempo el que un humilde ser humano, en las colinas de Jayuya, goce de la salud, la seguridad, el abrigo y los placeres que no pudieron disfrutar los potentados del mundo en un ayer no muy lejano, está sostenido por el ingeniero, piedra angular sobre la que se apoya el progreso del mundo.

Por el ingeniero, ente que nace, como hemos señalado, en las cavernas de la prehistoria y se mueve a lo largo del Nilo, creando la asombrosa civilización egipcia donde deja la historia de su tiempo escrita en estructuras increíbles que aún hoy desafían a la imaginación y a la capacidad de los sabios del mundo. Y que cruza el Tigris y el Eufrates y salta a Grecia donde, con una explosión intelectual pone en movimiento al carruaje de nuestra civilización occidental, que luego hace a Roma, al amparo del influjo elénico, recibiendo allí, aquel viajero milenarista que había llevado sobre sus hombros, desde una caverna desconocida hasta el esplendor de los palacios imperiales, todo el conocimiento empírico que hacía posible el proveer una vida cada vez más amplia para el ser humano, el nombre, por primera vez, de ingeniero.

Vías de comunicación que aún hoy conducen vehículos, acueductos sobre los cuales aún corre el agua, y estructuras y parques, aún siguen pregonando al mundo la gloria de aquellos colegas nuestros que nos señalaron el rumbo, siguen en pie, como las huellas imborrables de los que nos precedieron.

Y desde Roma se riega por Europa el conocimiento de la ingeniería y ese mismo conocimiento hace posible que en el año 1492 se abran las puertas de nuestro mundo americano a las maravillas de una civilización nueva y poderosa que pone sus plantas en nuestra Isla en un lugar cuyo nombre se perdió en el tiempo.

Pero ya la ingeniería hacía siglos que estaba aquí. Para la época en que los romanos desarrollaban máquinas y terraplenes con

con propósito de destruir las murallas enemigas, los indios Igneri destruían un Parque Ceremonial en lo que es hoy el barrio Tibes de la ciudad de Ponce. Así, mientras en el año 400 DC, los romanos gozaban lanzando seres humanos a las fieras en eterno Coliseo, nuestros indios jugaban en su acogedor parque de recreo del barrio Tibes.

Sin embargo, el origen de nuestra ingeniería insular se pierden en la distancia que nos separa de la llegada del primer hombre a nuestra tierra, pero ésta, a comienzos del siglo XVI, recibe el vitalizador influjo de la ingeniería europea, a través de España, influjo que hace posible la construcción de puertos, caminos, edificios, abastos de agua y fortalezas.

Para el año 1508 se construye en Caparra la casa-fuerte de Don Juan Ponce de León, primer gobernador de Puerto Rico, cuyas ruinas se conservan como un monumento histórico. Otro jalón en el plano de la ingeniería hincado en nuestro suelo durante aquella época, y que aún perdura, lo es el Castillo del Morro, fortaleza para la protección de San Juan que se completó en el 1783, y que con sus murallas de 140 pies de alto en muchos sitios representaba una de las más grandes obras de esta naturaleza en el mundo.

A fines del siglo XIX y principios del XX la corriente del conocimiento en la ingeniería deja de fluir a nuestra tierra desde España y empieza a fluir desde Norte América. Pero muy pronto, dentro de los primeros cuatro lustros de este siglo, con el desarrollo de nuestro Colegio de Ingeniería dentro de la Universidad de Puerto Rico, sentamos las bases para crear nuestra propia ingeniería, y ya hoy, aunque continuamos siendo recipientes, también somos fuente del conocimiento en este renglón del saber humano.

El desarrollo de la ingeniería en Puerto Rico, y por consiguiente, el desarrollo de nuestro pueblo, puede dividirse en dos períodos históricos: el período pre Segunda Guerra Mundial y el período post Segunda Guerra Mundial.

Antes de la Segunda Guerra Mundial nuestra ingeniería respondía a las necesidades de un Puerto Rico agrario, cuyas industrias dependían al procesado de nuestros productos agrícolas en su aspecto más elemental, básicamente la caña y el café, por lo que la ingeniería vivía una existencia extremadamente simple.

Luego de la Segunda Guerra Mundial despierta nuestra isla de un letargo de siglos, crea conciencia de que ya no es posible sostener adecuadamente a un pueblo en crecimiento con la producción agraria del pasado, y echa manos, como único recurso de salvación, a la industrialización, más productiva y por consiguiente, más compleja.

Y nos movemos rápidamente desde el maestro de obras que construía las estructuras y creaba los procesos del pasado, para poner

nuestro destino industrial en las manos capaces de nuestros ingenieros. Y así logramos que, de los 424 kilómetros de carreteras que cruzaban la isla a principios del siglo, arrancara una red de caminos extraordinaria, que hoy lleva a todos los rincones de la isla, a lo largo de 7,000 kilómetros. Y se ha hecho posible el que sobre esas vías, de 99 vehículos de motor que se movían en el año 1907, hoy tengamos más de un millón trescientos mil, regando el progreso a lo largo y a lo ancho de esta pequeña isla. Y es cierto que ya, desde el año 1961, nuestro café no es el que se toma, con exclusividad, en las mesas del Vaticano, servido por la Tahoma Sobrinos de Mayol de Ponce, pero es cierto que desde los cerros de Maricao suplimos productos médicos para el mundo entero.

Sí, hemos caminado un largo trecho desde la construcción del Parque Ceremonial en el barrio Tibes de Ponce, pasando por la construcción de la Carretera Central durante la época Española, hasta llegar a la construcción de la singular obra de Ingeniería que es el Expreso Las Américas. Y todo este caminar, buscando la felicidad de nuestro pueblo, ha seguido el rumbo trazado por una pléyade gloriosa de ingenieros, entre los que brillan, con luz propia, los nuestros.

Hemos señalado que la Ingeniería es la piedra angular sobre la que descansa el desarrollo de los pueblos. Para comprender ésto solo bastaría el pensar que en un instante una mano funesta borrara de la faz de la tierra a todos los ingenieros. ¿Qué quedaría? Rotos los mecanismos para buscar, ordenar, transportar y diseminar el conocimiento humano, perdidas las fuentes de energía que hacen posible la vida en las grandes ciudades, desaparecidos los sistemas de producción, transportación, distribución y conservación de alimentos, ausente la protección contra las inclemencias de las fuerzas naturales, y sueltas las mil y una enfermedades que ha padecido el ser humano, todo esto, sembrando la muerte sobre los pueblos indefensos. ¿Qué quedaría? El funesto galopar de los cuatro jinetes del Apocalipsis sobre la maltrecha humanidad.

Pero no ha de ser así porque Dios ha querido que nuestros ingenieros se multipliquen para que sigan escribiendo con sus obras la historia que siglos después ha de conocer la humanidad. Y sobre esas obras, y esa historia, descansará luego el conocimiento social y humanístico del hoy y del mañana, como lo estudiamos nosotros en las obras y procesos de la antigüedad que han llegado hasta aquí. Y legaremos también a los que sigan nuestros pasos a la sombra de otros siglos, instrumentos y procesos capaces de desentrañar los más recónditos misterios, desde las profundidades insondables del microcosmos, hasta las alturas inalcanzables del macrocosmos. Si los ingenieros del pasado pusieron en nuestras manos el conocimiento de los siglos, nosotros podemos dejar a la posteridad el conocimiento de los milenios. El ingeniero tiene la responsabilidad de transportar ese conocimiento a lo largo del tiempo.

Pero nuestro ingeniero es también fuente de ese conocimiento. De sus obras centenarias se nutren los custodios del saber socio-humanístico y su ordenado razonar sobre la ciencia de materiales y los procesos químicos y físicos, permitió la llegada a nuestros días de mil sabios documentos del pasado.

Pero no solo el ingeniero es fuente de conocimiento sino también el creador de procesos que permiten la búsqueda del conocimiento. Y así el ingeniero ha diseñado técnicas especiales para arrancarle ciertos secretos a la naturaleza, ha facilitado asombrosamente el almacenaje y transportación de datos científicos, ha diseñado equipos especiales capaces de producir información en circunstancias sobrenaturales, y ha logrado reducir las distancias, poniendo el cosmos al alcance del hombre.

Ha creado instrumentos y métodos insospechados para llevar el conocimiento a todos los rincones del mundo y del espacio. Ha agilizado la producción y transportación de libros, ha hecho posible el acceso a los grandes centros de información del mundo desde las distancias más remotas por rutas electromagnéticas, ha logrado el almacenaje de inmensas cantidades de información en espacios infinitamente pequeños y ha puesto las grandes obras artísticas de todos los tiempos al alcance de todos los hombres. El ingeniero sostiene al conocimiento humano.

Y es la fuerza motriz en la producción de los bienes materiales que protegen a los bienes espirituales del hombre. Y por eso los encontramos, sobre esos mundos de Dios, cortando montañas para construir caminos, cruzando con puentes los abismos para acortar las distancias, cerrando cauces de ríos para producir energía, construyendo puertos para recibir lo que nos falta y enviar a otros lo que nos pidan, estableciendo líneas de comunicación instantáneas a los cuatro vientos, buscando fuentes de energía para mover al mundo, creando las estructuras capaces de proteger al hombre y a su obra creando procesos que hagan posible la producción de más bienes con menos esfuerzo y menos dolor. Con los ojos puestos en un futuro que permita al hombre más goces espirituales cuando las maravillas electrónicas procesadoras de datos actúen como cerebros imbéciles sobre brazos torpes que puedan entonces hacer trabajos no dignos del hombre.

Dijimos al comienzo que la ingeniería propende al disfrute más cabal de la vida y a la prolongación de nuestra existencia. Y esto es así porque la ingeniería hace llegar al hombre una provisión mayor y mejor de alimentos, porque permite llegar a cada individuo un más amplio conocimiento sobre la salud, y pone en manos del personal médico y para-médico un flujo continuo de conocimientos y técnicas que le capaciten extraordinariamente. También produce y mantiene, el ingeniero, estructuras que albergan a centros de salud equipados con memorias electrónicas capaces de almacenar cantidades increíbles de datos, de analizarlos instantáneamente, y de enviarle el diagnóstico al médico y señales vitales a los

indicadores electrónicos junto al custodio del paciente. Todas las maravillas que la ingeniería ha creado para servir a la salud del hombre, han multiplicado las oportunidades que tiene el ser humano ante su lucha eterna contra el dolor físico. La rapidez y versatilidad de los medios de transportación terrestre, acuática y aérea, provistos por la ingeniería, hace más difícil hoy día a la muerte el ganarle la carrera a un enfermo en su ruta a un centro médico.

Y en su lucha por prolongar y hacer más feliz la vida del hombre el ingeniero busca el desarrollo de nuevos materiales para su protección, nuevas fuentes de alimentos para saciar el hambre de su cuerpo, nuevas formas de producción, transportación, almacenaje y distribución de estos bienes para que lleguen a todos los seres de la tierra con la esperanza de que muy pronto el hambre y el desamparo sea el recuerdo de una pesadilla que se borra en el pasado de todos los hombres en todas las tierras.

Y cuando el eterno trabajar del ingeniero haya hecho llegar el conocimiento necesario al cerebro de todos los hombres, y haya hecho producir a la naturaleza bienes y alimentos suficientes para todos, y haya asegurado hasta lo posible la ausencia del dolor físico en el hombre, entonces empezará una nueva lucha por proveer al ser humano de aquello que pueda hacer felices sus horas de ocio, que serán muchas. Y su lucha producirá salas y plazas dondequiera que sean necesarias para desarrollar actividades que estimulen felizmente al espíritu del hombre. Ya las grandes actividades artísticas y culturales no estarán encerradas por las murallas de los grandes centros metropolitanos, sino que llevarán su riqueza y esplendor a todo lugar donde exista un hombre. Y así un jibarito nuestro, en su casita del Cerro de la Pica, podrá, como un regalo de los ingenieros del mundo, disfrutar viendo a Otelo en su camino a la gloria, o escuchando la maravillosa quinta sinfonía que parió el sordo cascarrabias que nació una noche tempestuosa en la ciudad de Bon.

Sí, ese mundo maravilloso estará al alcance de todos los seres humanos mientras contemos con los ingenieros necesarios para hacerlo realidad. Pero se adivinan en el horizonte graves peligros.

Las universidades, fuentes que producen a los ingenieros que necesita la industria para echar a caminar el progreso del mundo, están siendo adversamente afectadas por esas mismas industrias que consumen su producto. El reclutamiento y la retención en nuestras aulas de profesores capacitados es cada vez más difícil en razón de que los sueldos que ofrece la industria a los egresados, en promedio, son mucho más altos que los sueldos que puede pagar la academia. Al presente, la retribución que nosotros podemos ofrecer a un egresado de bachillerato para prepararlo como profesor es de cerca de \$14,000 anuales, a esa misma persona le ofrece la industria \$22,000. Nos encontramos con el absurdo de que estudiantes recién graduados de nuestro Colegio reciben ofertas de salarios superiores a los que reciben muchos de los profesores que les entrenaron, siendo esto así en razón de que los sueldos del profe-

...no responden a la fluctuación de la oferta y la demanda.

Los altos sueldos que paga la industria producen otro efecto pernicioso sobre la salud de nuestras escuelas de ingeniería. Ante el ofrecimiento de un ingreso de más de dos decenas de miles de dólares anuales, muy pocos estudiantes están dispuestos a emprender otra jornada de estudio a lo largo de cuatro años adicionales para completar su doctorado. Señalan la Asociación Americana de Sociedades para la Ingeniería, la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos y la Asociación Americana para la Educación en Ingeniería, que en el año 1981 la producción de bachilleres en Ingeniería alcanzó la cifra de 58,742 en la nación, mientras que al mismo tiempo la producción de doctorados llegó sólo a 2,751. Señala así mismo, que a lo largo de los últimos cinco años la producción de ingenieros a nivel de bachilleres aumentó en cerca de un 54%; la de doctorado en el mismo campo se redujo en un 13%.

Lo anterior indica, sin lugar a dudas, un asomo de crisis para los centros universitarios no solo con peligro para la enseñanza de la ingeniería, sino también para el área de investigación en dicho renglón académico, que de tanta importancia es para el desarrollo total de la humanidad.

Por otro lado se señala que la matrícula en los colegios de Ingeniería alcanza una magnitud nunca antes vista, superior a la del año 1979 cuando 340,488 estudiantes llenaban los colegios de Ingeniería de la nación, de los cuales 103,724 iniciaban sus estudios. En nuestra isla para la misma fecha teníamos un total de 2,776 estudiantes de los cuales 650 cursaban su primer año.

Esta demanda brutal por los estudios de ingeniería acompañada por la escasez de material profesoral ya señalada, apunta a una crisis académica cuyas consecuencias pueden resultar desastrosas para las esperanzas del mundo que vivimos.

Pero hay otro problema que amenaza nuestros colegios de ingeniería, la fuente natural de ingenieros. Un estudio hecho por la Fundación Nacional de Ciencias indica, con respecto al equipo de laboratorio en nuestros colegios, lo siguiente: "La mayor parte de los laboratorios visitados son inferiores a aquellos dentro de la industria." Señala también que la edad media del equipo en la universidad es el doble del mismo equipo operando en la industria. Esta condición es un estímulo más sobre el profesorado joven de nuestras universidades que les impulsa a abandonarnos por la industria.

Se estima que el costo de reemplazar el equipo de laboratorio para ingeniería alcanza a \$1,500 anuales por cada grado de bachiller que se conceda, cifra que en nuestro Colegio alcanzaría a la cantidad de \$500,000 por año para reemplazo únicamente, sin adelanto alguno. El Decano Robert Page, de la Universidad de Texas A & M, en un estudio que toma como base a nueve instituciones del estado, concluye que en Texas la cantidad de dinero necesaria para po-

ner al día el equipo de laboratorio es de \$17,409 por cada grado de bachiller concedido. Sería lógico pensar que esa misma necesidad, a ese mismo costo, padece nuestra universidad del estado, por lo que el capital requerido para poner nuestros laboratorios a la altura que demandan los tiempos resultaría ser \$5,803,000. En los últimos dos años hemos recibido \$2 millones. Dura tarea nos espera. Hay nubes en el horizonte pero vamos hacia él.

Vamos porque sabemos que el ingeniero ha cargado sobre sus hombros todos los problemas del mundo y para todos ellos ha encontrado la solución adecuada. Sabemos que los que habrá de recoger en su ruta hacia el futuro serán mucho más complejos y pesados, pero tenemos mejores herramientas y más fuerzas. A pesar de las nubes que obscurecen el horizonte, la ruta se ve clara bajo la luz segura que deja sobre el camino el paso del ingeniero.

REFERENCIAS

1. Data related to the Crisis in Engineering Education. A report prepared by a Task Force from the American Association of Engineering Societies, the American Society of Mechanical Engineers and the American Society for Engineering Education.
2. Breve historia de las Obras de Ingeniería de Puerto Rico por el Prof. Luis F. Pumarada O'Neill.

IX

ENERGIA DEL OCEANO

Dr. Juan A. Bonnet, Jr.
Director

Centro para Estudios Energéticos y Ambientales
Universidad de Puerto Rico

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS - 82
Centro de Convenciones de San Juan, Puerto Rico
1 al 7 de agosto de 1982

II CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA OCEANICA

PRESENTACION NACIONAL

PUERTO RICO

ENERGIA DEL OCEANO

Por:

Juan A. Bonnet, Jr.
Director
Centro para Estudios Energéticos y Ambientales
Universidad de Puerto Rico

2 de agosto de 1982

ENERGIA DEL OCEANO

Juan A. Bonnet, Jr., Director, Centro para Estudios Energéticos y Ambientales, Universidad de Puerto Rico

ABSTRACTO

En el planeta Tierra, los océanos cubren el 70% de su superficie y almacenan grandes cantidades de la radiación solar total que se recibe. Los océanos son la pila o batería de energía solar más grande en nuestro planeta y esta energía se puede utilizar durante todas las horas del día y de la noche. Los países de la cuenca del Caribe tienen una extensión de mar de 2,640,000 kilómetros cuadrados, una costa de más de 1,680,000 kilómetros y todo este territorio está localizado entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio. Más del 50% del mar Caribe tiene profundidades mayores de 1000 metros. Estas condiciones en sí hacen muy atractiva la alternativa de utilizar la energía oceano-térmica en los países del área del Caribe. Un cálculo aproximado del potencial de energía térmica del Caribe (incluyendo las corrientes del Golfo) arroja unos 182 billones de kilovatios-hora por año.

En este artículo se discuten los fundamentos de la conversión de la energía térmica del océano (CETO) la historia del desarrollo de ésta, junto al potencial y el futuro para los países del área del Caribe de esta opción energética.

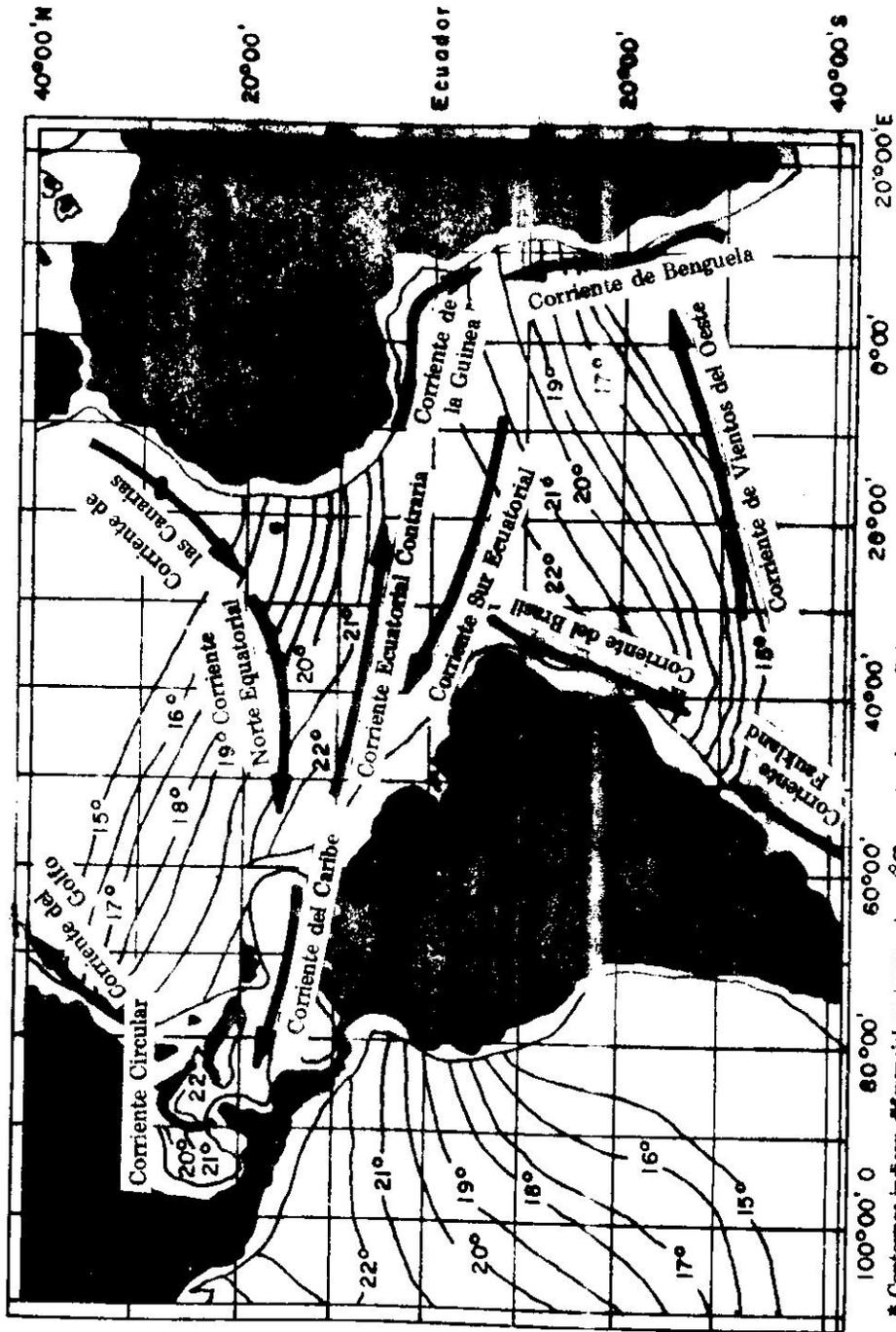
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

En el sistema solar a que pertenece el planeta Tierra, el sol es la fuente de energía principal. En nuestra biosfera no estamos aprovechando a cabalidad la energía que nos provee la radiación que nos llega del sol. La naturaleza aprovecha esta energía por medio de la fotosíntesis, proceso que sirve para energizar la acción vital y liberar el oxígeno necesario para su subsistencia. Además, la energía del sol se almacena en el planeta en diferentes sitios incluyendo los océanos. También la energía del sol ocasiona las corrientes tanto de agua como de aire, dando lugar a los movimientos de los océanos (Figura 1) y los vientos que mantienen niveles de temperaturas adecuadas para sostener el ciclo de vida. Pero hasta ahora ha sido bien difícil a los seres humanos desarrollar técnicas para concentrar los rayos solares que llegan tan difusos a la superficie de la Tierra y aprovecharlos efectivamente como una fuente de energía.

En la última década, debido a los aumentos tan altos en el precio del petróleo, el combustible principal para producir energía, se ha comenzado a realizar esfuerzos significativos para utilizar los rayos solares como fuente de energía. Estos intentos incluyen entre otros, la utilización de los vientos o energía eólica, de las olas del mar, de los cambios en las mareas o nivel del mar, de la concentración de los rayos solares para calentar agua u otros líquidos y producir agua caliente o vapor, la utilización de la biomasa o vegetación como una fuente de energía y muchos otros. Entre estas posibilidades también se ha considerado la utilización de la diferencia en temperatura entre la superficie y las profundidades del mar. Esta alternativa la sugirió y la probó por vez primera el francés George Claude en las costas de Cuba en el año 1929. Operando con una diferencia en temperatura de tan sólo 14°C el doctor Claude, miembro de la Academia de Ciencia de Francia, llegó a producir 22 kilovatios de energía con su motor de prueba. La naturaleza, sin embargo, se encargó de vencerlo y un huracán rompió la tubería que traía el agua fría. Desde entonces no se consideró esta alternativa seriamente y se discontinuó su desarrollo hasta la pasada década. El doctor Claude utilizó el ciclo directo de Rankine en sus experimentos.

Básicamente; la idea de cómo extraer esta energía se explica por el principio de Carnot que rige el funcionamiento de los termomotores; una diferencia de temperatura puede aprovecharse para producir energía mecánica. Los rayos solares al penetrar los primeros metros de la superficie del mar transfieren su energía al mar. Esto causa que entre el Trópico de Capricornio y el Trópico de Cáncer la temperatura de la superficie del mar sea del orden de 20 a 25 grados Celsio. Estos rayos, sin embargo, son absorbidos en los primeros metros de la superficie y no penetran hasta las profundidades del mar. Por lo tanto, según se va profundizando en el mar su temperatura es más baja. Entre los 700 a 900 metros de profundidad pasamos por un área llamada termoclina, donde la temperatura del mar se reduce a una mayor razón que en cualquier otra región. Cuando llegamos aproximadamente a los 1000 metros de profundidad, la temperatura del mar está cerca de las temperaturas de congelación del agua o sea de 0° Celsio, por lo tanto, existe una diferencia o diferencial de temperatura entre la superficie del mar y los 1000 metros de profundidad del orden de 25° Celsio aproximadamente.

Es una consecuencia de la segunda ley de termodinámica que para poder



* Contornos indican diferencial de temperatura (°C) entre la superficie y 1000 m de profundidad.

FIGURA: 1 PATRON DE CIRCULACIONES MAYORES EN EL AREA DE RECURSOS DE LA CETO (Adhatico)

Fuente: Sands, 1980

utilizar la energía térmica contenida en un cuerpo es necesario moverla a un cuerpo de temperatura más baja. Sólo así, parte de la energía térmica trasladada podría convertirse en energía útil, mecánica, eléctrica, etc. La ley fija una eficiencia máxima que es proporcional a la diferencia en temperatura entre los dos cuerpos.

En el concepto de CETO se utiliza el diferencial de temperatura entre el agua del fondo y la superficie del mar. Fundamentalmente, se hace pasar el agua caliente de la superficie por los tubos de un intercambiador de calor por cuyo exterior fluye un líquido de bajo punto de ebullición llamado el líquido operacional. El amoníaco es un buen ejemplo. El agua caliente evapora al líquido operacional, digamos amoníaco, el cual al expandirse mueve un turbogenerador eléctrico. El vapor del amoníaco, una vez expandido, pasa por un condensador que usa el agua fría del fondo del mar como refrigerante. Aquí el vapor del amoníaco se condensa a la forma líquida y se completa el ciclo para un funcionamiento continuo. De esta manera, la máquina CETO puede recobrar grandes cantidades de energía térmica y convertirla en energía útil. Ver la Figura Número 2.

De lo que hemos dicho es evidente que la eficiencia termodinámica de la máquina CETO es bien baja, debido a la estrecha diferencia entre las temperaturas del fondo y la superficie del mar. Sin embargo, el "combustible" es casi ilimitado y gratis, de modo que si se construyen máquinas que puedan procesar grandes cantidades de agua de mar, se podrán generar grandes cantidades de electricidad. En la Tabla 1 podemos apreciar algunos estimados al año 2000. La eficiencia teórica del proceso fluctúa entre un 7 y un 8 por ciento. En la práctica esta quedará entre un 4 y un 5 por ciento. La eficiencia del proceso CETO es muy baja si se compara con la eficiencia de centrales de carbón, petróleo y nuclear en la cual la eficiencia es de aproximadamente 33% en las dos primeras y de aproximadamente 40% en la última.

El concepto descrito arriba es conocido como el ciclo cerrado de CETO, pero también hay un concepto que se denomina ciclo abierto de CETO. En este concepto lo que se utiliza es el agua de la superficie del mar a una temperatura aproximada de 27°C. Esta se lleva a unos envases donde la presión atmosférica se reduce, lo que hace posible crear vapor directamente de esta agua para mover la turbina. El vapor de agua expandido se condensa con el agua fría del fondo y se devuelve otra vez al mar.

De la figura número 3, proceso de ciclo abierto de energía oceano-térmica, podemos darnos cuenta que es necesario conseguir vacíos del orden de 1/2 psi o 1/30 atmósfera para conseguir que el agua de mar se convierta en vapor. En otras aplicaciones o ciclos para conseguir que el agua se convierta en vapor se le añaden agentes químicos como detergentes, lo cuales reducen la temperatura de ebullición. Esto se conoce como el proceso de la espuma de energía oceano-térmica. La figura número 4 nos demuestra el ciclo de éste. El Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico en cooperación con Carnegie Mellon University ha sido pionero en estudios relacionados con el concepto de espuma de CETO. En el proceso de ciclo abierto de rocío o ducha (Mist) de energía oceano-térmica se utiliza una caída de agua de mar a presiones reducidas, para mover una turbina-generador para producir la electricidad. Al caer se vaporiza el agua de mar y así se vuelve a subir y retornar al mar.

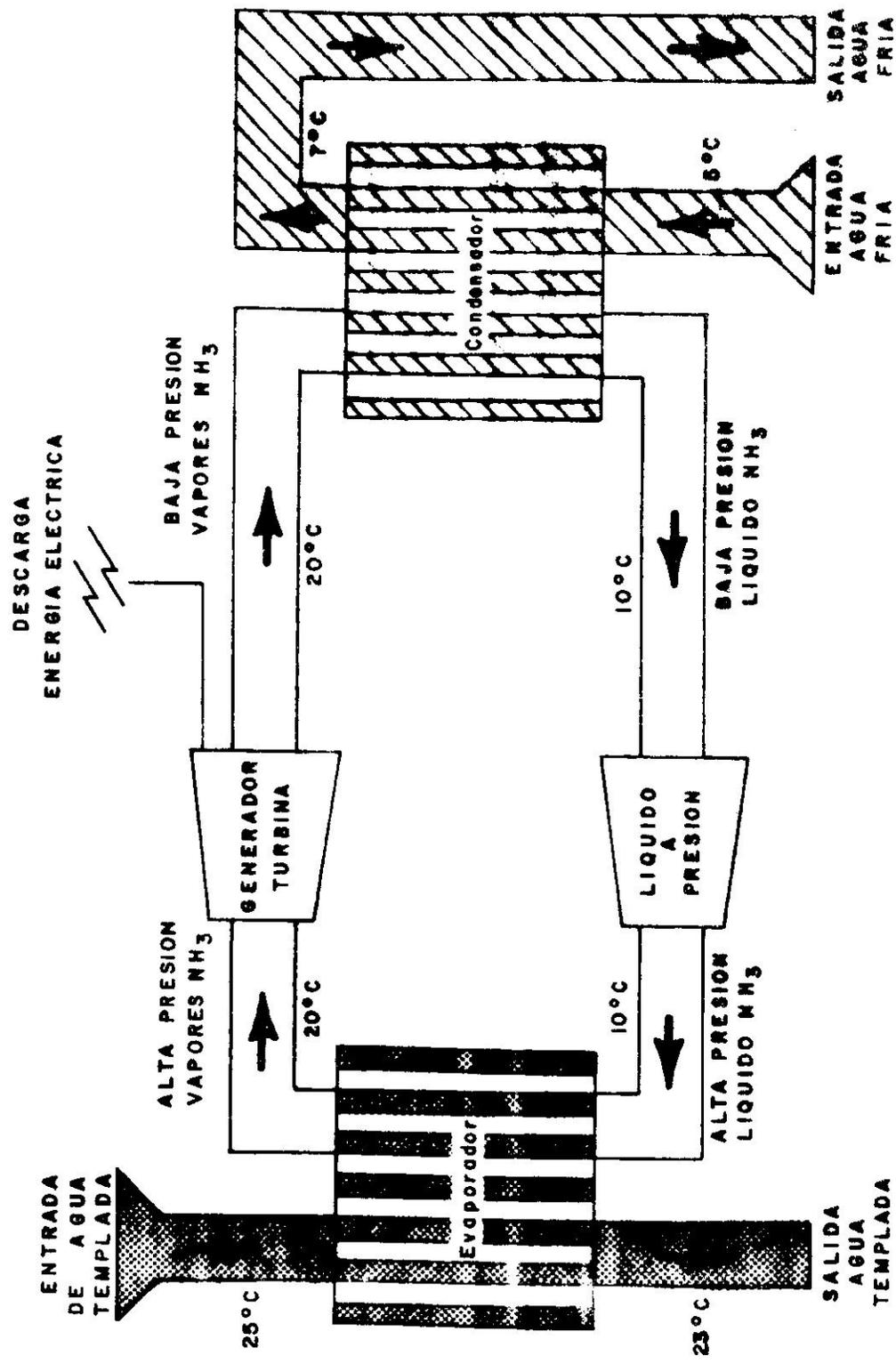


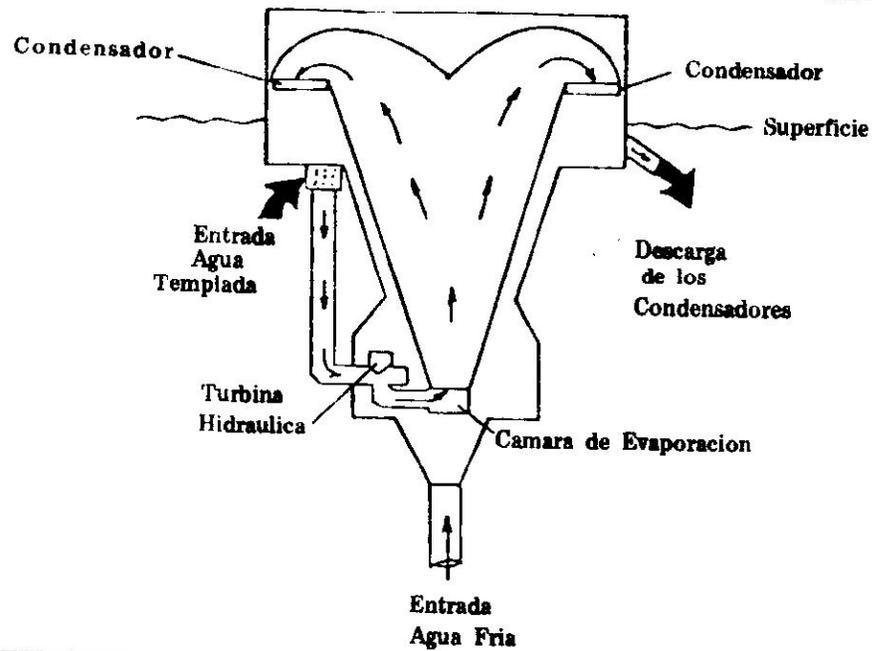
Figura 2_ DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN SISTEMA DE ENERGIA DE CICLO CERRADO.

FUENTE: ADAPTADO DE DOE, 1979g

TABLA 1
PORCIENTO DE LA PROYECCION DE NECESIDAD DE ELECTRICIDAD
PARA EL AÑO 2000
GOLFO DE MEJICO Y PUERTO RICO

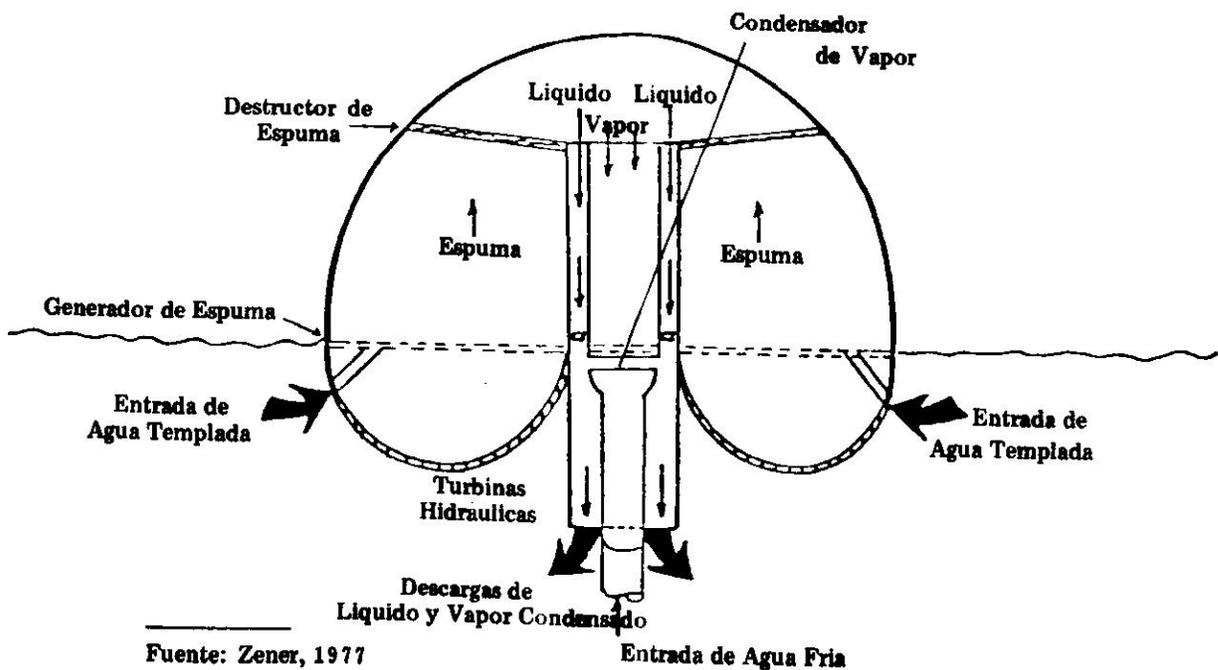
Area	Consumo de Electricidad para el Año 2000		Electricidad Proyectada Suplida por CETO Para el Año 2000	Porcentaje Del Total Proyectado para el Año 2000
	(10^{12} BTU)	(10^8 MWh)	(10^8 MWh)	
Golfo de Méjico (incluyendo Alabama, Florida, Luisiana, Mississippi y Texas)	21,700	63	0.2	<1
Puerto Rico	588	2	0.09	5

Figura 3 Diagrama Esquemático de un Sistema de Energía CETO de Flujo a Vapor



Fuente: Ridgway, 1977

Figura 4 Diagrama Esquemático de un Sistema de Energía CETO de Espuma



Fuente: Zener, 1977

ESTADO ACTUAL DEL DESARROLLO DE LAS CENTRALES OCEANO-TERMICAS

El Presidente de los Estados Unidos aprobó durante el 1979 dos leyes relacionadas con el desarrollo de la energía oceano-térmica. Estas leyes se llaman, La Ley de Investigación, Desarrollo y Demostración de Energía del Océano. Es necesario señalar que en inglés el concepto de energía oceano-térmica se conoce como "Ocean Thermal Energy Conversion" y se identifica en muchos documentos con las siglas de "OTEC". Aquí hemos usado las siglas CETO correspondientes al español "Conversión de la Energía Térmica del Océano". Esta es la Ley Pública Núm. 96-310 del 17 de julio de 1980. La segunda ley se conoce como El Acta de Energía Oceano-Térmica del 1980 y es la Ley Pública Núm. 96-320 del 3 de agosto de 1980.

La primera de estas leyes señala que se acelere el desarrollo tecnológico de CETO, de tal manera que se puedan conseguir los siguientes objetivos de producción energética:

1. Demostrar para el 1986 por lo menos 100,000 kilovatios eléctricos de producción eléctrica por medio de CETO. Esto equivaldría al 0.04% de la demanda de energía de los Estados Unidos de América.
2. Demostrar para el 1989 por lo menos 500,000 kilovatios eléctricos de capacidad de energía oceano-térmica equivalente aproximadamente a 0.2% de la demanda de energía en los Estados Unidos de América.
3. Alcanzar para mediados de la década del 1990 costos promedio de producción de electricidad o productos equivalentes energéticos por medio de energía CETO que sean competitivos comercialmente en las regiones de la Costa del Golfo, islas y territorios de los Estados Unidos de América.
4. Establecer como una meta nacional una capacidad de producción de 10 mil millones de kilovatios de energía eléctrica o en productos equivalentes por medio de CETO para el año 1999. Esto equivaldría al 3% de la demanda proyectada de energía para los Estados Unidos de América. La figura número 5 resume estas proyecciones en forma gráfica.

La segunda Ley de Energía Oceano-Térmica ordena:

(1) Al administrador de la Administración Nacional de Oceanografía Atmosférica (NOAA) establecer un régimen estable legal para desarrollar comercialmente la CETO. Para llevar a cabo esta encomienda ordena (a) implantar un programa para adquirir licencias de operación; (b) preparar un documento de impacto ambiental que cubra cada solicitud de licencia, (c) establecer un programa de rastreo o monitoría en cada programa aprobado y (d) llevar a cabo todas las investigaciones ambientales necesarias con relación a los aspectos de la energía oceano-térmica.

(2) El Secretario de NOAA debe entre otras cosas: (a) cuidar de la seguridad de la vida y la propiedad en el mar por medio de iluminación y otros métodos con relación a las operaciones de futuras plantas de energía oceano-térmica, (b) evitar la contaminación del medio ambiente marino, (c) limpiar cualquier contaminación que pueda ocurrir debido a la operación de centrales de CETO, (d) prevenir o minimizar todos los impactos adversos que

AÑO

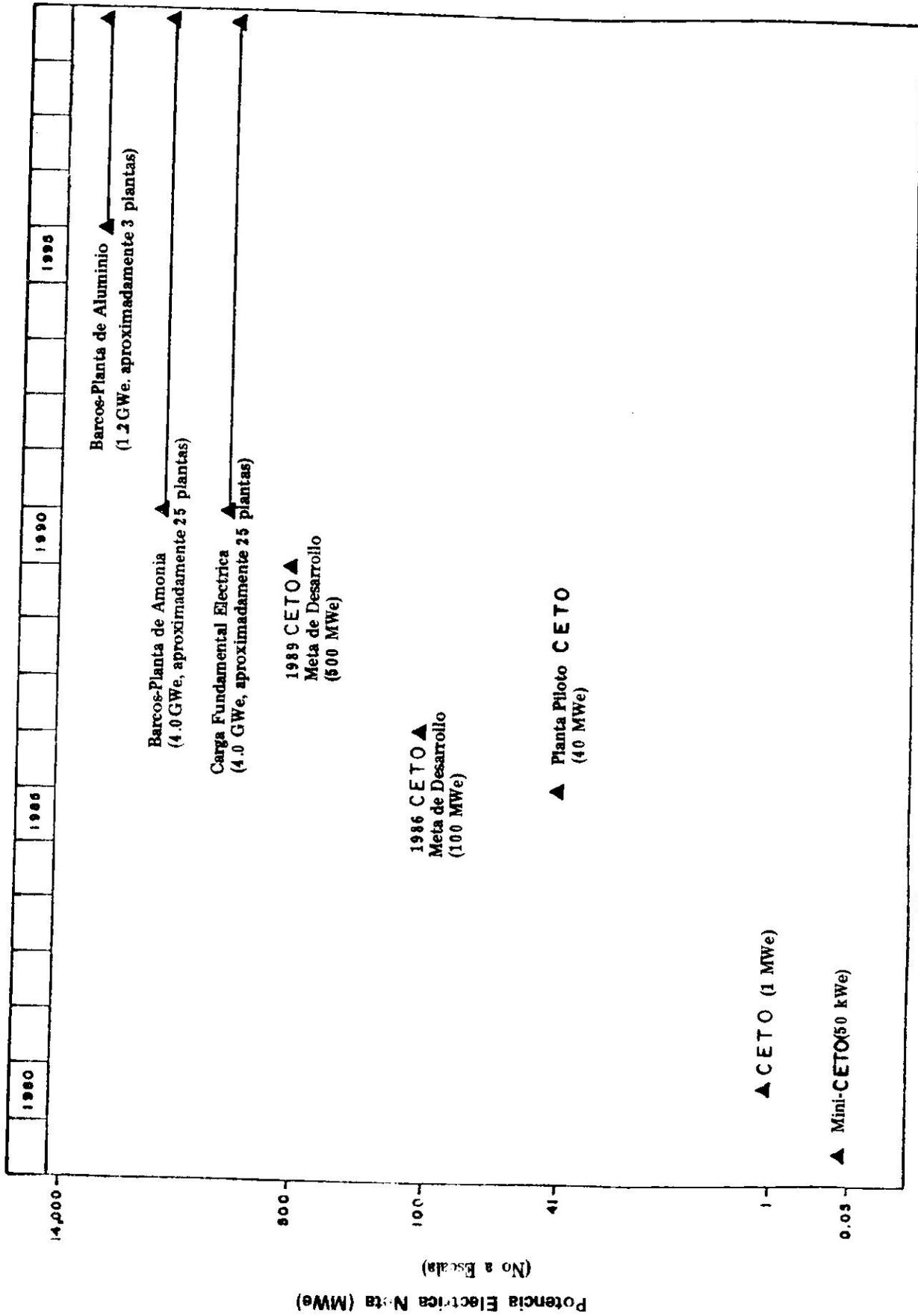


Figura 5 Programa de Desarrollo de OTEC

puedan ocurrir debido a la construcción y operación de centrales de energía oceano-térmica, (e) asegurarse que las descargas termales de las centrales de CETO no afecten la vida marina ni los recursos de éstas.

3) El Administrador de NOAA debe compartir responsabilidades para hacer cumplir las reglas bajo esta ley con el Secretario del Departamento de la Guardia Costanera.

4) El Secretario de Estado en cooperación con el Administrador de NOAA y el Secretario del Departamento de la Guardia Costanera debe llevar a cabo negociaciones internacionales según sea necesario para mantener la seguridad de la navegación y resolver cualquier otra cuestión relacionada con el establecimiento de centrales de energía oceano-térmica.

5) El Secretario de Energía debe establecer y hacer cumplir las reglamentaciones y estándares que exijan la construcción y operación segura de cables submarinos para la transmisión eléctrica y cualquier otro equipo que esté asociado con las centrales de energía oceano-térmica.

DESCRIPCION DE ALGUNOS CONCEPTOS DE CENTRALES OCEANO-TERMICAS DE CICLO CERRADO

Las centrales de energía oceano-térmica de ciclo cerrado pueden consistir de (a) una plataforma flotante en la superficie del mar agarrada por cables; (b) torres descansando sobre el lecho del mar; (c) centrales ubicadas en tierra firme o (d) barcos. Discutiremos brevemente algunos de estos conceptos.

(a) Plataformas flotantes

Las plataformas flotantes agarradas por cables es el concepto que más publicidad se le ha dado. Compañías tales como la Lockheed, TRW, Sea Solar Power, han desarrollado descripciones artísticas de sus conceptos los cuales podemos apreciar en las figuras 6. Básicamente consisten de una plataforma localizada en un sitio donde la profundidad del mar es de más de 1,000 metros y de donde cuelga una tubería para extraer el agua de mar fría. En esta plataforma, se recoge el agua caliente del mar cerca de la superficie y también queda instalado el equipo necesario para producir la electricidad. La plataforma se mantiene fija en su localización por medio de un cable anclado (Anchorer cable), en el lecho del mar. Es posible producir electricidad u otros productos industriales cuya producción consume grandes cantidades de energía tales como amoníaco, hidrógeno o fertilizantes.

(b) Plataformas localizadas en la superficie

Según se construyen plataformas para extraer petróleo en el mar es posible utilizar esta tecnología para establecer plataformas a profundidades de 300 a 400 metros para instalar centrales oceano-térmicas. Se instala una tubería que baja de la plataforma hasta el fondo del mar y de ahí sigue recostada al lecho del mar hasta llegar a los 1,000 metros de profundidad. Véase figura Número 7.

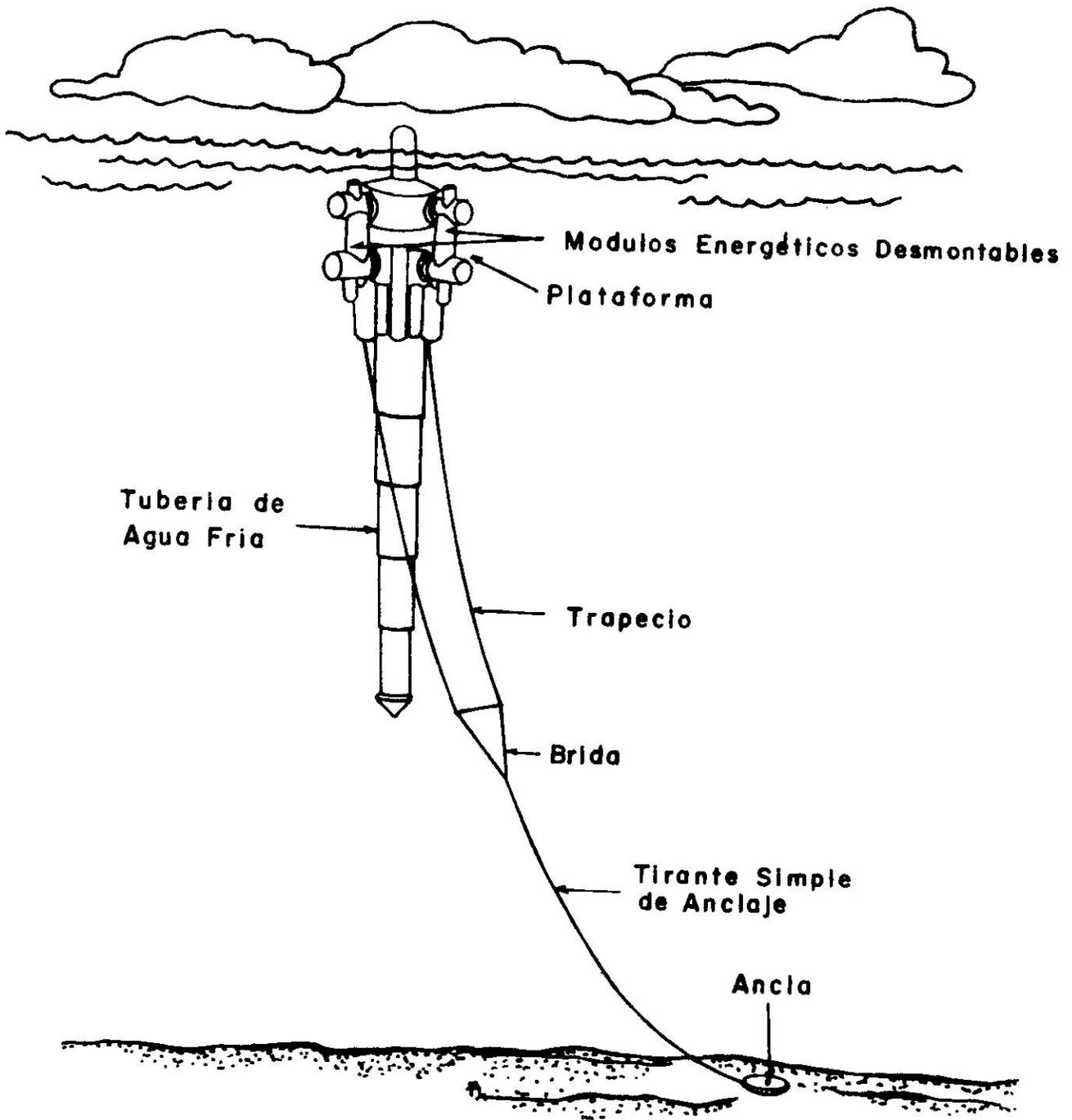


Fig. 6 Planta CETO Anclada. Propuesta por Lockheed Ocean Systems. (186.5MW_e)

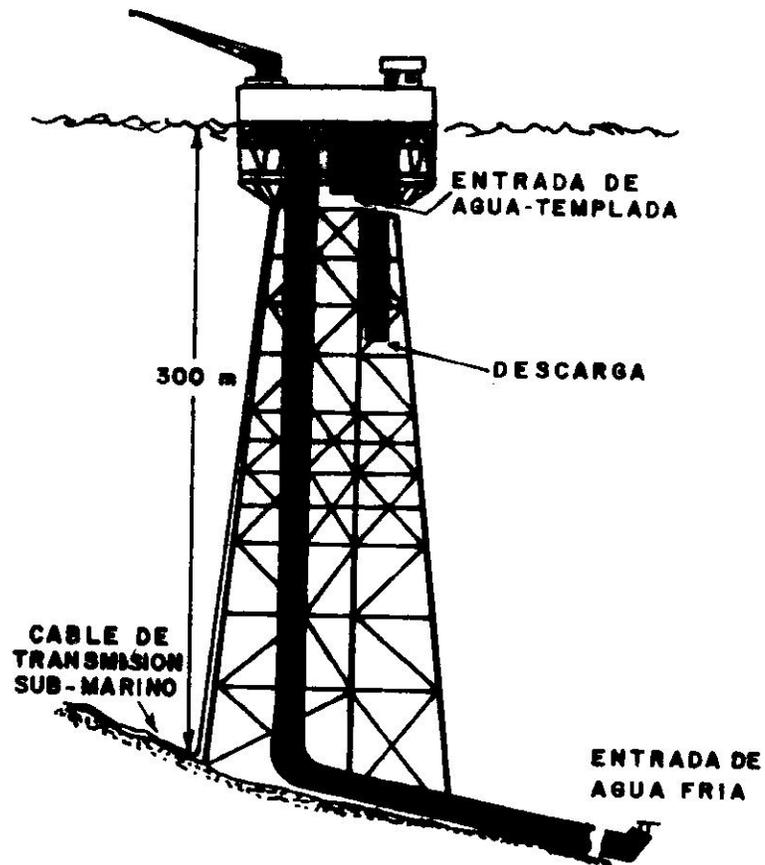


Figura 7 DISEÑO TIPICO DE TORRE DE DESCANSO EN LECHO SUBMARINO.

FUENTE: SULLIVAN et al., 1980

(c) Centrales ubicadas en tierra firme

En este caso la central se establece en la costa y de ésta se extiende una tubería hasta conseguir las aguas calientes y otra hasta 1,000 metros de profundidad para obtener las aguas frías. Este arreglo aparece ilustrado en la figura número 8.

(d) Barcos

La central está construida en un barco. Este sistema permite mover la central para obtener el gradiente de temperatura óptimo en un momento dado o ir de un sitio a otro. Su uso se adapta ventajosamente en la producción de productos cuya preparación requiere grandes cantidades de energía como el hidrógeno o el nitrógeno. El barco serviría para almacenar la producción para embarque posterior a tierra.

En la Tabla Número 2 se hace una comparación de los diferentes líquidos operacionales que se podrían utilizar en estas centrales oceano-térmicas. Podemos ver que se ha experimentado con amoníaco, freón, cloruro de metilo, dióxido de nitrógeno, y otros. La tabla resume las características principales de estos líquidos.

La Tabla Número 3 presenta una descripción de los metales de posible utilización en los intercambiadores de calor, tales como el titanio, el aluminio y aleaciones de cobre y otros metales.

POTENCIAL TERMICO

En la banda de latitud entre los 10°N y 10°S hay 80 millones de kilómetros cuadrados de mar que reciben más de 215 vatios por metro cuadrado al día para un total de 1.7×10^{10} megavatios.

Lo anterior respalda lo que señalamos en la introducción, esto es, que las costas del Caribe ofrecen un gran potencial para la producción de energía oceano-térmica. En adición, encontramos numerosos sitios específicos cercanos a Puerto Rico, Cuba, Jamaica, Islas Vírgenes, y Florida donde existe un excelente potencial para establecer centrales oceano-térmicas. Las figuras 9, 10 y 11 dan una idea de la distancia que media entre la costa y la profundidad de 1,000 metros o más.

Los últimos informes en las noticias, principalmente en la revista Ocean Energy, son en el sentido de que se ha renovado un gran interés entre las naciones industrializadas y otros usuarios potenciales por la energía oceano-térmica. En Francia, India, Taiwán, Costa de Marfil se realizan estudios y evaluaciones de localidades para centrales de CETO. Jamaica, en el Caribe, lleva muy adelantada su consideración por esta fuente de energía. Según nuestra información, allí el gobierno de la isla ha formado un consorcio con firmas suecas y noruegas para iniciar la evaluación de localidades y hacer pruebas de intercambiadores de calor. Aparentemente también el interés por la energía oceano-térmica se ha despertado en Méjico y Panamá, ambos países con magníficos sitios para la instalación de plantas de CETO. En adición, Brazil y Curazao en cooperación con el gobierno Holandés desarrollan sus propios planes para el establecimiento de plantas oceano-térmicas.

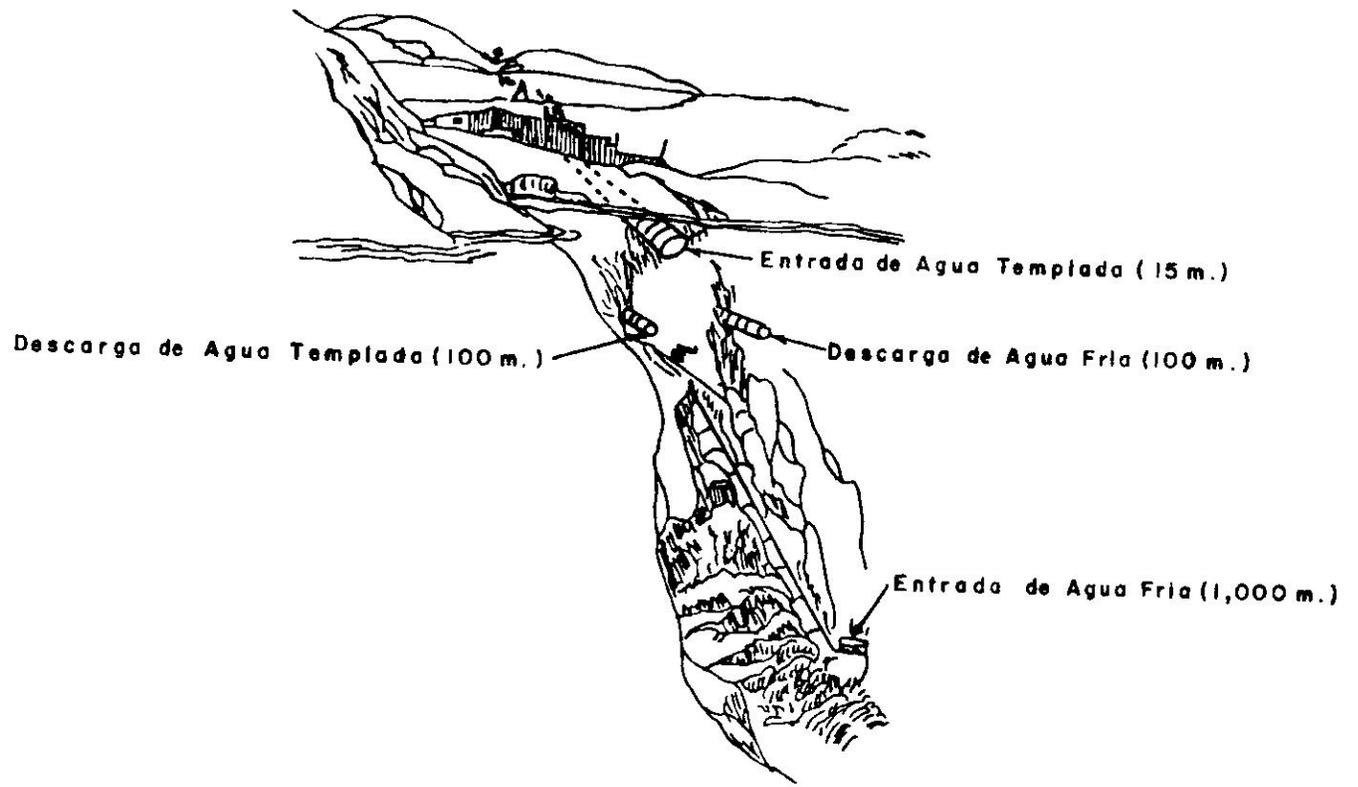


Figura 8. Diseño Típico de Base en Tierra

Tabla 2
 CARACTERÍSTICAS DE LIQUIDOS OPERACIONALES CANDIDATOS DE CETO

Fluido	Estado Físico (20°C)	Regulación (Federal) Existente ^a	Solubilidad En Agua ^a (en 100 ml H ₂ O)	Flamabilidad ^b	Peligro de Explosión ^b	Peligro de Desastre	OSHA ^c 8 horas de Exposición Límite (ppm)	Toxicidad Humana ^{d,e}	Carcinógeno
Acetona	Gas	Substancia Peligrosa	30g(0°C)	57°C ^b	MODERADO (al ser expuesto a flama)	MODERADAMENTE PELIGROSO (emite gases tóxicos al exponerse al calor)	50	Alta	No
Acetona 20	Gas	No regulado	Insoluble	53°C ^b	No hay información	PELIGROSO (emite gases altamente tóxicos al ser calentado para descomposición o al genir en contacto con ácido o gases corrosivos) Liberado a la atmósfera puede contribuir potencialmente a la degradación de la capa de Ozono.	No hay información	Baja	No
Acetona 1	Líquido	No regulado	Insoluble	No hay información	Reacciona violentamente con aluminio	PELIGROSO (emite gases altamente tóxicos de fluoruros y cloruros al ser calentado a descomposición) Liberado a la atmósfera puede contribuir potencialmente a la degradación de la capa de Ozono.	No Hay información	Baja	No
Cloruro de Metilo	Gas	Contaminante Tóxico	400g	63°C ^b	MODERADO (Reacciona violentamente con aluminio)	PELIGROSO (emite gases altamente tóxicos al calentarse para descomposición, reacciona vigorosamente con material oxidante)	100	Moderado	No
Cloruro de Metilo	Líquido	Contaminante Tóxico	2g (0°C)	615°C ^b	No bajo condiciones ordinarias	PELIGROSO (emite gases altamente tóxicos al ser calentado a descomposición)	500	Moderado	No
Cloruro de Sulfuro	Gas	Substancia Peligrosa	7g (0°C)	No hay información	Reacciona violentamente con aluminio	PELIGROSO (emite gases altamente tóxicos al ser calentado a descomposición, reacciona con agua o vapor para producir calor y gases corrosivos)	5	Alta	No
Formaldehído de Metilo	Líquido	No regulado	30g (20°C)	465°C ^b	Moderado (al ser expuesto a chispa o flama)	PELIGROSO (emite gases tóxicos al ser expuesto al calor o flama reacciona vigorosamente con materiales oxidantes)	100	Moderado	No
Acido Metilo	Gas	No regulado	807g (12°C)	430°C ^b	Moderado (al ser expuesto a chispa o flama)	Peligroso (reacciona vigorosamente con materiales oxidantes)	10	Moderado	No
Acido Etilo	Líquido	No regulado	Soluble	385°C ^b	No hay información	PELIGROSO (reacciona vigorosamente con materiales oxidantes)	10	Alta	No

a. Ley Agua Clara 1977
 b. Temperatura de Autoencendido
 c. Punto de Ignición
 d. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
 e. Baja - Causa cambios inmediatos reversibles en la piel que desaparecen al cesar la exposición
 Moderado - Puede causar cambios reversibles o irreversibles al tejido expuesto sin lesiones permanentes o muerte
 Alta - Causa de causar muerte o lesiones permanente en el uso normal; venenoso

Fuentes - * Moltzclaw, 1981
 * Hodgman, 1959
 ** Sax, 1979
 ** United States Department of Labor 1971

TABLA 3

COMPONENTES CETO DE CIRCUITO CERRADO

COMPONENTE	MATERIALES	DISEÑOS	PROBLEMAS Y POTENCIALES
EVAPORADOR Y CONDENSADOR	ALUMINIO TITANIO Cu-Ni	CONCHA Y TUBO PLANTA Y ALETA	TAMANO, COSTO, FABRICACION, CAIDA DE PRESION, CORROSION, LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD
VAPORIZADOR	ACERO INOXIDABLE ACERO ALUMINIO	MALLA CENTRIFUGA Y REPARADORES	CAIDA DE PRESION, CORROSION, EROSION.
TURBINA	ACERO INOXIDABLE ACERO ACERO AL CARBON	AXIAL, FLUJO RADIAL HACIA DENTRO	EFICIENCIA, CORROSION, SELLOS
BOMBAS DE AMONIACO	ACERO INOXIDABLE ACERO ACERO AL CARBON	FLUJO CENTRIFUGO	EFICIENCIA, ENERGIA DE CONSUMO, CORROSION
BOMBAS DE AGUA DE MAR	ACERO INOXIDABLE ACERO BRONCE	FLUJO AXIAL	EFICIENCIA, ENERGIA DE CONSUMO, CORROSION, MANTENIMIENTO

FUENTES: ENERGIAS NO CONVENCIONALES - CLEAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE, UNIVERSITY OF MIAMI
FLORIDA

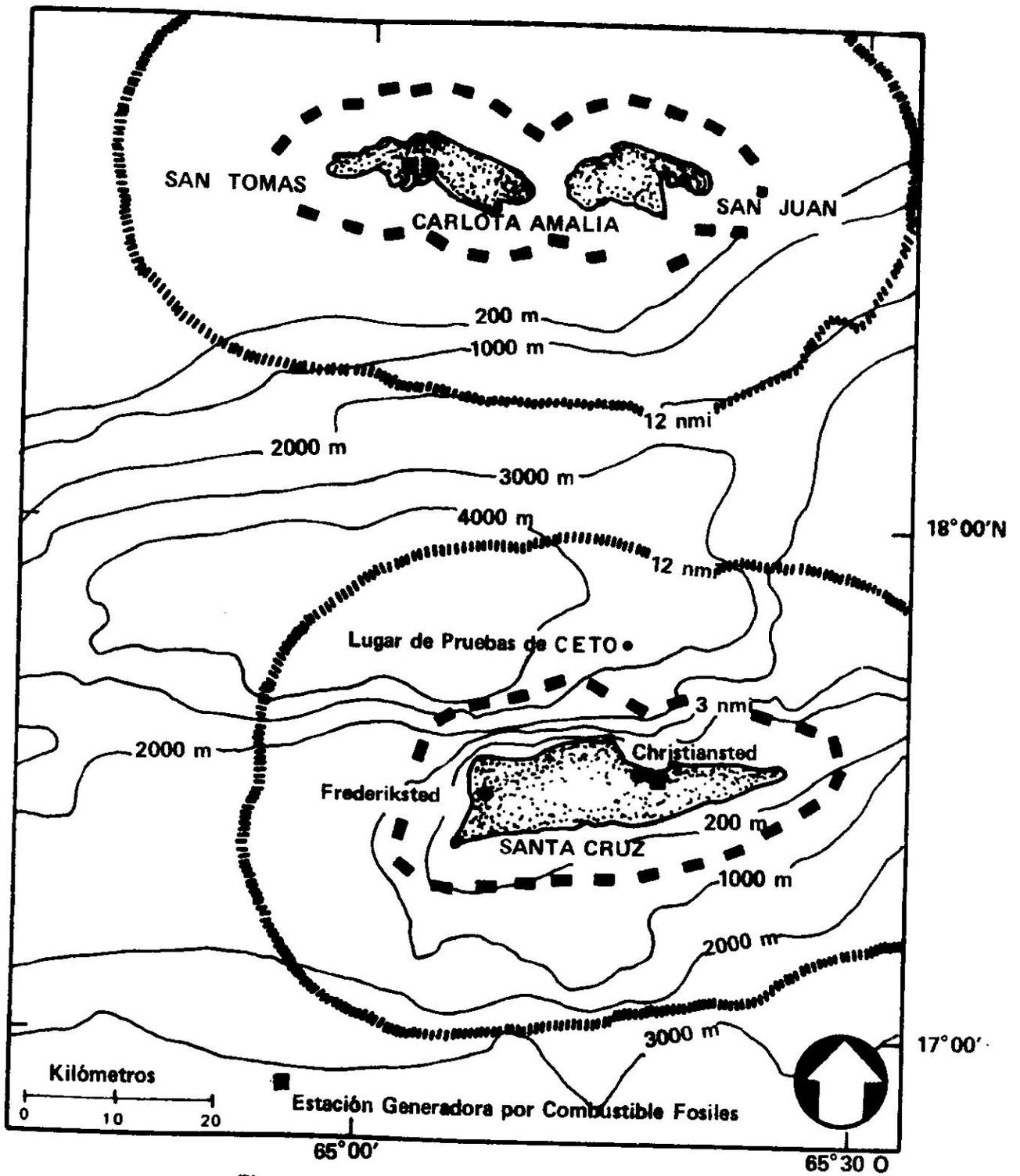


Figura: 9 Islas Vírgenes, E.U.

Fuente: DOE, 1978d; U.S. Geological Survey, 1972

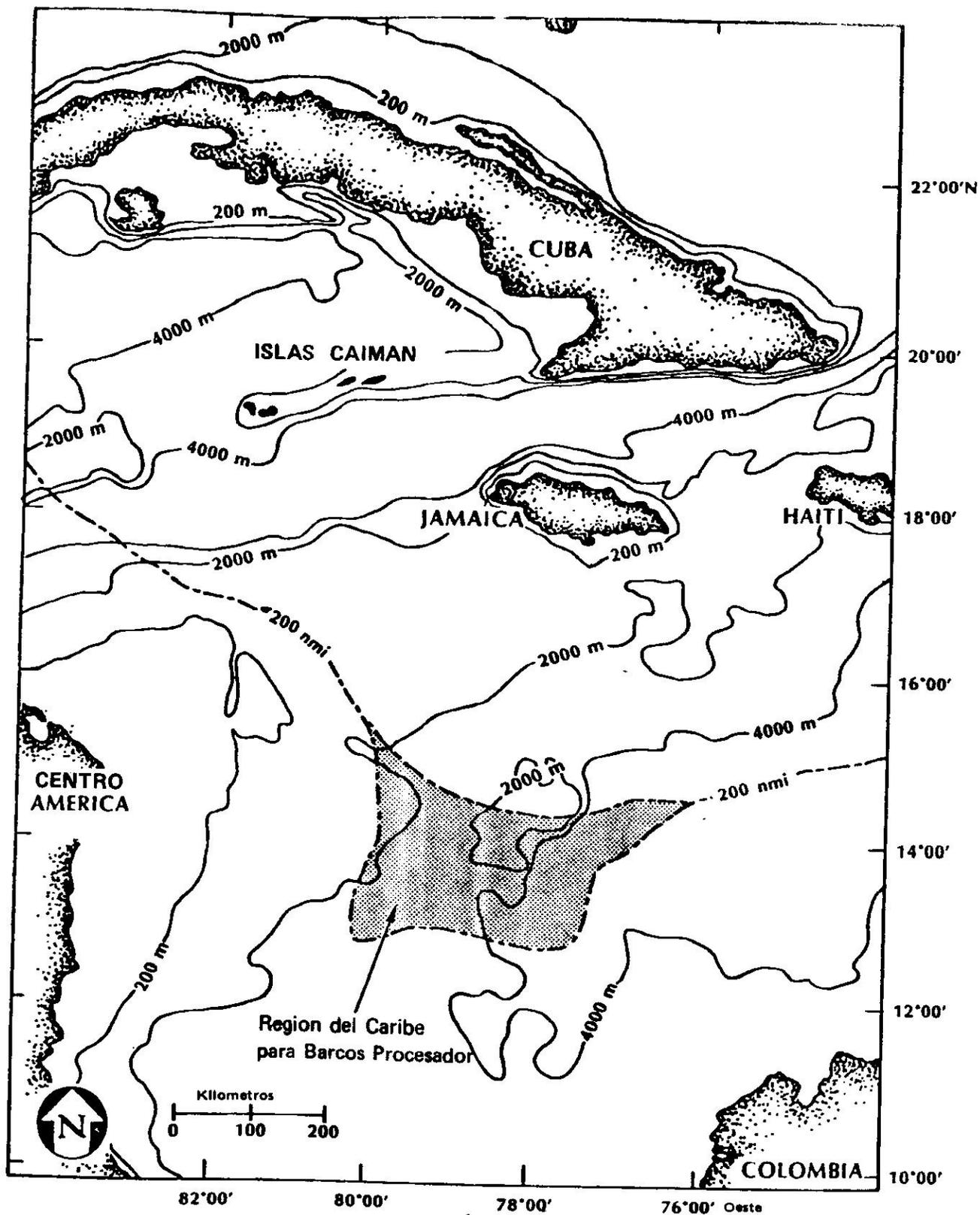


Figura: 10 Región del Caribe para Barcos-Processor

Fuente: Agencia Mapas de Defensa, 1979

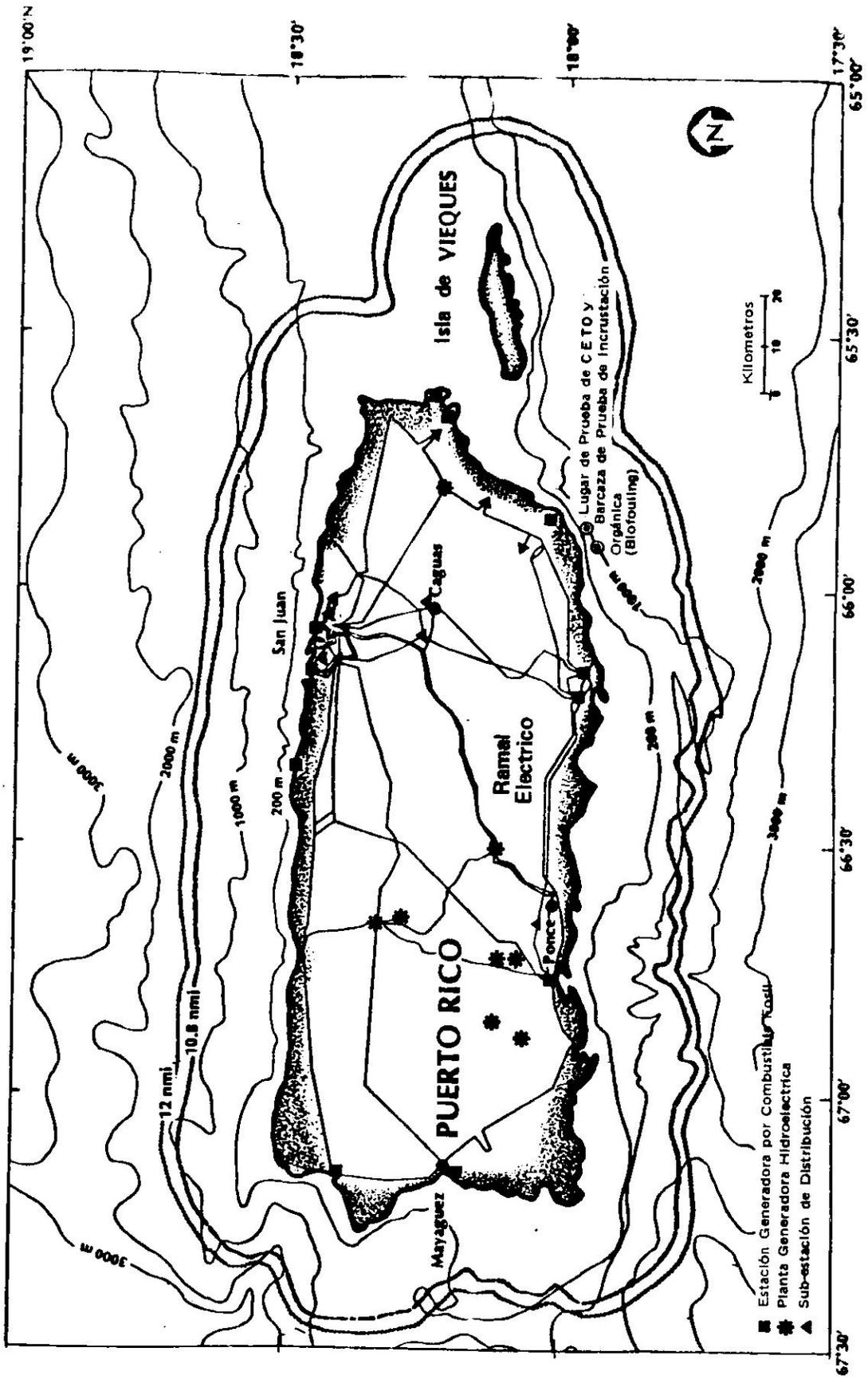


Figura: 11 Puerto Rico

Source: DOE, 1978d; US Geo Survey 1972

TABLA 4

DESPLIEGUE DE CETO PARA EL AÑO 2000

Región	Tipo de Planta	Tamaño de Planta (MWe)	Número de Plantas	Energía Total (GWe)	Porcentaje del Total de Necesidad Proyectada
CARGA FUNDAMENTAL ELECTRICA					
Golfo de Méjico	Ciclo Cerrado	400	5	2.0	<1
Puerto Rico	Ciclo Cerrado	(400,100,40)	4	0.94	
	Ciclo Abierto	40	2	0.08	
	Subtotal-Puerto Rico		6	1.02	5
Islas Vírgenes					
Sta. Cruz	Ciclo Cerrado o Abierto	40	1	0.04	100
Sto. Tomás	Ciclo Cerrado o Abierto	40	1	0.04	100
	Sub-Total-Islas Vírgenes		2	0.08	100
Hawai					
Oahu	Ciclo-Cerrado	(400,100)	3	0.60	80
Hawai	Ciclo Cerrado o Abierto	40	1	0.04	50
Kauai	Ciclo Cerrado	40	1	0.04	100
Maui, Lanai y Molokai	Ciclo Cerrado o Abierto	40	2	0.08	90
	Subtotal- Hawai		7	0.76	80
Guam	Ciclo Cerrado o Abierto	(100,40)	3	0.18	100
Islas Marianas del Norte	Ciclo Cerrado o Abierto	10	2	0.02	90
	Carga Fundamental Total		25	4.06	
BARCOS PLANTAS DE AMONIACO					
Golfo de Méjico	Ciclo Cerrado	500	9	4.5	--
Atlántico del Sur	Ciclo Cerrado	500	9	4.5	--
	Total Barcos Planta de Amonfaco		18	9.0	
BARCOS - PLANTA DE ALUMINIO					
Golfo de Méjico	Ciclo Cerrado	400	1	0.4	--
Atlántico del Sur	Ciclo Cerrado	400	1	0.4	--
Pacífico del Norte	Ciclo Cerrado	450	1	0.4	--
	Total Barcos Planta de Aluminio		3	1.2	
	GRAN TOTAL		46	14.26	

Aparte de Hawaii, los Estados Unidos tienen sitios apropiados para la instalación de plantas de CETO. La Tabla 4 ofrece un posible escenario para el establecimiento de centrales océano-térmicas para el año 2000 en áreas y territorios de los Estados Unidos. De llevarse ésto a cabo para esa fecha se podría alcanzar a nivel mundial un nivel substancial de producción de energía por medio de las centrales océano-térmicas.

ASPECTOS TECNICOS DEL DESARROLLO DE CENTRALES PARA CETO

Las dificultades que aparecen en el desarrollo del concepto de las centrales oceano-térmicas no requieren nuevos descubrimientos científicos. Básicamente son los problemas de ingeniería que se encuentran al pasar de una escala más pequeña a una escala más grande o comercial unos conceptos ya probados técnicamente en experimentos llevados a cabo en las islas de Hawaii y Puerto Rico. En la isla de Hawaii se instaló una demostración que se conoce como "Mini-OTEC" o "Mini CETO". El "Mini-OTEC" fue señalado por la Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales entre los diez más importantes (proyectos base de la ingeniería en el 1979. Este proyecto fue financiado por un consorcio de industrias privadas y el estado de Hawaii.

Se demostró con Mini-OTEC que es viable técnicamente producir energía utilizando la diferencia de temperatura del mar. Se encontró que a esta escala de producción la degradación de los coeficientes de transferencias de calor debido a la utilización de agua de mar de las profundidades y al crecimiento de vida marina en los tubos de los intercambiadores de calor es bien pequeña. Se produjeron 10 kilovatios hora de electricidad.

Otro proyecto de importancia es el de OTEC-1 o CETO-1 que se desarrolla también en la Isla de Hawaii. En éste se prueban diferentes tipos de intercambiadores de calor como son los tipos convencionales de tubo y "shell" y de placas verticales. También se han probado diferentes tipos de materiales. Las fotografías número 1 y 2 muestran estos laboratorios.

En Puerto Rico, el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico posee un laboratorio flotante (ver la foto Núm. 3) el cual estuvo anclado en el sureste de Puerto Rico a milla y media de la costa (Ver figura Núm. 12). En éste se llevó a cabo los experimentos de más largo tiempo de duración dedicados a probar diferentes materiales y el crecimiento de vida marina en su superficie. También se estudió la eficacia de diferentes métodos para limpiar los materiales de los intercambiadores de calor. Se esperaba poder instalar una tubería de agua fría durante el 1982 para proceder con experimentos similares en esta tubería pero éstos últimos esfuerzos han sido frustrados por falta de fondos. Hasta ahora, ha sido posible determinar las características del crecimiento de vida marina y las diferentes maneras de limpiarlas periódicamente.

INCERTIDUMBRES

De lo apuntado anteriormente, podemos apreciar que las incertidumbres con relación a cuáles son los materiales más apropiados y cuál es el efecto del crecimiento de vida marina es motivo de estudio en diferentes sitios. Recientemente a finales de 1980, el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América solicitó propuestas para la construcción de las primeras

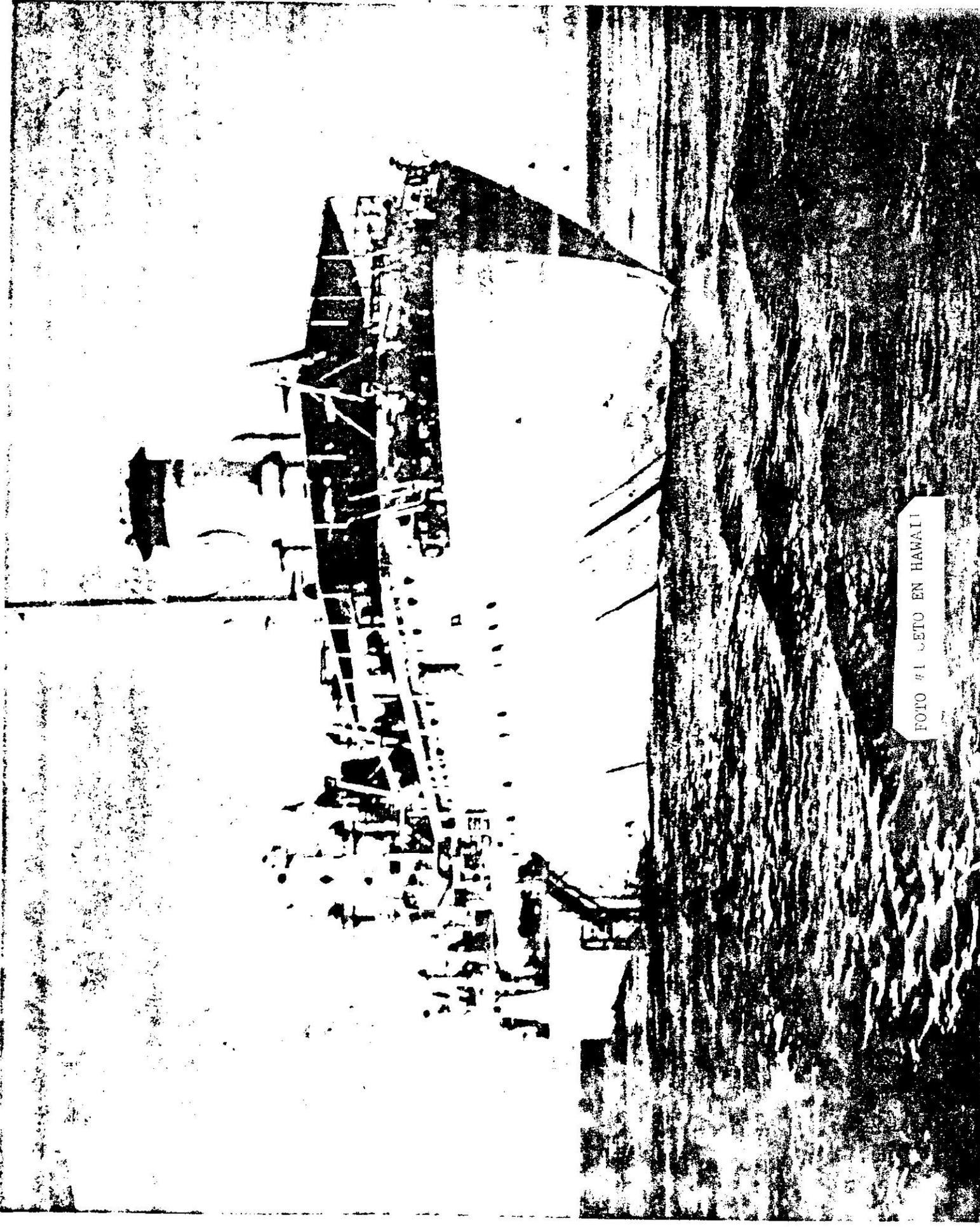
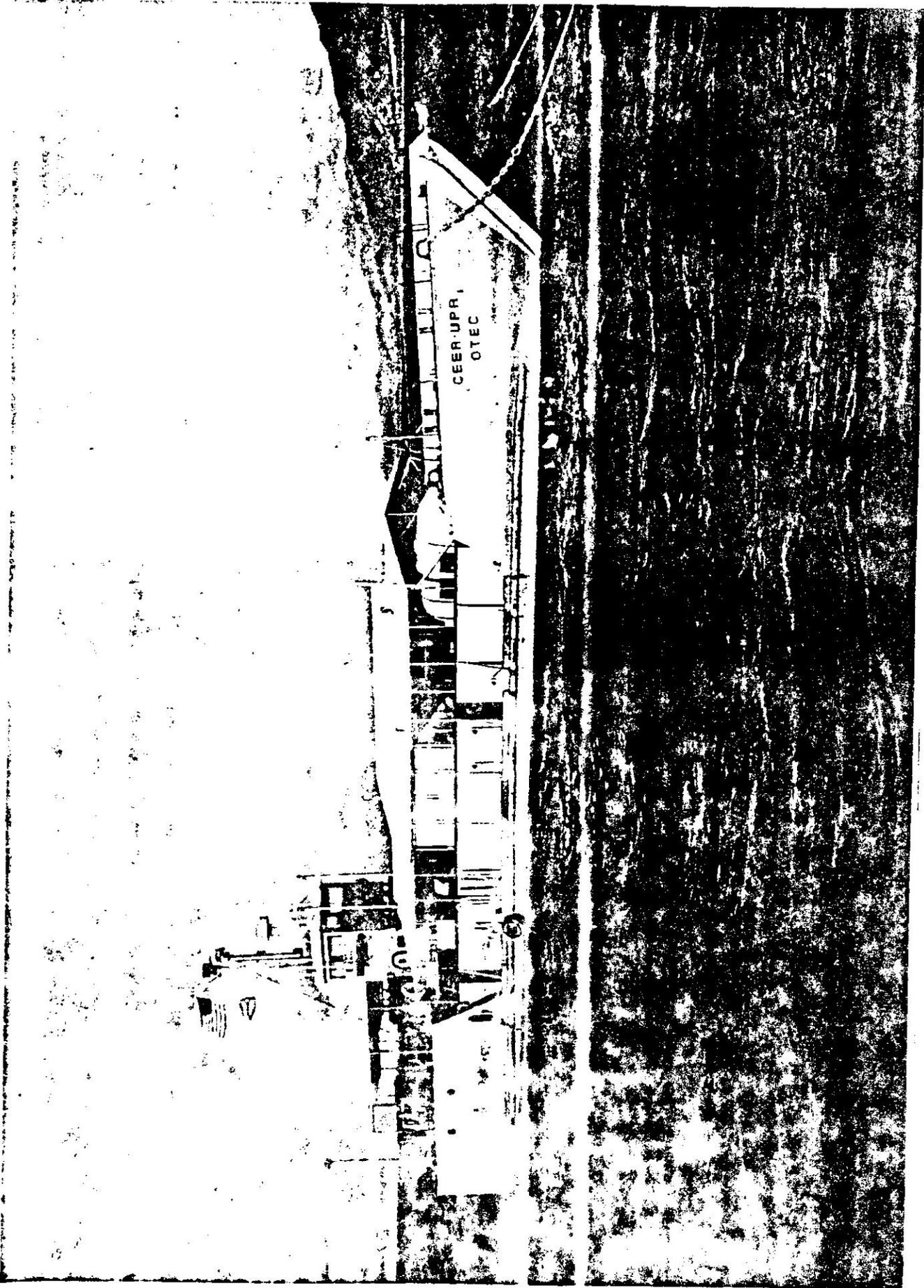


FOTO #1 CETO EN HAWAII

HEIKOPIAHE DEWA

HEIMAKA WAKA
WAKAHE DEWA

FOTO #2 CETO EN HAWAII



FOTC NUM. 3
LABORATORIO FLOTANTE CETO DEL CEEA

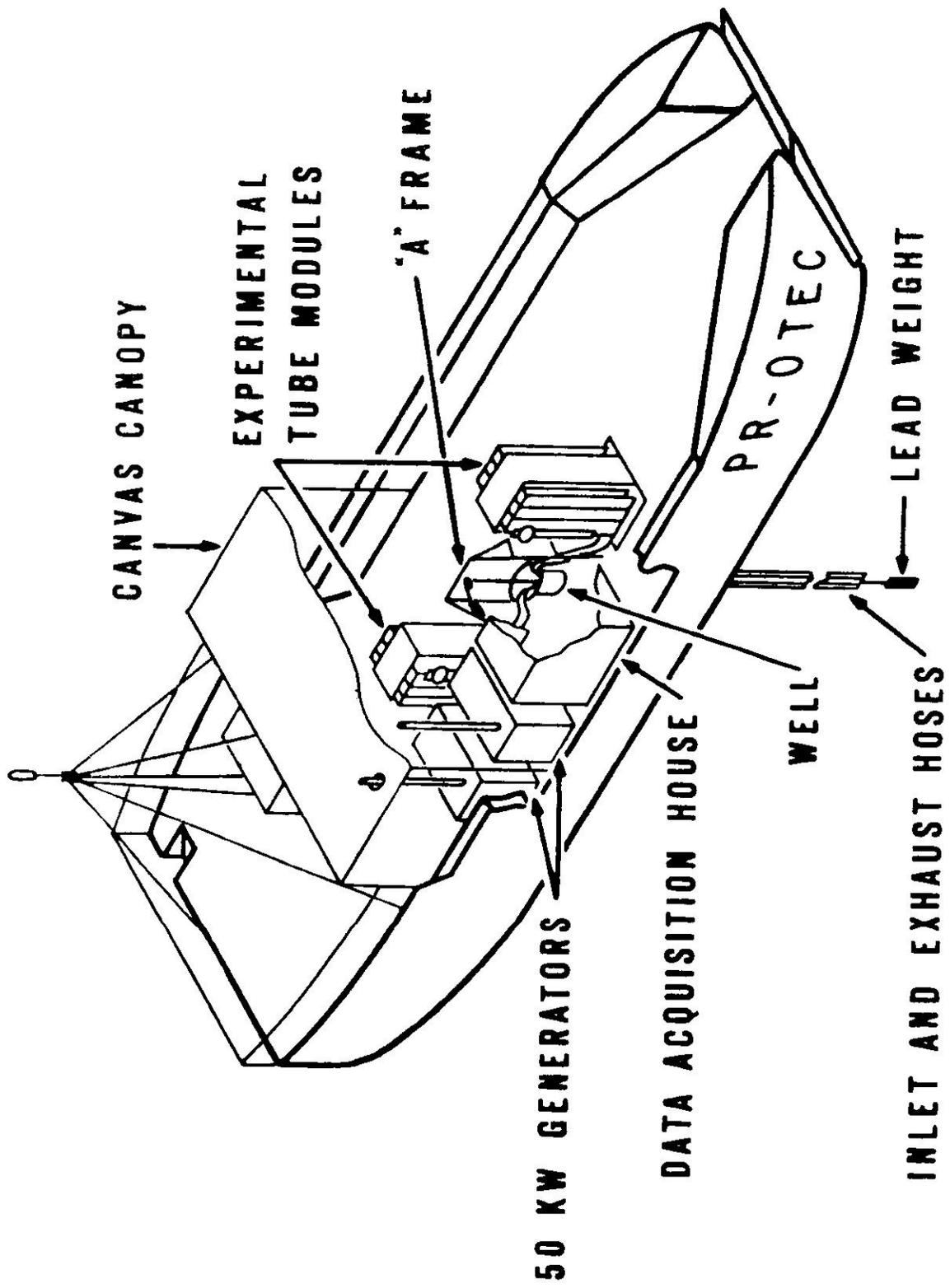


FIGURA 12

plantas de demostraciones de 40,000 kilovatios eléctricos de energía oceano-térmica. Sometieron propuestas los estados de Hawaii y de Florida, así como Puerto Rico, y las Islas Vírgenes. La idea es construir una o dos de estas centrales de demostración para que estén operando para el año 1985-86. Las propuestas de Puerto Rico eran para una plataforma flotante anclada a la superficie y otra para una torre a ser instaladas al sureste de Puerto Rico. En la primera propuesta participan Sea Solar Power con General Dynamics, la Autoridad de Energía Eléctrica y el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales. En la segunda propuesta participa la Autoridad de Energía Eléctrica con Westinghouse y la United Engineering. Ninguna de estas dos propuestas fue aprobada y solamente dos propuestas del Estado de Hawaii fueron aprobadas. La Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico ha solicitado se revise el procedimiento de evaluación y otorgación de esta competencia ya que este hemisferio quedaría huérfano en el desarrollo de CETO de no otorgarse una de las propuestas mencionadas.

ESTUDIOS AMBIENTALES

En adición a los estudios técnicos ya discutidos, se investigó el ecosistema o sea las características desde el punto de vista ambiental de los posibles sitios de instalación de plantas oceano-térmicas. En la Tabla 5 se comparan características físico-químicas en distintas zonas de áreas en las Islas de Hawaii, Puerto Rico, Islas Vírgenes y Guam para las áreas de mezcla en relación con las propiedades fóticas y el contenido de nitratos, fosfatos, sílice y oxígeno disuelto. La figura número 13 nos compara el gradiente térmico que existe en estas áreas. Es importante determinar todos los parámetros ambientales importantes (Ver figura Número 14) a fin de tomar éstos en cuenta en el diseño y a la vez tener una base para determinar cualquier impacto adverso resultante de la operación de estas plantas. La tabla 6 resume algunos de estos datos.

Es interesante mencionar que cuando se extrae agua del mar de profundidades como de 1,000 metros, éstas tienen un alto contenido de nutrientes. En el caso de las centrales oceano-térmicas en tierra, esto hace posible establecer industrias de acuocultivo y producir cosechas de alimentos marinos para el hombre y los animales. Este es el concepto de centros híbridos de energía oceano-térmica, o sea, un conjunto de centrales en las cuales se puede producir electricidad, amoníaco, hidrógeno, cosecha de alimentos marinos, extraer minerales u otros elementos importantes del océano o una combinación de éstos. Este es un aspecto de gran importancia en la energía oceano-térmica y debe considerarse seriamente en los planes de los países latinoamericanos para estas centrales.

El desarrollo de las centrales de energía oceano-térmica no es sólo un problema de ingeniería o de biología marina aplicada, o de planificación económica o social: ¡es todo eso y mucho más!

COSTOS

Los estudios llevados a cabo por el Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico indican que los costos de producción de electricidad por medio de la energía oceano-térmica competirán con el carbón para principios de la próxima década. Para el año 1995, se estiman los costos de generación de una Central de CETO en 15 centavos de

TABLA 5

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE AREAS DE RECURSOS DE CETO

Parámetro	ISLAS (Hawai, Puerto Rico, Islas Virgenes, Territorio En Fideicomiso del Pacífico, GUAM	Océano (Atlántico y Pacífico)	Golfo de Méjico
Profundidad de Capas Mezcladas (m)	40-100 a,b,c	10-80 d,e	60-120 f
Profundidad de Zona "Photic" (m)	120-140 g,h	120-140 g,h	50-125 i
Nitrato (mg-atom m ⁻³)	0.05-0.7 j,k,l 0.6-0.7 k,l 23-45 j,k,p	0.04-0.2 m,n 0.2-0.5 j,o 29-34 q	0.17-1.0 i,o 7 o 30 o
Fosfato (mg-atom m ⁻³)	0.2-0.5 j,l,r 2.0-3.0 j,r	0.3-0.6 q 1.4-2.0 m,q	t 0.5 t 1.9 t
Silicato (mg-atom m ⁻³)	1.0-4.8 o,j 1.0-3.7 o,j 25-86 o,j	0.0-2.4 n,q 5-25 q 20-150 q	0.5-4.4 i,o 2 o 25 o
Disuelto	4.8-7.5 j,l,u	4.3-4.8 m,n,u	4.8 v
Oxígeno (ml Litro ⁻¹)	3.0-7.4 j,l,u 1.0-3.4 j,u,w	3.0 n,u 3.4 u	3.6 o 3.9 o
(a) ODSI, 1977a (b) ODSI, 1977b (c) ODSI, 1979a (d) ODSI, 1979b (e) Molinari and Chew, 1979 (f) ODSI, 1977c (g) Hargraves et.al., 1970 (h) Gundersen et.al., 1976	(i) El-Sayed et.al., 1972 (j) Lawrence Berkeley Laboratory, 1980 (k) Atwood et.al., 1976 (l) Gundersen and Palmer, 1972 (m) Arseniev et.al., 1973 (n) Love, 1971 (o) Cummings et.al., 1979 (p) Gundersen et.al., 1972	(q) Sverdrup et.al, 1942 (r) Halminski, 1975 (s) Schulenberg, 1978 (t) Churgin and Halminski, 1974 (u) Gross, 1977 (v) Michel and Foyo, 1976 (w) Gordon, 1970	



* Los Contornos Indican Diferenciales en Temperatura ($^{\circ}$ C) entre la Superficie y 1,000 M. de Profundidad.

Figura 13. Frecuencia Anual de Ciclones Tropicales (Atlántico)

Fuente: "Crutcher and Quayle", 1974

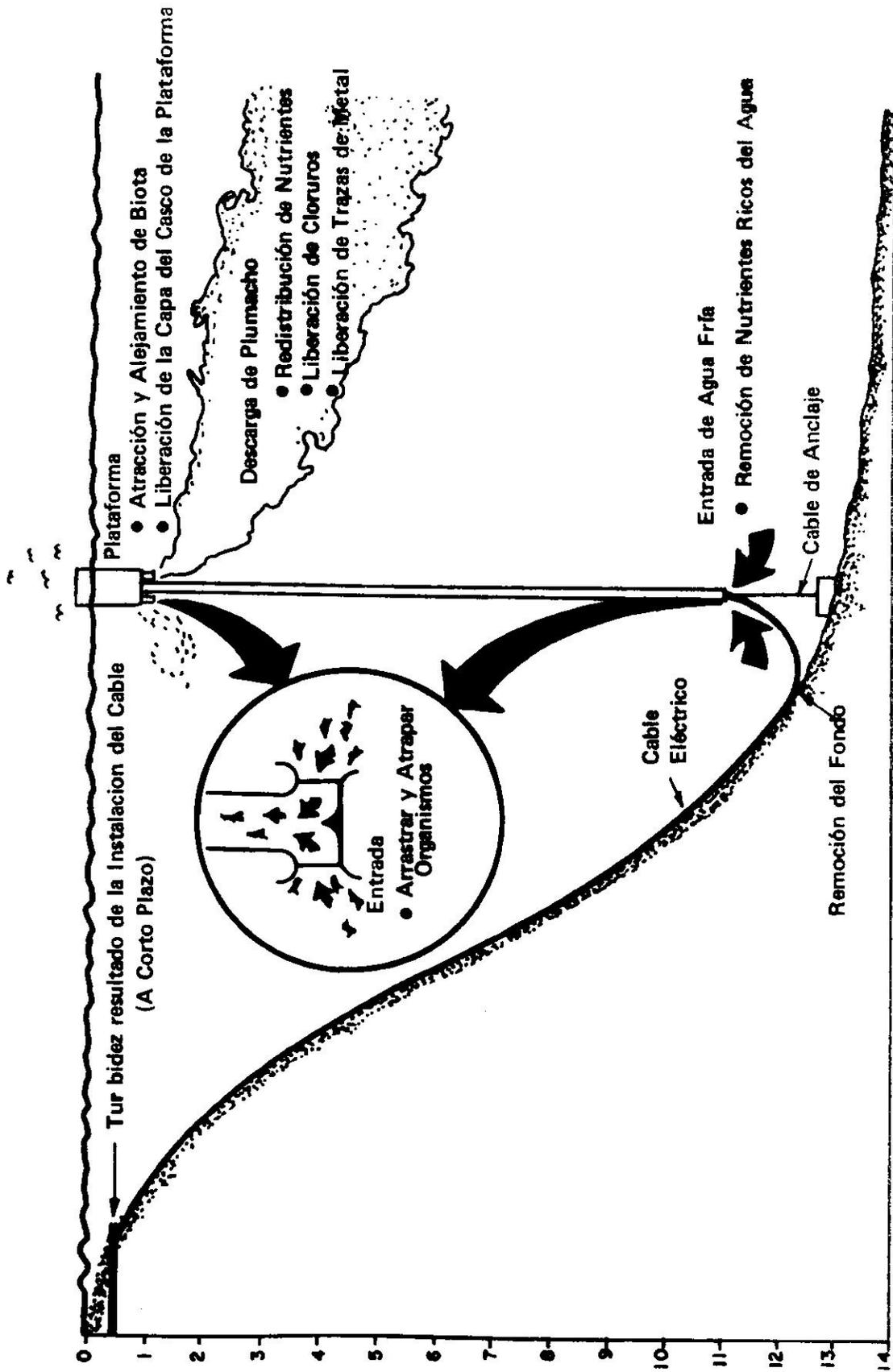


Figura: 14 Efectos Ambientales de la Operación C E T O

Fuente: Sullivan et al., 1980

IMPACTO AMBIENTAL POTENCIALMENTE ADVERSO Y MEDIDAS ALIVIADORAS

Evento	Plañcton	Necton	Bentos	Especies en Peligro y amenazadas	Actividades del Hombre	Medidas Mitigantes (De acuerdo a su Efectividad)	Estudios Necesarios
Atracción y Alineamiento de Biota	Aumentará el número de organismos a la atracción de las luces	Aumentará el número de organismos debido a la atracción de la estructura y las luces	Colonización de estructuras expuestas	Posiblemente eviten área debido al ruido y presencia humana	Aumentará la pesca Pérdida de diversidad de la fauna deseada	Lugar lejos de áreas de crianza y alimentación Reducir las luces y el ruido a un mínimo necesario para una operación segura Reducir superficies atrayentes	Estudio de evaluación para determinar áreas ecológicas sensibles Determinar la atracción o alejamiento biota a diferentes configuraciones de plataformas y sistemas de luces
Arrastre de Organismos	Reducción en el tamaño de la población	Reducción en el tamaño de la población debido a la mortalidad de los huevos y larvas Reducción potencial en los recursos alimenticios	Reducción en el tamaño de la población debido a la mortalidad del estado de larva y planctónica	Posible reducción en fuentes de alimentos	Reducción potencial en recursos pesqueros	Los lugares de toma deberán estar alejados de áreas sensibles ecológicas Los lugares de toma serán a profundidades que arrastren el menor número de organismos	Estudios de evaluación del lugar para determinar sensibilidad ecológica del área Determinar distribución vertical de poblaciones locales Estudios de la mortalidad por el arrastre que determine la mortalidad ocasionada por la planta
Atrapamiento de Organismos	Mínima	Reducción en el tamaño de la población debido a la mortalidad de juvenes y adultos	Mínima	Ninguna	Reducción potencial en recursos pesqueros	Usar deflector de velocidad para lograr obtener campos de flujo horizontal Usar sistemas de retornos de peces Los lugares de toma serán a profundidades que arrastren el menor número de organismos Reducir la velocidad de entrada o succión	Estudios de evaluación del lugar para determinar sensibilidad ecológica del área y tamaño, estructura y distribución vertical de la población de peces Estudios de prevención de la mortalidad por atrapamiento
Emisión de Biocidos	Reducción en el tamaño de la población	Disminuye la actividad metabólica y los aditivos Reducción en el tamaño de la población debido a la mortalidad de los huevos y larva	Reducción en tamaño de la población debido a la mortalidad de la etapa de larva planctónica Efectos crónicos o severos en los adultos	Posible evasión del plumacho Posible reducción de recursos de alimentos	Reducción potencial de recursos pesqueros Disminución estética	Descargar debajo de la zona fótica Usar métodos alternos para controlar incrustación orgánica Difusión rápida a través del uso de difusores Fijar emisión de biocida en forma programada específica y según su concentración Fijar las descargas en lugares lejos de áreas sensibles ecológicas	Estudio de evaluación del lugar para determinar sensibilidad ecológica del área Estudios de bio-análisis y toxicidad aguda y crónica en organismos representativos
Redistribución de Nutrientes	Aumento de productividad	Aumento potencial en recursos alimenticios	Aumento potencial en recursos alimenticios	Aumento potencial en recursos alimenticios	Aumento potencial en recursos pesqueros Disminución potencial de lo estético	Vaciado en zona fótica Vaciado bajo la zona fótica	Determinar la profundidad de estabilización de la descarga de plumacho y la razón de mezclado corriente abajo de forma tal que los modelos físicos puedan ser calibrados
Alteración de Temperaturas en la Superficie del Mar	Nada	Nada	Nada	Nada	Alteraciones climáticas potenciales	Vaciado bajo la capa de dective térmico	Monitorizar la temperatura de los perfiles de densidades de las descargas de OTEC para calibrar las predicciones.

dólar (E.U.) por kilovatio hora, lo que representa menos de una cuarta parte de lo que se proyecta costaría producir energía eléctrica utilizando petróleo. Los costos de instalación de una central de energía oceano-térmica de 250 megavatios en el año 1990 se estiman en aproximadamente \$773 millones.

CONCLUSION

Los países de este hemisferio deben unir esfuerzos en el desarrollo de las centrales de energía oceano-térmica ya que éstas ofrecen una de las mejores alternativa de romper la dependencia energética de los países petroleros que tanto daño hace a la economía de esta región.

RECONOCIMIENTO

El autor desea expresarle las más sinceras gracias al Dr. Manuel García Morín y al Dr. Donald Sasscer por ayudar en la preparación y edición de este trabajo y al Ing. Pedro Sarkis por elaborar las gráficas y tablas incluidas en este artículo.

