

# **LAS POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTOS MAREAMOTRICES EN LA REPUBLICA ARGENTINA**

Por

**ANTONIO PEDRO FEDERICO**

## *1. Condiciones naturales*

Además de las extraordinarias condiciones con que la naturaleza se ha prodigado en la Argentina en el campo de los recursos naturales convencionales para el aprovechamiento energético, sea petróleo, gas y carbón para energía térmica, ríos como el Paraná con caudales de primera magnitud para aprovechamientos hidroeléctricos, ricos yacimientos uraníferos para centrales nucleares, ella no ha querido ser menos con un recurso energético natural que, desde antiguo ha apasionado a quienes siempre muestran inquietud por la evolución y el progreso y que modernamente ha recobrado gran actualidad como alternativa de sustitución de las actuales fuentes convencionales no renovables de energía, las que aparte de ofrecer la inseguridad de su provisión debido a los conocidos vaivenes internacionales, proponen una perspectiva de agotamiento a muy corto plazo, quizá en lo fundamental dentro de este siglo.

Es sobre el Litoral Marítimo Argentino, donde se encuentra una cadena de fuentes posibles de energía a extraer de la oscilación del nivel del mar, y dentro de ella, brilla con singularidad la Península de Valdés, una especie de cola de

milano insertada en el mar y bañada por el mismo a ambos lados de su istmo peninsular, siendo lo más notable el hecho de que los niveles del mar a ambos lados no oscilan simultáneamente, sino en forma casi alternativa, ofreciendo, cual un fabuloso sube y baja energético, un caudal de potencia y energía que podría superar, esta última, en varias veces la de la Central El Chocón.

## 2. *Las Posibilidades Mundiales y Argentinas*

No ha sido tan pródiga la naturaleza en la oferta de posibilidades para aprovechamientos mareomotrices en las costas de nuestro planeta, en magnitud relevante referida a las naciones que poseen dichas ventajas geográficas. Así son contados los posibles aprovechamientos mareomotrices a nivel mundial, que tengan la magnitud e importancia del de la Península de Valdés. Podemos decir que las amplitudes de las mareas patagónicas argentinas se cuentan entre las mayores del mundo y son superadas solamente por las que se registran en las bahías de Saint Maló y Saint Michel, en Francia, las de la bahía Fundy en el Canadá y el estuario del río Severn en Inglaterra, lugares donde la marea alcanza valores de cerca de los 14 metros entre la baja y la pleamar.

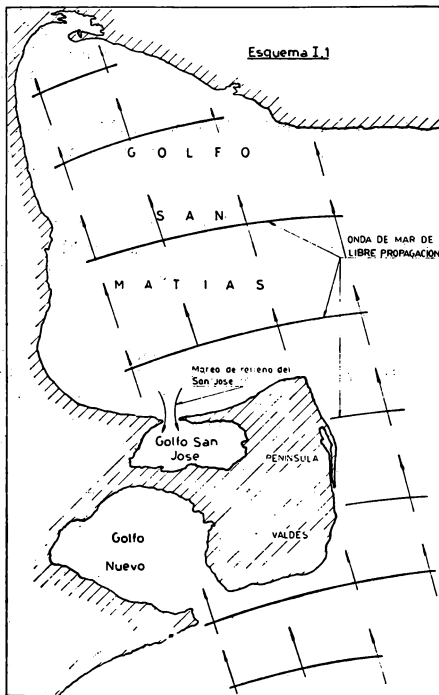
En el litoral marítimo argentino, en su zona patagónica y especialmente entre los paralelos 42 y 52, se alcanzan amplitudes de marea de 11 metros en el estuario del río Callegos, 10 metros en la bahía de San Antonio y 7 a 8 metros en el golfo San José.

## 3. *La singularidad de Valdés*

La Península anilla dos golfos: El San José al norte y el Nuevo hacia el Sud del istmo. En razonamiento directo, habría que suponer que estando los dos golfos abiertos hacia el mar y separados por una barrera de sólo 7 km. de ancho (el

istmo de la Península) sus niveles deberían oscilar mas o menos simultáneamente, según la variación impuesta por el mar abierto al cual están conectados. Pero parece que la naturaleza no siempre razona en directo, ya que en ambos lados del istmo hay un defasaje permanente y variable de niveles entre 4 y 6 horas de duración, llegando la diferencia entre ellos a asumir valores del orden de 5 metros. Este fenómeno se explica observando que las mareas que remontan la Costa Patagónica Argentina, se originan en el Antártico y al llegar a la zona de las Islas Malvinas se bifurcan, dando por resultado dos ondas: una que se desplaza a lo largo de la costa patagónica de sud a norte y otra que bordea las islas mencionadas por el este de las mismas y girando alrededor de ellas se dirige hacia el oeste, o sea hacia la costa, donde se encuentra con la onda de marea primeramente mencionada.

Este encuentro entre las dos mareas, que si bien originadas por la misma madre están desfasadas entre sí por la distinta longitud de su recorrido, crea por este motivo nodos de altura máxima y mínima más allá de lo que cabría esperar debido a la marea normal. Y es precisamente en Valdés donde se da una zona de alta oscilación. A ello se agrega la feliz circunstancia de que el golfo San José, tiene la embocadura en sentido opuesto al del golfo Nuevo y su entrada, tomándola en sentido desde el exterior hacia el interior del golfo, es opuesta al sentido de la onda de marea, lo que constituye un nuevo factor de retraso de la marea del golfo San José con respecto al Nuevo que se agrega al retiro natural dado por la velocidad de la onda de libre propagación (ver esquema I.1). Por las circunstancias anotadas, las mareas en el interior de ambos golfos están desfasadas en el tiempo en un valor de cuatro a seis horas. Es justamente este desfase el que produce los desniveles a ambos lados del Istmo, posibilitando la presencia de un aprovechamiento electroenergético.



#### 4. Antecedentes

Es justicia decir que la primer idea de instalar una central mareomotriz en Valdés, pertenece al Capitán de Fragata don José A. Oca Balda, quien según referencias históricas alrededor del año 1915 concibió la idea de aprovechar la oscilación de la marea mientras navegaba justamente por el Golfo Nuevo.

En el año 1919 concretó su idea en el libro "Utilización de las mareas del Golfo San José" que dada la época, fue de una gran audacia, aunque de ninguna manera descabellada de acuerdo a los medios técnicos con que se contaba en aquellos entones.

Posteriormente, en los años 1923 al 28 y por encargo de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, una misión encabezada por el Ing. Julián Romero confeccionó y profundizó las ideas de Oca Balda, cristalizando en el año 1928 un proyecto sumamente detallado que incluía no sólo el aprovechamiento propiamente dicho, sino también las posibilidades de consumo de energía en forma local a través de utilidades industriales electrointensivas. De todas maneras, la limitación y bastante real para aquella época, fue la gran distancia entre el emplazamiento posible de la Central y los centros de consumo, todos ubicados en esa época en Buenos Aires y su zona de influencia.

La misión Romero no sólo se limitó a Valdés, sino que estimó las siguientes cifras de potencial mareomotriz disponible en las costas patagónicas:

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| Bahía de San José   | 8.900 millones de Kwh/año |
| Ría de Santa Cruz   | 3.700 " "                 |
| Ría de Gallegos     | 1.900 " "                 |
| Ría de Deseado      | 74 " "                    |
| Bahía de San Julián | 423 " "                   |

Hay que tener en cuenta que la enumeración precedente aún no es completa, quedando a listar otros aprovechamientos de amplitud menor.

*La idea de la Central ubicada en el Istmo.*

Los aprovechamientos estudiados en ese entonces, tanto por Oca Balda como por Romero, se basaban en lo que se ve como solución inmediata, o sea cerrar uno de los golfos, el San José en este caso, creando un inmenso lago e instalar las turbinas en ese cierre, de tal manera que las mismas puedan generar energía transvasando el agua a través de ellas desde el océano al golfo y viceversa aprovechando la diferencia de niveles que se crearía a uno y otro lado del cierre.

Esta solución, típica para los estuarios de los ríos y actualmente usada en La Rance es, podríamos decir casi clásica, habiendo sido muy bien estudiada la operatoria de una central mareomotriz semejante con ciclos de trabajo de tal manera de aprovechar al máximo las diferencias de niveles variables entre el recinto cerrado y el mar abierto.

Es en 1948 cuando surge la idea propuesta por otro ingeniero argentino, el Ing. Erramuspe, de instalar las turbinas en el propio istmo de la península aprovechando la diferencia de niveles que en forma natural se producen a ambos lados del mismo, según ya se ha explicado anteriormente.

Esta idea es utilizada en el estudio que realizó la firma consultora francesa SOGREAH para la Península de Valdés en el año 1959, proponiendo un canal que atravesase el istmo y ubicando en él 50 turbinas tipo bulbo de 12.000 kW c/u. con lo que se obtiene una potencia instalada de 600.000 kW con una producción de energía del orden de 1.500 a 2.500 GWh/año. Es de acotar que una actualización de este estudio podría arrojar nuevos valores atento especialmente al avance tecnológico registrado desde ese entonces a la fecha.

### 5. *Dificultades y soluciones posibles.*

La potencia que generaría una central ubicada en el istmo peninsular según ya se ha explicado, tendría una salida de magnitud oscilante, variando en ciclos de 6 horas, desde cero hasta un máximo y volviendo a cero, de acuerdo a la fluctuación de la diferencia de niveles entre ambos golfos.

Una variación cíclica de esa naturaleza no resulta conveniente, especialmente, si la central va inserta en un sistema interconectado, como probablemente será en este caso. Se trata entonces de corregir esta situación a fin de lograr una potencia con salida uniforme, o cubriendo máximos valores sólo en horas pico, según los estudios que se hayan efectuado y las posibilidades que ofrezca el aprovechamiento. Este problema se ha atacado fundamentalmente según dos líneas a saber:

#### a) *Con cierre de ambos golfos.*

Cerrando las embocaduras de ambos golfos mediante presas constituidas por estructuras especiales de hormigón arena y escollera, se podrá mantener una diferencia de nivel constante entre estos, es decir, uno de los golfos con nivel alto permanente y el otro con su nivel bajo permanente. Se entiende que la diferencia entre niveles, será del orden de la diferencia entre la plea y la bajamar. De esta manera, la central mareomotriz trabajará con un desnivel sensiblemente constante, tomando el agua del golfo de nivel alto y descargándola a través de sus turbinas al golfo de bajo nivel. El golfo de alto nivel tenderá a bajar, por lo que habrá que reponer el agua que descarga en forma permanente, lo que se puede conseguir por medio de un vertedero, que descargue desde mar abierto hacia el interior del golfo.

Este vertedero trabajaría sólo en los momentos de pleamar exterior y durante el período en que el nivel exterior se mantuviese por debajo del nivel interior del golfo.

b) *Mediante una central de bombeo adicional y adyacente a la central mareomotriz.*

En esta solución se crea un recinto o reservorio elevado y se instala además, una central de bombeo con turbinas reversibles, adyacentes a la central mareomotriz.

En los períodos de pico de potencia de la central mareomotriz, la central de bombeo toma parte de esa potencia para elevar agua desde el nivel del mar o de uno de los golfos hasta el reservorio, disminuyendo así el valor máximo del pico de potencia de la central mareomotriz, mientras que en los momentos de baja o cero potencia, descargando agua desde el reservorio hacia el mar, uniformando con esta acción la potencia total entregada a la red.

Los casos citados (a y b) traen además otra ventaja que es quizás más importante aún: un aumento de la energía total generada anualmente ya que, en el caso (a) el mantener los niveles a ambos lados del istmo en diferencia constante, o sea la potencia constante y en el valor máximo de la fluctuación, significará un aumento de energía con respecto al estado anterior, y en el caso (b) al agregar una central de bombeo a la mareomotriz propiamente dicha, también se verifica un aumento de energía.

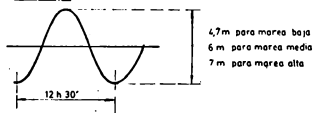
Los valores de energía obtenibles que se consideran son muy variables con esta nueva implementación, van desde 15.000 hasta 22.000 GWh/año esto es, valores cercanos al consumo total de energía de todo el país de años recientes.

*Variaciones naturales de capacidad de la central.*

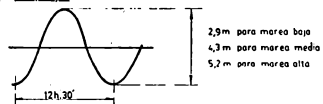
Los aprovechamientos hidroeléctricos convencionales, sufren variaciones anuales en su capacidad máxima de genera-



Esg. II, 1



Esg. II, 2



Esg. II, 3



Desniveles brutos máximos entre ambos Golfos

|       | San José | Nuevo | Nuevo S. José |
|-------|----------|-------|---------------|
| Deb.  | 2,9 m.   |       | 3,1 m.        |
| Mod.  | 3,7 m.   |       | 4,5 m.        |
| Fuer. | 4,7 m.   |       | 5,5 m.        |

ción, por las variaciones naturales que se producen anualmente en el caudal de los ríos, por efectos nivológicos o pluviológicos. En cambio, las mareas mantienen su constancia independientemente de esos fenómenos. Desde ese punto de vista, puede afirmarse que las fuentes energéticas mareomotrices mantendrán su constancia en tanto y en cuanto mantengan sus respectivas posiciones la tierra, la luna, el sol y los continentes.

#### 6. *Las Mareas en los Golfos San José y Nuevo.*

En los esquemas II,1, II,2 y II,3 se muestra la variación de niveles en ambos Golfos. Se puede apreciar que la marea es semidiurna lunar (o sea dos pleamares y dos bajamares en 24 horas aproximadamente).

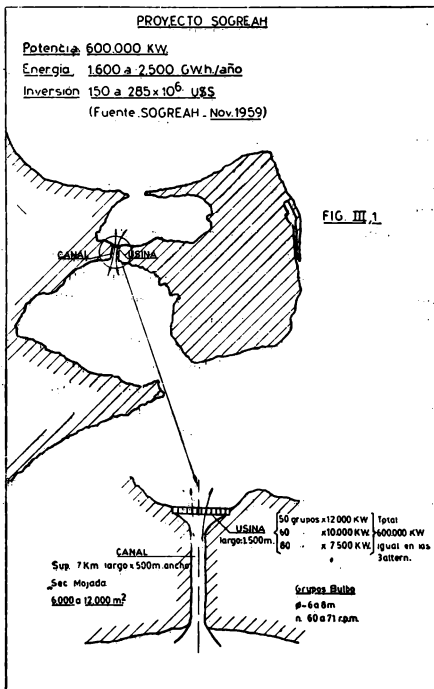
Diversas fuentes de referencia ofrecen valores algo diferentes para los desniveles entre ambos golfos, pero estas diferencias como puede apreciarse no son significativas.

#### 7. *Central Mareomotriz ubicada en un canal transversal al istmo (fig. III,1)*

De todas las variantes que se verán más adelante, esta es la que más detalladamente ha sido estudiada por la firma francesa SOGREAH. Este estudio se realizó en el año 1959, a requerimiento de la entonces Dirección Nacional de Energía. Colaboró en los trabajos de campo el Servicio de Hidrografía Naval de la Secretaría de Marina y la Dirección de Minería de la Secretaría de Industria.

El proyecto, como se ve en el esquema, consiste en abrir un canal de 7 km. de largo en el istmo, con una sección de vena líquida de 8.000 m<sup>2</sup> y una solera de 292 m. de ancho.

Se trabajó con aerofotogrametría, se realizó topografía de los fondos de los golfos mediante ecosonda, y se midieron corrientes y mareas. Además se realizaron estudios de geología,



efectuándose varias perforaciones de más de 100 metros de profundidad.

Se encontró una geología compacta formada por sedimentos limotobáceos y areniscas finas, de buen diagnóstico para las obras a realizar. Se previó la implantación de la central mareomotriz en el extremo norte del canal.

La Central se diseñó para una potencia de 600.000 kW, constituida por 50 generadores de 12.000 kW. c/u. con turbinas de tipo bulbo horizontal. En el proyecto se estudian otras alternativas de equipamiento, pero todas dentro del orden de la potencia mencionada.

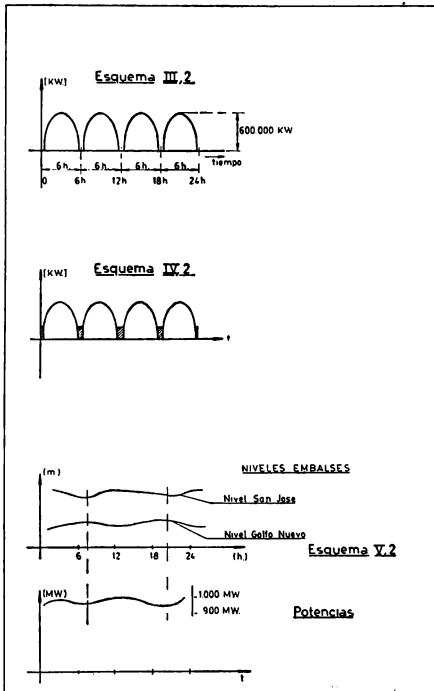
Las máquinas son de tipo *reversible*, esto es, pueden funcionar con flujo de agua en ambos sentidos. Tienen un diámetro de 6 a 8 metros y velocidad entre 60 y 70 r.p.m. Las máquinas propuestas, son del mismo tipo que las utilizadas por Electricité de France en la Central Mareomotriz Francesa de La Rance. El rendimiento de las mismas está en el orden de 0,83 en sentido directo y de 0,72 al funcionar en sentido inverso.

El proyecto establece la energía obtenible entre 1.600 y 2.500 GWh por año según el equipamiento que se adopte.

La potencia producida es según la modalidad indicada en el esquema III,2.

Otro factor importante a considerar es la máxima potencia obtenible del sistema. La máxima potencia está impuesta por el hecho de que al producirse el transvasamiento de caudal del golfo de mayor nivel, al golfo de menor nivel, se produce lógicamente un acercamiento entre ambos niveles. Este acercamiento entre niveles, significa una reducción de la altura neta de trabajo de la central, o sea, una limitación de su potencia. Esta disminución será relevante, siempre y cuando el caudal de transvasamiento sea comparable con el caudal que ingresa y egresa de los golfos por acción de las crecientes y bajantes.

Para cuantificar el problema, se puede establecer que, con la onda de creciente, el Golfo Nuevo recibe un volumen de



10.000 millones de  $m^3$  y el Golfo San José un volumen de 6.000 millones de  $m^3$ .

Considerando una duración aproximada del aporte de unas 5 horas, se puede estimar un caudal medio del orden de 550.000  $m^3/seg.$  para el Golfo Nuevo y de 340.000  $m^3/seg.$  para el Golfo San José.

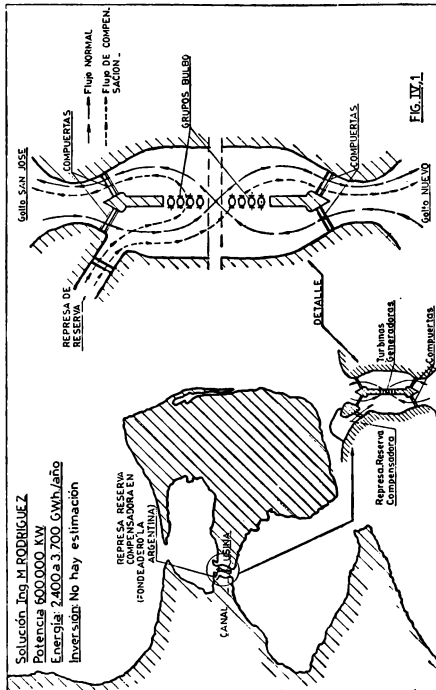
Ahora bien, el caudal pasante por las turbinas bulbo, para una caída neta entre 5 y 6 metros, es del orden de 300  $m^3/seg.$ , produciendo su potencia máxima. Luego en la hipótesis de que los turbogeneradores trabajasen con su potencia máxima en forma permanente (que no es el caso de este proyecto) habrá un caudal pasante de 300  $m^3/seg.$  x 50 = 15.000  $m^3/seg.$ , lo que es inferior al 5% de la creciente que ingresa en el San José.

Sobre esta base, el proyecto SOGREA H asegura una potencia muy inferior a la que eventualmente perturbaría en forma apreciable el régimen de mareas en ambos golfos. Sin embargo, para definir con más exactitud la potencia máxima, habrá que estudiar cuidadosamente la influencia del transvasamiento de caudal entre ambos golfos en el régimen de sus mareas, probablemente mediante la elaboración de un modelo adecuado.

Las inversiones para este proyecto, varían según el equipamiento que se decida finalmente. SOGREA H estima valores entre 185 a 285 millones de Dol USA. Debemos tener en cuenta que esta estimación se realizó en el año 1959 o sea que habrá que considerar el coeficiente de inflación del dólar americano para obtener valores actualizados.

8. *Central Mareomotriz ubicada en un canal en el istmo C. Ameghino en eje longitudinal y con represa-reserva de compensación (Fig. IV, 1)*

Este sistema fue propuesto por el Ing. M. Rodríguez. Como se puede apreciar en el esquema, el flujo pasa por



las turbinas en un solo sentido siempre. Luego, se requieren solamente turbinas directas (accionamiento en un solo sentido de flujo). A lo largo del canal, el agua circula en los dos sentidos, siempre desde el golfo de mayor nivel en ese momento al de menor nivel. Con la apertura y cierre adecuados de las compuertas instaladas en las cabeceras del canal, se logra que el flujo pase por las turbinas en un solo sentido (de izquierda a derecha en el dibujo) para cualquiera de los dos sentidos de flujo en el canal.

En los momentos en que la diferencia de nivel entre ambos golfos es muy pequeña como para ser aprovechada por las máquinas, se inyecta en el canal agua desde una represa-reservada cuyo nivel está muy alto, pudiéndose descargar a través de las turbinas a cualquiera de los dos golfos (según la conveniencia de la operación).

La represa-reserva, se logra mediante la creación de un embalse, propuesto mediante el cerramiento del fondeadero "La Argentina" situado en la cabecera del canal y del lado del Golfo San José.

Con el sistema descrito se pueden mejorar las curvas de potencia del esquema III,2 en la forma indicada en el esquema IV,2.

Si bien este sistema mejora el anterior desde el punto de vista de la curva de potencia, ofrece la dificultad de la creación de la represa-reserva con nivel y volumen suficiente, además de compuertas de gran capacidad de paso con operación casi continua. Sin embargo, hoy día, se han encontrado soluciones constructivas satisfactorias para estas estructuras.

Otra gran ventaja de esta solución reside en el hecho de que el flujo a través de las turbinas es unidireccional. Ello significa un aumento de rendimiento del orden del 10% para aquellos períodos en que la turbina trabaja en inversión (aproximadamente la mitad del tiempo) además de una operación más simplificada.



9. *Central Mareomotriz ubicada en un Canal en el istmo C. Ameghino, en eje transversal al mismo y con cierre de los Golfos Nuevo y San José.*

La solución del proyecto SOGREAH ofrece una discontinuidad en la potencia producida, según se aprecia en el esquema III,2, parcialmente mejorada con la represa-reserva, según el esquema IV,2.

El Ing. Loschacoff, propicia una solución total al problema, que si bien significa una inversión mayor, produce un gran aumento de energía, al punto de casi triplicar la energía producida por el Chocón, o superar ampliamente la de Piedra del Aguila, esto con una potencia relativamente modesta. Con el agregado de que la producción de potencia es prácticamente uniforme si la comparamos con las otras soluciones.

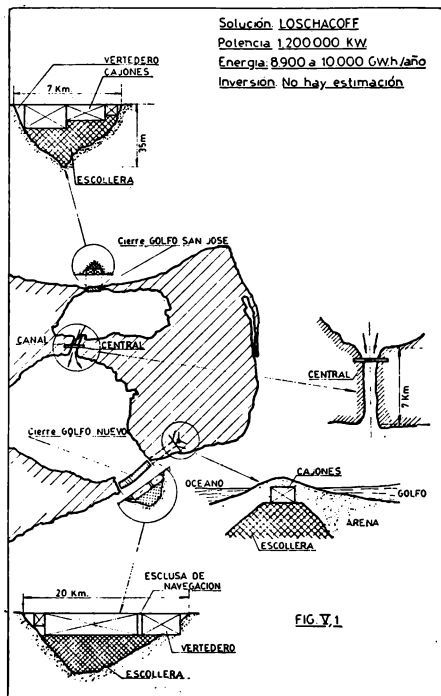
El principio reside en el cierre de ambos golfos (San José y Nuevo) creando un nivel constante (en realidad con oscilaciones del orden de uno a dos metros). Con esta solución, se mantiene el nivel de uno de los Golfos siempre elevado (cercano a la pleamar del mismo) mientras que el otro Golfo se mantiene siempre bajo (cercano a la bajamar del mismo), y esta situación en forma permanente.

El Golfo en nivel alto, envía el agua al Golfo de nivel bajo, a través de las turbinas de la Central Mareomotriz, generando así *Potencia*, y la repone mediante las pleamares (en su pico) por una vertedero hacia el interior del Golfo.

El Golfo en nivel bajo, se descarga expulsando los volúmenes recibidos desde el golfo en nivel alto durante los picos de bajamar en su lado y por una compuerta hacia el exterior del golfo.

El cierre de ambos golfos y el esquema general de la solución se puede apreciar en la Fig. V,1.

La Central irá ubicada igual que en la solución SOGREAH, pero, con turbinas de funcionamiento unidireccional, lo que constituye una considerable ventaja.



La variación en las potencias y niveles de embalse se puede apreciar en el esquema V,2.

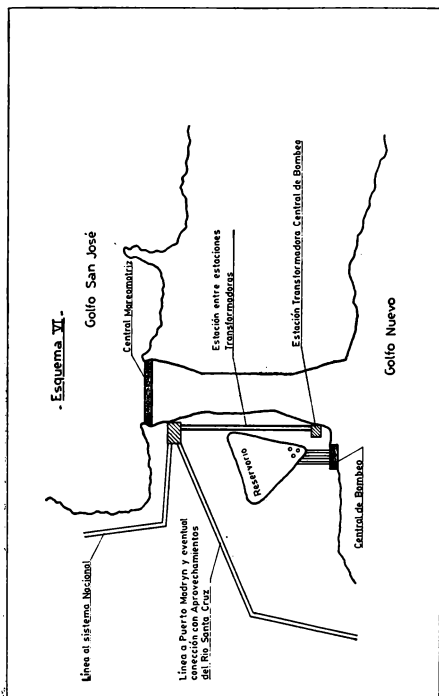
Con una potencia de 1200 MW, se produce una energía entre 8.900 y 10.000 GWh por año.

Los cierres a las entradas de ambos golfos son empresas de avanzada, sin embargo en Holanda y otros países han resuelto totalmente los problemas de construcción de estos cierres. Surge, lógicamente, la duda sobre la magnitud de las inversiones, pero, la gran cantidad de energía producida hace pensar que seguramente la inversión estará bien justificada. Además, esta energía se produce con una curva de potencia casi constante.

#### 10. *Central Mareomotriz - Central de Acumulación para bombeo - Interconexión de ambos.*

La Jefatura de Estudios y Proyectos de la Zona Patagónica centro de Agua y Energía Eléctrica de la Nación ha adoptado un esquema compuesto por el canal que comunican los dos golfos; la central mareomotriz sobre dicho canal cerca del Golfo San José; una central de acumulación por bombeo en las proximidades del Golfo Nuevo con el respectivo reservorio y la interconexión entre ambas centrales. El canal se prevé con una sección que podría evacuar 220.000 m<sup>3</sup>/seg. a una velocidad no mayor de 3m/seg. con diferencia de mareas máxima. A la central mareomotriz se la concibe equipada con 106 grupos bulbos de 50 MW c/u, totalizando 5.300 MW. La central de bombeo estaría equipada con 20 grupos de 125 MW —potencia instalada 2.500 MW— y un reservorio de 25Hm<sup>3</sup> de capacidad.

La interconexión de ambas centrales de acuerdo a lo determinado, permitiría mantener una potencia constante de 2.500 MW con una generación de 21.900 GWh/año. (Ver Esquema VI).



### 11. *Perspectivas para soluciones combinadas y por etapas*

Lo visto anteriormente, nos abre un amplio panorama de posibilidades y alternativas para los proyectos y obras.

Es evidente sin embargo que, como etapa final, el cierre de ambos golfos resulta muy atractivo por la oferta de energía que genera, prácticamente tres veces la que produce la Central El Chocón. Y aun así, se podrán estudiar nuevos aumentos de potencia y energía incrementando el equipamiento, a condición de evaluar cuidadosamente la influencia del aumento de caudal transvasado, en las mareas de ambos golfos. Habrá que establecer además, la factibilidad de implantar la central en el istmo, como primera etapa, dejando para etapas posteriores el cierre de los golfos.

Esto es, combinar el esquema de SOGREAH, poniendo en funcionamiento la central, y posteriormente cerrar los golfos de acuerdo a los lineamientos de la solución Lochacoff. Se produciría energía según el esquema de SOGREAH, en una primera etapa, aumentándola en una etapa posterior al cerrar los golfos, logrando así una graduación en la inversión. Otro esquema es introduciendo el esquema básico de SOGREAH con la adición de bombeo prevista en el proyecto de Agua y Energía Eléctrica.

La creación de recintos represas-reserva es en realidad una versión reducida del cierre de los golfos y aunque fue objetada en el estudio de SOGREAH ahora será conveniente estudiarla como etapa intermedia.

De todas maneras, no se podrá proyectar la central, en lo que se refiere a su ubicación, características de las turbinas, etc., sin tener en cuenta las futuras etapas, para lograr una total unidad de proyecto y obra.

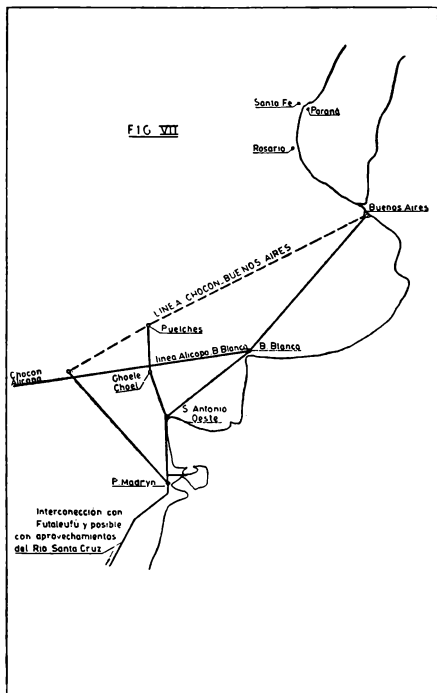
## 12. *Consumos Electointensivos zonales e integración de la Central en el Sistema Nacional Interconectado.*

Uno de los problemas más importantes y obviamente vinculado al proyecto, es el estudio de consumos zonales electrointensivos, que constituyen un factor de desarrollo zonal, así como fuente de abastecimiento interno y/o exportación.

En Abril de 1973, el C.F.I. emitió un informe como resultado de un estudio para varias industrias, entre ellas una planta de beneficio de Cobre, un complejo siderúrgico, magnesio metálico, ferro-tungsteno, etc.

Independientemente de la conveniencia nacional de la implantación de esas elaboraciones, se puede decir, que desde el punto de vista energético y en relación al proyecto de la Central Mareomotriz, no son consumos importantes en relación con la producción de la Central. La energía total que consumen todos los aprovechamientos estudiados, es del orden de 200 GWh/año de los cuales 150 GWh/año corresponden a la planta de elaboración y refinación de Cobre. Es por ello que se puede prever y profundizar aun más en la posibilidad de explotaciones electrointensivas, teniendo muy en cuenta que la Central Mareomotriz es prácticamente (en escala geográfica) adyacente a Puerto Madryn, o sea que cualquier producción con exportación en la zona de Madryn, prácticamente implica que no habrá inversión ni pérdida de energía por transmisión.

Pero, aún con la creación de un gran consumo energético zonal, siempre será necesaria la integración en el sistema nacional interconectado, ya sea desde el punto de vista de reserva, como del intercambio de energía. En la época en que la Comisión Honoraria, encabezada por el Ing. Julián Romero elaboró el informe (1928) una de las mayores objeciones que se hicieron al proyecto, fue la distancia del aprovechamiento a los centros de gran consumo. Hoy día, se debe reconocer que esto no constituye ya ningún problema. Por el contrario, en la actualidad, quizá sea este uno de los menores problemas



del proyecto. En la Fig. VII podemos apreciar posibilidades de interconexión con Chocón, o mejor aún, con el centro de producción del sistema Alicopa (aprox. 500 km.). En alternativa, o conjuntamente, conectar a Sierra Grande (100 km.), a Puelches y/o a la futura línea Alicopa-Buenos Aires a la altura de Puelches (500 km.). También se puede vincular la Central con Buenos Aires vía San Antonio Oeste y Bahía Blanca. Por supuesto que es de suyo, la posibilidad de un transmisión hacia el Sud, siendo óptima en ese sentido, la situación del aprovechamiento.

Se ve ahora claramente que cualquiera de las interconexiones posibles no ofrece dificultades que ya no se hayan superado en la práctica. .

### 13. *Programa Tentativo Global*

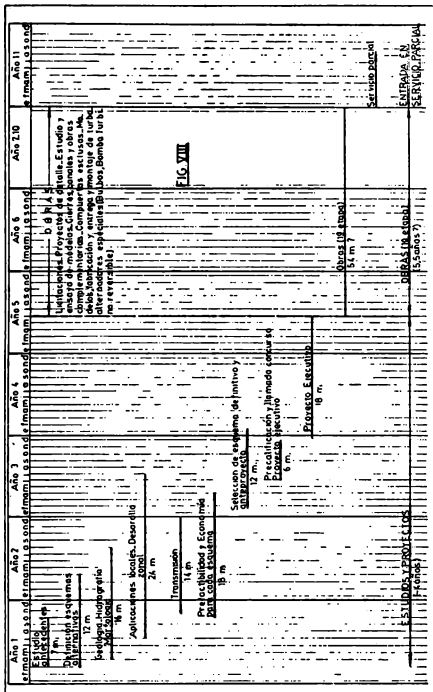
Los temas básicos que se estima conveniente considerar son los siguientes:

- 1) Identificación de las posibilidades de aprovechamiento de la energía de las mareas en puntos notables de la costa atlántica Patagónica y elección del emplazamiento más factible para entrar en posteriores desarrollos.
- 2) Desde el punto de vista del diseño constructivo: definición de la potencia a instalar y energía a producir en las diversas etapas. Factibilidad técnica de cierres y canales.
- 3) Desarrollo de industrias electrointensivas zonales.
- 4) Vinculación con el sistema nacional interconectado.
- 5) Prefactibilidad y Economía de la inversión.
- 6) Programación de las diversas etapas del proyecto en consonancia con el modelo de desarrollo energético nacional.

Se ha elaborado un programa tentativo global (Fig. VIII) que se detalla a continuación:

- a) Acumulación de antecedentes de estudios históricos y contemporáneos, locales e internaciones, sobre aprovechamientos mareomotrices.





- b) De acuerdo con lo anterior, elaboración de esquemas posibles alternativos, a cumplir en una o más etapas.
- c) Estudios hidrográficos, geológicos y topográficos, objetivando todos los esquemas alternativos.
- d) Aplicación de industrias electrointensivas de desarrollo zonal y otras aplicaciones locales, *para cada esquema*.
- e) Anteproyecto de vinculación con el sistema interconectado *para cada esquema*.
- f) Prefactibilidad y financiera.
- g) Finalmente y en base a lo anterior, selección de un esquema integral (entendiendo por *esquema integral* una solución concreta de proyecto de la Central en una o más etapas, simultáneamente con su aplicación a consumos electro-energéticos zonales, con su vinculación al sistema nacional interconectado y a la inserción en el modelo energético nacional.
- h) En base al esquema concreto seleccionado, consolidar los estudios de economía de inversión, formular un programa de compromisos financieros y encarar el proyecto ejecutivo.

Se ha programado la entrada en servicio de la central (o de sus primeras etapas) para el 10º año. Se ha supuesto que los estudios son un poco más prolongados que lo normal en obras hidroeléctricas convencionales.

El plazo de obra (incluido tiempo de ensayos de modelos, plazos para fabricación de equipos, etc.) también se ha evaluado en línea de máxima.

#### 14. *Consideración Final*

De todas maneras, lo que aparece como paso a dar en forma inmediata, es el estudio y prefactibilidad técnica-económica de esquemas alternativos, así como trabajos complementarios de los estudios, en el campo, en los aspectos hidrográ-

ficos, geológicos y topográficos. Profundizar en general los estudios e investigaciones.

*Los diferentes aspectos vinculados a las soluciones técnicas alternativas no sólo desde el punto de vista de los golfos sino del equipamiento, como por ejemplo DOBLE EFECTO Y BOMBEO dependerán fundamentalmente del ESQUEMA ENERGETICO en el que sea inserto este aprovechamiento como así también de los aspectos ECONOMICO-FINANCIEROS a él vinculados.*

Su desarrollo dependerá evidentemente del plan energético nacional que se adopte pudiéndose considerar entre sí las diferentes posibilidades que presenta la costa atlántica patagónica y su eventual interrelación con la posibilidad de desarrollar aprovechamientos regionales como el del río Santa Cruz; para considerar finalmente su aporte al sistema interconectado nacional.

Cualquiera fueren las consideraciones que sobre este aspecto se realicen no cabe duda que nuestro país tiene el privilegio de poseer una configuración de mareas y territorio de características particulares en el mundo que obliga, por lo menos, a profundizar en su conocimiento, estudio y futuro desarrollo.

#### B I B L I O G R A F I A

- Capitán de Fragata Don José OCA BALDA: *Utilización de las Mareas del Golfo de San José* (Proy.) 1919. (Cit. Rev. Marina, de la Liga Naval Argentina, Marzo 1941).
- Comisión Nacional Honoraria, Decreto del Sup. Gobierno del 7/XII/1923: *Utilización de las Mareas de la Costa Patagónica*. Ing. JUAN ROMERO. Año 1928.
- Don JUAN ALCEDES PLAZA: *Mil Mil'ones de Pesos Anuales que se descuidan*. Marina - Revista de la Liga Naval Argentina. Marzo 1941.
- Ing. ERRAMUSEPE: *Central Mareomotriz en el Istmo de la Península de Valdés* (Proy.) 1948 (Cit. Boletín CIE, Enero 1974).

- Ing. M. J. LOSCHACOFF: *Un Aprovechamiento Mareomotriz en la Península de Valdés*. Rev. La Ingeniería. Ag. Ste. 1957.
- Ing. Hidrógrafo MIGUEL RODRÍGUEZ: *Energía Mareomotriz en la Costa Patagónica*. Boletín del Centro Naval, St. Oct. 1957.
- Ing. CAMILO B. RODRÍGUEZ: *El aprovechamiento de la energía de las mareas*. Rev. Ciencia y Técnica, Agosto 1958.
- SOGREAH (Sociedad Consultora Francesa): *Usina Mareomotriz del Golfo San José*. Anteproyecto Nov. 1959.
- CIE (Centro de Investigaciones Energéticas): *Energía de las Mareas*. Boletín Nº 7. Enero 1974.
- Embajada Francesa. Servicio de Información y Prensa: *La Central Mareomotriz del Rance*. Boletín Nº 56. Abril 1974.
- Agua y Energía Eléctrica: *Aprovechamiento Mareomotriz Península Valdés*. 1975.
- Creusement d'un canal par voie nucléaire en vue de l'alimentation d'une usine mareomotrice située dans le Golfe de San José (République Argentine)*, M. R. GIBRAT. 1976.