

Dotación eléctrica de los saltos de agua para usos electrometalúrgicos

POR

J. PIERNET

El siguiente problema se plantea con mucha frecuencia en las explotaciones de saltos de agua utilizables para producir la energía eléctrica necesaria para la alimentación de hornos electrometalúrgicos: ¿Qué forma de corriente es la más ventajosa, cuáles son las características del material eléctrico, generadores, líneas de transporte, transformadores, los más apropiados, no solamente en la utilización inmediata de la energía para la electrometalurgia, sino también en su empleo eventual para otros usos en el porvenir, como una distribución de electricidad regional cuando se haya rarificado la demanda de acero? El autor analiza estos distintos puntos de vista, haciendo resaltar que en las actuales condiciones de funcionamiento de los hornos, así como para reservarse la posibilidad de transporte de energía a gran distancia, la corriente producida en el salto debe ser alterna trifásica en disposición de transformarla, según su aprovechamiento, en monofásica ó trifásica.

Recordemos primeramente que dadas las necesidades actuales, los hornos electrometalúrgicos se utilizan principalmente para la fabricación del acero, y que en Francia empleamos con preferencia los hornos de electrodos, los de Héroult, Keller, Girod, Chaplet, etc.

En esta clase de hornos la energía eléctrica no desempeña más que un papel calorífico al producirse el calor por el arco eléctrico y en la resistencia constituida por la escoria y el metal en fusión.

En lo que sigue nos ocuparemos únicamente de los hornos que utilizan corrientes alternas, que actualmente son los más empleados, y cuyo uso se extiende de más en más.

Puede considerarse tres clases de hornos:

- 1.º Monofásicos.
- 2.º Bifásicos, y
- 3.º Trifásicos.

Los hornos monofásicos están, generalmente, provistos de un solo electrodo (estando el otro polo unido al suelo) ó bien de dos electrodos móviles.

Los bifásicos, generalmente, se construyen con dos electrodos móviles, uniéndose al suelo el otro extremo de cada uno de los dos enrrollamientos.

Los trifásicos son siempre de tres electrodos móviles.

El problema de la electrificación de un salto de agua para uso electrometalúrgico se plantea generalmente en la forma siguiente:

Se dispone de una cierta potencia que se quiere utilizar inmediatamente para alimentar hornos electrometalúrgicos, pero reservando siempre para un porvenir más ó menos próximo, y caso de que no convenga la explotación metalúrgica, la posibilidad de transformar la instalación y crear una red regional de distribución de energía eléctrica.

En este caso, ¿qué clase de corriente debe emplearse?

En la mayoría de los casos no debe haber duda en la respuesta; es preciso crear una estación hidroeléctrica que produzca corrientes trifásicas a la frecuencia normal de 25 ó de 50 períodos por segundo.

Siendo los hornos monofásicos de construcción más sencilla y más fáciles de manejar, no cabe duda que la primera idea se dirigirá hacia la instalación de una estación hidroeléctrica que produzca corriente monofásica.

Esta idea debe desecharse por las razones siguientes:

1.ª No es de aconsejar el aprovechamiento ulterior de una red monofásica; difícilmente se podría hacer con ella una distribución práctica de fuerza motriz. En efecto, recordemos que el motor monofásico de inducción no puede ponerse en marcha por las disposiciones especiales más que en vacío ó a muy débil acoplamiento, y en el estado actual de la electrotécnica los motores de colectores monofásicos no se construyen prácticamente más que para pequeñas potencias que no excedan de 10 caballos; el precio resulta muy elevado. Por consiguiente, en la futura explotación de la red quedaría limitada a la producción del alumbrado y a la alimentación de pequeñas fuerzas motrices.

2.ª Aun en la actualidad, este inconveniente se presentaría en seguida en el manejo de los distintos aparatos de maniobra necesarios para la marcha de la fábrica electrometalúrgica, puentes móviles, motores de torno, etc.

Al razonamiento precedente puede objetarse que el primer inconveniente no es más que aparente, puesto que puede siempre preverse la construcción de alternadores trifásicos que funcionen momentáneamente en monofásica hasta el día en que se precise la distribución trifásica.

Evidentemente es una solución posible, y por lo demás ya ha sido aplicada en un gran número de casos; presenta, sin embargo, el inconveniente siguiente:

No permite utilizar más que parcialmente la potencia disponible; en efecto, si se quiere que él ó los transformadores trifásicos se instalen para utilizar ulteriormente toda la potencia disponible, haciéndolos funcionar en monofásicos, no se podrá producir más que las $\frac{2}{3}$, aproximadamente, de esta potencia; si, por otra parte, se quiere instalar alternadores trifásicos capaces de funcionar en monofásicos absorbiendo inmediatamente toda la potencia disponible, se estará obligado a hacer construir alternadores trifásicos muy potentes que serán mucho más caros.

En fin, esta solución no responde a la última objeción, que según nuestro parecer es primordial.

Veamos ahora lo que se puede realizar con el sistema trifásico, considerando la instalación de una estación hidroeléctrica capaz de ser utilizada, sin casi transformaciones, para alimentar una red de distribución trifásica.

Existen tres soluciones para elegir, según las fabricaciones que se quiera realizar y las potencias disponibles.

Se puede instalar:

- 1.º Hornos monofásicos a razón de uno por fase.
- 2.º Hornos bifásicos alimentados por transformadores Scott; y
- 3.º Hornos trifásicos.

Antes de seguir adelante diremos que, por razones que posteriormente indicaremos, es, en general, preciso casi siempre prever la instalación de transformadores rebajadores entre los alternadores y los hornos, y que además es preferible, cuando se pueda, hacer que cada grupo alternador surta a un solo horno ó a varios en serie como se ha hecho algunas veces.

También puede realizarse el funcionamiento en paralelo de los distintos alternadores de que se dispone y alimentar uno ó varios grupos de transformadores rebajadores.

Cada uno de estos grupos surtirá a un solo horno ó a un conjunto de hornos en serie.

El número de turbinas y alternadores que han de instalarse se determinará según el régimen del salto y las potencias disponibles en aguas bajas y en normales, pero siempre de modo que los alternadores funcionen con el máximo de rendimiento.

La determinación del número de hornos a instalar se hará siempre por el contrario, teniendo en cuenta la naturaleza de las

fabricaciones y las potencias necesarias para conseguirlas, funcionando con el máximo de rendimiento calorífico.

Cuando con un mismo horno se quiera emprender distintas fabricaciones y como éstas exigen tensiones diferentes, será preciso prever en los transformadores rebajadores tomas suplementarias que permitan obtener estas distintas tensiones.

Si en cada grupo de transformadores se quiere funcionar con dos hornos en serie, será preciso también, además de estas tensiones diferentes, obtener otras dobles, de modo que si un horno se para, se pueda funcionar con el otro empalmándole á los bornes convenientes del transformador.

Dicho esto, examinemos ahora más detenidamente las tres soluciones antes indicadas.

Primer caso.—La instalación de tres hornos monofásicos (á razón de uno sobre cada fase de un sistema trifásico) no presenta interés más que en las instalaciones suficientemente importantes, porque, si se supone un grupo alternador y transformador funcionando sobre tres hornos monofásicos, la potencia absorbida por cada horno no corresponde más que á un tercio de la potencia disponible en trifásica.

Existe, por consiguiente, un límite inferior de potencia por horno, del cual no es conveniente descender.

Para determinarlo es preciso tener en cuenta el rendimiento calorífico de los hornos monofásicos que se tiene intención de construir.

Esta consideración es tanto más importante, cuanto que en un salto de agua dado se tenga generalmente interés de instalar varios grupos de alternadores utilizando cada uno una fracción del salto y que se deba, por consiguiente, calcular un número de hornos suficientes para poder funcionar con un rendimiento calorífico admisible en cada régimen del salto durante el año.

Pongamos un ejemplo concreto:

Supongamos que un salto en aguas normales da una potencia de 3.000 caballos, pero que en el período de aguas bajas se reduce á la mitad.

En este caso será conveniente instalar dos turbinas de 1.500 caballos cada una y dos sistemas de hornos que cada uno absorba 1.500, ó sea en el presente caso 500 caballos por horno monofásico. Durante el período de aguas normales se podrá en este caso utilizar las dos baterías de hornos y durante el período de aguas bajas detener una batería y funcionar con la otra, lo que evidentemente corresponderá siempre al máximo rendimiento calorífico.

En esta valoración no hemos tenido en cuenta los elementos de reserva con que pueda contarse, cuya determinación es variable en extremo según los casos.

Dado el estado actual del problema creemos no es conveniente construir hornos monofásicos que absorban potencias inferiores á 300 ó 400 kilovatios por horno.

Segundo caso.—Generalmente se admite que la instalación de un horno bifásico, alimentado por un sistema trifásico por medio de transformadores Scott, no es ventajoso más que para potencias superiores á 800 kilovatios.

Tercer caso.—Cuando se quiera instalar hornos trifásicos se puede descender hasta potencias de 350 kilovatios absorbidos por horno; en la actualidad se hallan en explotación gran número de hornos de esta clase.

Naturalmente, la capacidad de los hornos que han de instalarse se determinará según la naturaleza de las fabricaciones previstas y el rendimiento calorífico es tanto más elevado cuanto mayor es la capacidad de los hornos instalados.

I. Elección de las constantes de funcionamiento de los alternadores.—La mayoría de los hornos electrometalúrgicos de electrodos funcionan á tensiones comprendidas entre 45 y 60 vol-

tios, según la fabricación; dadas las grandes intensidades á captar y á conducir hasta los hornos, no resulta ventajoso construir los alternadores directamente para tan bajas tensiones. Por el contrario, y para economizar el cobre de las canalizaciones, es conveniente hacer construir los alternadores para la más alta tensión compatible con sus potencias é instalar, lo más cerca posible de los hornos, los transformadores rebajadores que ponen la tensión de la estación hidroeléctrica en el valor deseado para la alimentación de los hornos.

Observemos que esta condición es completamente favorable, si más adelante se quiere utilizar la estación hidroeléctrica para la alimentación de una red de distribución.

En este caso se pueden, en efecto, utilizar los alternadores trifásicos sin ninguna modificación y, además, pueden instalarse con anticipación los transformadores, de modo que, utilizando las partes mecánicas y no reemplazando más que las bobinas, resulte fácil más adelante transformarlos para las nuevas necesidades á que se destinen en el porvenir.

Si se trata de tres transformadores monofásicos, montados en trifásica, bastará con transformar las bobinas.

Si se trata de dos transformadores monofásicos, montados en Scott, bastará cambiar las bobinas y añadir un tercer empalme para constituir el sistema trifásico.

Si se trata de transformadores trifásicos bastará simplemente con cambiar las bobinas.

II. Elección de transformadores.—Dada la variedad de fabricaciones que puede emprenderse con los hornos de electrodos, siempre es necesario prever la posibilidad de obtener en el secundario una gama de tensiones distintas; se pide, generalmente, 40, 45, 50, 55, 60 voltios, y los duplos de estos valores, 80, 90, 100, 110, 120 voltios. Los transformadores, generalmente, se construyen de potencia constante, lo que es lógico, puesto que, desde el punto de vista del rendimiento de la instalación en globo, siempre es conveniente utilizar en todos los casos la potencia disponible del salto.

Para determinar estos transformadores se hace, pues, preciso calcular la intensidad, partiendo de la tensión más débil y disminuyendo con las tensiones superiores esa intensidad disponible, proporcionalmente al aumento de tensión.

Sin embargo, para conseguir un mejor aprovechamiento de la materia en estos aparatos, y como el funcionamiento normal de los hornos corresponde casi siempre á las tensiones medias y que raramente se utilizan las tensiones más bajas, se prefiere frecuentemente calcular los transformadores, basándose sobre la intensidad correspondiente á la tensión media, quedando la potencia disponible constante en las tensiones más elevadas. Es suficiente una potencia más débil en las bajas tensiones; esta potencia corresponde solamente á la intensidad calculada para la tensión media. Esto conduce á una construcción de transformadores más racional y más barata.

Dada la relativa brutalidad del funcionamiento de los hornos, es conveniente exigir transformadores de suficiente reactancia, en forma de poder limitar la llamada de corriente en el caso de que se pongan los electrodos en cortocircuito; una caída de tensión de 10 á 12 por 100 se puede calcular, generalmente, en plena carga, bajo $\phi = 0,8$. Es igualmente conveniente calcular estos aparatos para una potencia superior á la capacidad del horno correspondiente.

Para quedarse dentro de los límites racionales, se establecerá los transformadores para una potencia del 15 al 20 por 100 superior á la capacidad del horno. El rendimiento de estos aparatos se determinará en forma de que alcancen el máximo á $\frac{3}{4}$ de carga, aproximadamente.

Las relaciones de transformaciones deberán, naturalmente, entenderse siempre á plena carga bajo $\cos \phi = 0,8$.

El enfriamiento de los transformadores, casi siempre se practica por medio de circulación de agua.

III. Montajes para los transformadores que se utilizarán en los distintos casos. 1.º Si se instala hornos monofásicos es preciso calcular tres transformadores monofásicos constituyendo un sistema trifásico.

El primario de este sistema se monta en triángulo; los hornos monofásicos se agrupan en estrella, lo que permite disminuir considerablemente el desequilibrio en la instalación en caso de parada de uno de los hornos monofásicos.

Resulta ventajosa la instalación de tres transformadores monofásicos, porque basta prever para recambio un solo transformador monofásico, mientras que si se utiliza transformadores trifásicos, es preciso prever para recambio un transformador completo.

2.º En el caso de hornos bifásicos se utiliza dos transformadores monofásicos, cuyo primario montado en Scott se alimenta con la corriente trifásica y cuyo secundario produce corriente bifásica.

3.º En el caso de hornos trifásicos y con las grandes potencias se puede utilizar, como en el primer caso, tres transformadores trifásicos cuyo primario se monta en triángulo, estando los electrodos conectados en estrella.

En las pequeñas potencias que no excedan de 400 kilovatios, se puede construir directamente transformadores trifásicos con ó sin refrigeración por agua.

IV. Frecuencia.—Dado el aprovechamiento ulterior, se elegirá la frecuencia de 25 ó 50 según la naturaleza de la corriente ya empleada en la región. Los hornos de electrodos funcionan perfectamente bajo cualquiera de esas frecuencias.

V. Alternadores.—Los alternadores serán del tipo normal para acoplamiento directo á turbinas hidráulicas, es decir, que deberán estar mecánicamente contruidos para poder soportar sin inconveniente la velocidad cuando las turbinas se disparan.

Si ulteriormente se les quiere utilizar para una red de distribución, es preferible calcularlos con caídas de tensión normales y provocar la limitación de corriente en caso de cortocircuito por los transformadores.

VI. Turbinas.—Serán, generalmente, del tipo de eje horizontal. Estarán provistas de un regulador que obre sobre los álabes directores y de un desviador que obre automáticamente para sostener constante el suministro de la conducción, sea cual fuere la carga suministrada por los alternadores. El regulador deberá poder manejarse eléctricamente desde el cuadro de distribución.

VII. Excitadoras.—Es preciso, generalmente, evitar las excitadoras en el extremo del árbol para los alternadores acoplados directamente a turbinas hidráulicas. En efecto, si por cualquier razón la turbina llega á dispararse, la tensión en los bornes del alternador se eleva por dos razones: primera, como consecuencia del aumento de frecuencia del alternador por sí mismo, y segunda, por causa del aumento de tensión debido á la aceleración de la excitadora.

Es siempre preferible prever un grupo de excitación independiente, sea por una turbina especial, sea por un motor eléctrico. Sin embargo, si por razones particulares no es posible instalar este grupo independiente, se puede á pesar de ello utilizar las excitadoras en el extremo del árbol, tomando, por ejemplo, las disposiciones siguientes:

El accidente de dispararse la turbina se presenta generalmente bajo la forma siguiente: estando dos ó varios alternadores en

paralelo, se dispara la turbina de uno de ellos. Para limitar el accidente es preciso:

1.º Desembragar el disyuntor de colocación en paralelo del alternador correspondiente.

2.º Introducir en seguida automáticamente una resistencia suplementaria en el circuito de excitación de la excitadora, de modo que se limite la sobretensión del alternador debida á su aceleración.

El primer tiempo se obtiene fácilmente disponiendo en el extremo del árbol de los grupos, limitadores de fuerza centrífuga que obren sobre los aparatos de desembrague de los disyuntores correspondientes.

El segundo tiempo se obtiene intercalando en el circuito de excitación de cada excitadora, en serie con el reóstato de excitación, una resistencia mayor ó, por lo menos, igual á la de este reóstato.

Un contactor cortocircuito en marcha normal desde el momento en que la tensión en los bornes de un alternador alcanza un valor dado por encima del valor normal, un mecanismo voltimétrico obra sobre ese contactor, le hace abrirse y la resistencia se halla en esta forma intercalada en el circuito de excitación de la excitadora. Es naturalmente preciso regular estos dos aparatos de modo que el alternador sea separado de la red en el momento de introducir la resistencia en el circuito de excitación de la excitadora.

VIII. Regulación de los electrodos de un horno.—Los electrodos están, generalmente, suspendidos por tornos que se accionan á mano, hidráulica ó eléctricamente.

Cuando se utiliza la acción eléctrica, puede realizarse la regulación automática del modo siguiente:

Los tornos se accionan por motores eléctricos, estos motores se ponen en marcha en una ú otra dirección, según las indicaciones dadas por los aparatos de medida.

Se aplica con éxito esta clase de regulación:

El regulador Thury (construido en los talleres Guenod, de Ginebra) y el regulador Routin (construido por la Sociedad industrial de los Teléfonos). Con estos reguladores automáticos y según el caso, es fácil funcionar en tensión, á intensidad ó á potencia constante. El sistema de regulación á intensidad constante es el más empleado y el más sensible.

Recordemos que las principales causas del desgaste de los electrodos de carbón son:

La disociación bajo la acción de la corriente eléctrica.

La combinación química del carbón del electrodo con el oxígeno de los óxidos metálicos tratados en el horno.

La disolución de electrodo en el metal de formación.

La oxidación directa por el oxígeno del aire.

IX. Principios para la construcción de la estación de transformación rebajadora.—Hemos visto lo conveniente que resulta utilizar una alta tensión para conducir la corriente hasta la proximidad del horno, después rebajar esta tensión por medio de transformadores para colocarla en el valor necesario.

A partir de la salida del secundario de los transformadores hay que captar intensidades muy fuertes. Para economizar lo más posible el peso de cobre necesario para establecer la unión entre el secundario del transformador y los bornes del horno, es conveniente observar los principios siguientes:

1.º Se debe construir la estación de transformación inmediata al edificio del horno, sirviendo el muro de este edificio de separación de la sala del horno y de la de los transformadores.

2.º Como en general las tomas de corriente del horno están bastante elevadas con relación al suelo, es preciso montar los transformadores sobre basamentos, de modo de convertir los ha-

ces en uniones horizontales entre los bornes de salida de los transformadores y las tomas de corrientes de los hornos.

Esta disposición procura, por lo demás, al mismo tiempo, un cómodo medio de sacar fácilmente los transformadores de sus cubetas para inspecciones y reparaciones.

3.º No es preciso, naturalmente, colocar sobre las canalizaciones de baja tensión aparatos de cierre ni de división en secciones; los aparatos de seguridad se colocarán todos sobre los circuitos de alta tensión; los de inspección, empalmados igualmente á la alta tensión, podrán, á voluntad, graduarse según los datos de funcionamiento de la baja tensión.

X. Observaciones generales sobre las canalizaciones á baja tensión. — Al establecer estas canalizaciones es preciso tomar grandes precauciones.

En los cierres debe evitarse hacer rizo cerrado de metal magnético alrededor de los haces; las barritas de las llaves de cierre deberán construirse con un metal no magnético. Cuando el edificio se construya con armaduras de hierro es preciso evitar hacer pasar la canalización por el interior de un rizo cerrado, constituido por estas armaduras, y si es inevitable, interponer en el trayecto de este rizo una parte de metal no magnético.

Las barras deben emparedarse en el mayor recorrido posible. Entre las barras de los haces deben reservarse intervalos para permitir la refrigeración por circulación de aire. En las piezas de cobre ó bronce, no refrigeradas por un medio artificial, es conveniente no admitir densidad de corriente superior á 1 ó 1,2 A por milímetro cuadrado; en la piezas refrigeradas artificialmente puede elevarse esta densidad hasta 1,5 ó 2 A.

En el cobre de los contactos metálicos no debe excederse una densidad superior á 5 A por centímetro cuadrado de superficie de contacto, estando las superficies bien ajustadas y no estañadas.

Para terminar recordemos estas varias consideraciones, que los hornos eléctricos de electrodos pueden emplearse en metalurgia para las principales operaciones siguientes:

- 1.ª Obtención de aceros especiales al crisol.
- 2.ª Obtención de aceros ordinarios para las distintas fórmulas de trabajo del procedimiento Martin; y
- 3.ª Obtención de la fundición llamada sintética, utilizando las torneaduras de acero por el procedimiento de Keller.

Felizmente, nuestro país es rico en saltos de agua, pero hasta hoy solamente se ha utilizado una pequeña parte. Inútil es insistir sobre la necesidad de explotar inmediatamente esta riqueza natural de nuestra tierra. Las circunstancias obligan en la actualidad á emplear la energía eléctrica para las fabricaciones electro-metalúrgicas.

Acabamos de demostrar, aun admitiendo que esas fabricaciones no puedan continuarse en un porvenir más ó menos próximo, más que haciendo inteligentemente el proyecto de instalación de una estación hidroeléctrica, es siempre posible prever la alimentación ulterior de una red de fuerza motriz.

Dada la facilidad con que actualmente se practica el transporte de fuerza á muy alta tensión (en Europa existen actualmente gran número de instalaciones de 65.000 y 70.000 v. y en América alcanzan corrientemente 100.000 y aun más), combinando la marcha en paralelo de varios saltos y por muy alejados que estén de los centros regionales de consumo, será siempre posible conducir la electricidad hasta esos centros.

La marcha en paralelo de varias estaciones eléctricas no presenta dificultad alguna, aun estando bastante alejadas unas de otras.

A causa de nuestra relativa pobreza de minas de hulla, sería una gran dicha que se organizase en Francia una verdadera cru-

zada para el aprovechamiento de todos los saltos de agua disponibles, tanto de los clasificados en la categoría llamada de la hulla blanca como en los de la hulla verde, y utilizarlos lo mejor posible y de la manera más adecuada á las necesidades de las regiones favorecidas que los poseen.

H.

La fuerza hidráulica que puede utilizarse en España es mayor de diez millones de caballos útiles. ¿Podrán emplearse?

(CONCLUSIÓN) (1)

El Cinca. — De Bielsa á Fraga hay 919 metros.

Así podríamos indicar otros trayectos de ríos, que no cito por no hacerme pesado.

Y no se crea que en estos grandes desniveles pase poca agua y sean, por lo tanto, pequeños riachuelos, no; en el Segre, cerca de Seo de Urgel, en el Pirineo, he visto en una obra que se le supone un estiaje de 6.707 litros por segundo; en Gerri (Pirineos), el Noguera-Pallaresa lleva 11.664 litros; el Balira, en San Julián de Andorra, 7.032 litros, y el Cinca, en Ainsa, lleva 18.585 litros por segundo (2); así se comprende cómo estos últimos ríos al desembocar en el Ebro, en el Cinca ó en el Segre sean muy caudalosos.

El agua que cae en España es mucha relativamente á su latitud. Fijar el promedio con exactitud es cosa imposible, pues no basta saber el promedio anual del agua que cae en varias poblaciones de nuestra nación: es preciso conocer principalmente la que cae anualmente en las cuencas de recepción, y aun en éstas en varias de sus altitudes. Además hay que rebajar el agua que se pierde en evaporación y parte en su filtración ó absorción por los terrenos de cultivo.

Datos pluviométricos hay pocos, y aun en éstos ha presidido el criterio meteorológico y no el industrial. Además, el promedio de lo que indican los pluviómetros oficiales es menor de lo que debe ser, pues varios se hallan en las regiones que llueve menos.

He dicho que en España llueve más que en otros países de igual latitud, y es porque aquí estamos casi rodeados por el mar y hay sitios más fríos que en otras de igual latitud, debido á que poseemos largas y altas cordilleras; tanto es así, que el agua caída en los Montes Malditos ha llegado á ser de 3,400 metros al año; en la sima del Perdiguero, 3,220 metros; en Malpas, 3,200 metros, en los Posets, 3,367 metros, y en Viella, 1,480 metros.

Como en las altas cuencas de recepción llueve mucho más que en la parte baja, y en las llanuras que están á poca altitud si bien llueve poco, aprovecha para obtener saltos de agua, bien puede fijarse el promedio de la lluvia en España, según los muchos datos que poseo, entre ellos los de las obras de Thos y Codina, Brunhes, Llauredó y datos de observatorio, en 0,55 metros al año; pero, aun quedándome muy corto, el promedio del agua que cae en la superficie de la tierra es de 0,756 metros.

Por lo expuesto se ve lo difícil que es fijar, aunque sea aproximadamente, la fuerza hidráulica que puede desarrollarse en España. No obstante, si os fijáis en la extensión superficial de nuestra Nación, que es de 504.547 kilómetros cuadrados, en la lluvia media prudencial de 0,55 metros al año y en la altitud media de España de 700 metros, y, por lo tanto, el promedio de lo que des-

(1) Véase el número anterior.

(2) Estos aforos deben referirse sin duda al estiaje medio.