



REPUBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

LOS POZOS ARTESIANOS DEL CALLAO

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Por:

E.A. GUILLET

L I M A





REPUBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

POZOS ARTESIANOS DEL CALLAO

INTRODUCCION

La reciente perforación de pozos artesianos en el Callao, así como los resultados prácticos obtenidos, demuestran de un modo incuestionable la existencia de capas de aguas ascendentes, su abundancia, su calidad y la poca profundidad a que se hallan, contribuyendo para conducir a la suposición, tal vez inequívoca, de que por medio de perforaciones semejantes se llegará a una transformación completa en la vida de muchos lugares de la costa de nuestro litoral.

Este concepto es el que me he formado, desde que tuve conocimiento de la perforación del primer pozo, y en consecuencia, he dedicado todo el tiempo que he tenido disponible, fuera de mis labores ordinarias, a adquirir datos de las fuentes más autorizadas, y seguir hasta donde me ha sido posible la marcha de las perforaciones que posteriormente se hicieron.

La acumulación de los datos adquiridos, cada día más interesantes, me condujeron a formar un conjunto de ellos, que viene a ser este pequeño estudio preliminar del subsuelo del Callao, que podrá servir de base para otros más amplios y detenidos que darán a conocer la formación exacta del subsuelo de esta región, y enmendarán los errores que se hayan podido cometer en la nomenclatura y clasificación de las distintas estratificaciones perforadas, y en la potencia de cada una de ellas, en sus inclinaciones, en la dirección de los buzamientos, &&.

Para tener una idea de la importancia del punto de que se trata, bastaría decir que hasta la fecha se han perforado en el Callao siete pozos artesianos, que arrojan como gasto ó rendimiento diario una cantidad de agua que se eleva a la respetable



MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 2 -

cifra de 2'711,472 litros, de la que corresponde á uno solo, ó sea al último perforado 1'177,632 litros, con un aumento de profundidad de 11.20 m. sobre el más profundo de los otros.

En vista de estos resultados, no solamente es interesante conocer lo que se relaciona con la perforación y sus detalles, sino también quien fué el primero que concibió la idea de buscar aguas artesianas y que razones lo condujeron a la suposición de conseguir las, sin conocerse bien la localidad, ni haberse practicado en época alguna sondajes de ninguna naturaleza.

Para dar mayor claridad al presente trabajo lo dividiré en cinco partes, que trataré en el orden siguiente:

Historia, pozos, material de perforación, análisis de las aguas, ligeras indicaciones finales. AGUA



HISTORIA

En el año 1900, hecha ya la instalación de la fábrica de fósforos "El Sol", los que la dirigían vieron la necesidad de proveerse de agua, elemento que se encuentra en abundancia en ese puerto en la forma de filtraciones superficiales, pero lo que se quería era procurarse agua más o menos potable, no de la de pozos comunes; de manera que aquellas personas recién llegadas de Estados Unidos de Norte América, proyectaron la perforación de un pozo artesiano tal como se hacen en aquel país, para cuyo efecto consiguieron todo el material necesario.

Para completar el material se proporcionaron un motor.

A principios del año 1901 dieron comienzo a la perforación la que continuaron hasta llegar a la profundidad de 51.70 m. Llegados a la profundidad indicada, y ya sea porque no encontrasen



ninguna capa de agua ascendente en el trayecto recorrido, ya sea por excesiva resistencia de algunas de las estratificaciones, ya porque no tuvieran fe en el resultado final o por cualesquiera o tras razones que no conozco, se paralizó la obra por completo, sirviéndose solo de las aguas filtrantes que se encuentran muy cerca de la superficie, las mismas que extrañeron y extraen aún hoy mismo, por medio de una bomba; de consiguiente, este pozo se ha quedado a medio camino y no ha llegado a ser artesiano.

En este estado quedaron las cosas por poco tiempo.

La Sociedad de Beneficiencia del Callao, por su parte, a tendiendo a la necesidad de agua potable y en suficiente cantidad para abastecer al consumo del Hospital de Guadalupe, resolvió arriesgar una suma de dinero determinada y dedicarla a la perforación de un pozo en el citado Hospital en busca de aguas artesianas, y en Agosto ó Setiembre del mismo año 1901, dieron principio a la obra. Para este efecto, tomaron en alquiler el material de que disponía la fábrica de fósforos "El Sol", pagando una libra diaria; y bajo la dirección del personal de la Fac toría del Ferrocarril Central, se practicó la perforación.

Ya los trabajos iban adelantando, y como es natural, el capital consumiéndose, y el agua no se encontraba, aunque sea dicho de paso, la profundidad era muy pequeña; pero, para aquellos que desconfiaban del éxito, toda profundidad, por pequeña que fuera, parecía enorme, lo que dió motivo a discusiones en el seno de la corporación, los unos pidiendo el abandono de la obra, y los otros apoyando su continuación.

Los trabajos continuaban con poca energía, y la perfora ción avanzaba sin que el agua se encontrara, y como consecuencia, el desaliento se hacia general, dando como resultado una nueva paralización, debiendo ser esta la muerte del proyecto, quizás infefinidamente, sin que nadie se atreviera a emprender trabajos de esta naturaleza, desde que dos empresas habían fra



MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 4 -

casado en su intento, perdiendo su dinero.

Sin embargo, en momentos en que se determinaba el abandono total de la obra, la sonda atacaba la primera capa de agua ascendente a la profundidad de 45.60 m., capa que, un poco ensanchada en el fondo, arrojó un rendimiento de 800 galones imperiales de 4.5434 litros, o sea 3,634 litros por hora, sin alteración de ninguna especie hasta hoy.

Tal es la historia de la perforación del primer pozo artesiano en el Callao, origen del desarrollo que van tomando las perforaciones de esta clase de pozos y del mucho mayor que está llamado a tomar en un próximo futuro en muchos lugares de nuestro litoral.

De lo expuesto, se deduce que son dos los factores que han contribuido al descubrimiento de estas aguas: la iniciativa, por una parte, que tiene su mérito, y el efecto de la casualidad por la otra; digo efecto de la casualidad, porque hasta entonces no se había hecho ningún estudio geológico del subsuelo del Callao, aún por insignificante que fuera, ni había indicios externos que indicaran las probabilidades de la existencia de estas capas, -- siendo, desde luego, aventurada la realización de la idea con éxito satisfactorio, desde que nadie podía prever a que profundidad se habrían podido encontrar, ni si el proyecto era realizable o no; es decir, realizable ó no, bajo el punto de vista comercial, porque el costo de perforación a grandes profundidades va aumentando progresivamente, y pasando cierto límite, se hace necesario tubar con tubos de diferentes diámetros y en este caso el gasto habría sido tan elevado, que habría impedido el uso de estas aguas de un modo general.

Según parece, el costo total del citado pozo ha sido más o menos de \$/ 2,400 de 24 peniques, a pesar de que el alquiler del material de perforación fué algo elevado.



P O Z O S .

En el cuadro que se inserta a continuación se verá la relación de todos los pozos, que se han perforado en el Callao, en su orden respectivo de perforación, principiando por el del Hospital de Guadalupe.

En la primera columna está el número de orden respectivo; en la segunda, el nombre del establecimiento ó lugar donde ha sido perforado; en la tercera, el símbolo que representa el nombre y que figura en todos los planos, a fin de diferenciarlos unos de otros; las demás columnas llevan en el encabezamiento el dato que deben suministrar.



* * * *

Nº de orden de Perforación.	NOMBRE DEL POZO O LUGAR	Letra simbólica correspondiente.	Diámetro del tubo ó pozo.	Profundidad total en metros.	Rendimiento de agua por hora en litros.	Rendimiento de agua por cada 24 horas en litros.	Temperatura del Agua Co	Número de capas de agua atravesadas por la perforación.	Duración aproxim. de la perforación en días.	Año en que fué perforado.
1	Hospital de Guadalupe.	H	0.127 m.	45.60 m.	3,600	86,400	. . .	1	100	1901
2	Molino de "Santa Rosa"	M	0.152 "	112.50 "	27,260	654,240	. . .	3	100	1902
3	Factoría de Guadalupe F.C.C.	F	0.127 "	85.40 "	5,452	130,848	(*)24º	3	90	1902
4	Factoría del Ferrocarril Inglés.	I	0.152 "	109.40 "	18,173	436,152	1902
5	Luz Eléctrica de Chucuito.	L	0.152 "	91.20 "	3,800	91,200	. . .	3	80	1902
6	Muelle Dársena	D	0.152 "	109.40 "	5,625	135,000	. . .	3	100	1903
7	Estación Principal del F.C.C..	E	0.152 "	123.70 "	49,068	1177,632	. . .	4	150	1903
8	Parque Colón (Lima).	C	en actual perforación.							
Suma total del rendimiento por cada 24 horas.						2711,472	litros			

(*) Esta temperatura fué tomada el 19 de Junio de 1902 (la temperatura del agua en las acequias era el mismo día y a la misma hora 19º 7/10).

* * * * *





Como se vé en el cuadro que antecede, son 7 los pozos perforados en el Callao y uno en actual perforación en Lima, en el Parque "Colón", por cuenta del H. Concejo Provincial. La perforación de este último pozo es por demás interesante, porque ella vendrá a revelarnos cosas y acontecimientos en la estructura del subsuelo que ignoramos completamente hasta hoy.

Se encontrarán las aguas artesianas?. Es de suponer que sí, pero nadie puede asegurar a que profundidad, ni aproximadamente. Sin embargo, sea cual fuera el resultado, la decisión del H. Concejo para hacer ejecutar esta perforación es digna de toda clase de elogios, porque aún cuando no se obtenga lo que se busca, por lo menos la ciencia habrá dado un paso más y conoceremos el subsuelo de una parte de nuestro territorio.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

En la columna respectiva del cuadro ya citado, se notará que el primer pozo o sea el de menor profundidad necesitó 100 días para su perforación, debiendo tenerse en cuenta que en este lapso de tiempo, están comprendidos los domingos, días feriados, y cualquier otro día de paralización debida a composturas de las puntas del trépano por no tener repuestos ó a otra causa, y siendo éste el primer pozo, no se tenía la práctica de hoy como es natural. A continuación se encuentra el del molino de "Santa Rosa", que tiene más del doble de profundidad, sin embargo su perforación no demoró más tiempo, y así sucesivamente la práctica ha facilitado y abreviado en mucho el tiempo de perforación por metro lineal, reduciendo su costo en proporción.

Si comparamos el tiempo de perforación de este último pozo, con el empleado en el N^o 7, encontraremos lo contrario, es decir, que el N^o 2 con 112.50 m., duró 100 días y el N^o 7 con 123.70 m., duró 150 ó sea el 50% más por una diferencia de solo 11.20 m; esto tiene su explicación que se dará en el lugar respectivo, cuando se detallen las estratificaciones atravesadas por cada pozo.



MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 8 -

El diámetro de los tubos que forman los pozos es el mismo, excepto el de dos: el del Hospital de Guadalupe y el de la Factoría de Guadalupe del Ferrocarril Central, ambos son de igual diámetro y menor que el de los demás.

Aunque los pozos artesianos son perfectamente conocidos, no he creído demás presentar las fotografías de los del Molino Santa Rosa, de la Factoría de Guadalupe y de la Luz Eléctrica de Chucuito, únicas que me fué posible conseguir, desde que los demás están en la actualidad conectados directamente, ya sea con tanques, ya con maquinarias, o encerrados en lugares donde no se pueden fotografiar.

El agua en este pozo es recibida en una tasa, y por un tubo lateral de rebose es distribuida a los distintos departamentos.

La perforación de los citados pozos ha sido efectuada por dos empresas distintas: el Ferrocarril Central por una parte y la Sociedad Artesiana, últimamente formada por la otra; corresponden a la primera, los pozos numerados 1, 3 y 7 y a la segunda los demás, inclusive el que se está perforando en el parque "Colón" en Lima.

Para llevar adelante este estudio preliminar he solicitado de las dos Empresas los cortes verticales de los pozos que han perforado, así como la descripción y la clasificación de las diversas capas o estratificaciones encontradas y atravesadas por la perforación.

Solo he podido conseguir los datos de estos cortes, y con ellos he podido hacer las siguientes planchas:

1^o Pl. N^o 1, que es el plano del perímetro del Callao, copia del que ha sido levantado por el ingeniero de Estado, señor Santiago Bagurco.



2º Pls. Nros. 2,3,4 y 5 que son los cortes verticales de los pozos numerados 2, 3, 5 y 7.

3º Pls. Nros. 6 y 7, son dos perfiles longitudinales desarrollados, y corte vertical, pasando por el eje de tres pozos.

4º Pl. Nro 8, que es un perfil transversal y corte vertical, pasando igualmente por el eje de tres pozos.

Esta serie de planchas, habria sido completada con un corte vertical de toda la zona que comprende los pozos, y de esta manera se habria podido conocer, tanto en sentido longitudinal como transversal, la relación de las capas encontradas en las perforaciones, las sinuosidades que recorren, sus fallas, &, pero la desconfianza en la clasificación de los extractos, sin tener a la vista muestras de material extraído, y sobre todo la escaceza de tiempo, me han obligado a prescindir de él.

Debo manifestar, que los cortes verticales de los pozos, los presento tales como me han sido dados, sin alterarlos, ni en la subdivisión de las capas, ya sean impermeables o acuíferas, ni en su nomenclatura, porque no teniendo a la vista las muestras extraídas y sin seguridad sobre su procedencia, habria sido fácil cometer un grave error, limitándome solamente a hacer observaciones sobre los puntos más notables.

En la Pl. Nro 1 está claramente señalada la posición de cada pozo, y las visuales medidas dan la distancia que los separa nos de otros; así mismo, dan una idea de la dirección que toman las capas acuíferas, de donde resulta que el balneario de "La Punta", podría fácilmente tener agua propia y de superior calidad, perforando un pozo artesiano, sin tener que ir a mayores profundidades, desde que la formación de Chucuito es igual a la de "La Punta", con muy pequeñas diferencias. En el mismo plano, las visuales demarcan las líneas de los perfiles, tanto los longitudinal



les como el transversal y la denominación simbólica representada en el plano a pesar de estar ya especificada en el cuadro, no creo demás repetirla, y es la siguiente :

- H. Hospital de Guadalupe
- M. Molino de Santa Rosa
- F. Factoría del Ferrocarril Central Guadalupe
- I. Factoría del Ferrocarril Inglés
- L. Luz Eléctrica de Chucuito
- D. Muelle Dársena
- E. Estación Principal del Ferrocarril Central.

Hecha ya la explicación que antecede le haré una revisión de los pozos cuyos cortes acompaño, desde que por falta de datos poco se puede decir de los demás.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Pozo Nº 3, Pl. Nº 2. - La profundidad total es de 85.40 m., el tubo es de 0.127 m. de diámetro. Los estratos perforados son 8, de los cuales, uno superior es permeable, 4 impermeables y tres acuíferos, todos numerados desde el 1 hasta el 8.

El estrato Nº 3 arrojó agua que ascendió hasta la superficie sin rendimiento.

El Nº 6, ascendió dando un rendimiento pequeño que fué medido.

El Nº 8, arrojó un rendimiento de 5452 litros por hora, sin interrupción de ninguna naturaleza, y sin que la perforación de los demás pozos haya tenido influencia alguna sobre el rendimiento; tampoco ha habido alteración alguna en verano ni en invierno, es decir, en las estaciones de lluvias y de sequía. Este simple hecho, pone de manifiesto que la capa acuífera es de gran potencia, más aún, si se tiene en cuenta, que el estrato Nº 8 está simplemente a tacado, pero no atravesado por la sonda, lo que dá lugar a que se ignore su potencia.



He principiado por este pozo, interrumpiendo el orden numérico según el cuadro, por ser el que tiene la cota mayor sobre el nivel del mar; los demás siendo todos a un mismo nivel seguirán en el orden respectivo.

Pozo N^o 2 Pl. N^o 3.- Su profundidad total es de 112.50 m., el tubo es de 0.152 m. de diámetro los estratos perforados son 18 de los cuales 10 son permeables, 5 impermeables y 3 acuíferos.

La primera capa acuífera, ha sido atacada a 45.70 m. y su potencia es de 6.10 m., llegando el agua solo hasta la superficie.

La segunda fué encontrada a los 76.10 m. con una potencia de 3.10 m. y un rendimiento de 4543 litros por hora.

La tercera y última, lo fué a la profundidad de 106.60 m., con un aumento de perforación de 5.90 m. sin atravesar el estrato, quedando desconocida su potencia y obteniendo un rendimiento de 27,260 litros por hora y á 0.60 m. de la superficie del suelo.

Este estrato acuífero abundante, merece algun atención. El perforador lo denomina piedras, cascajo, nomenclatura muy vaga, pero, después de investigaciones y aclaraciones al respecto, con todas las explicaciones posibles, llego a la conclusión, que no es otra cosa que un conglomerado fracturado.

Podría dudarse aun de la clasificación, si no militaran tres factores que son incuestionables:

- 1^o.- El reconocimiento de un material semejante, extraído de otro pozo.
- 2^o.- La profundidad a que se ha encontrado; y
- 3^o.- Su rendimiento, a pesar de no haberse hecho más que atacarlo, sin atravesarlo en toda su potencia.

El estrato 17 es también importante. Más adelante demostraré la concordancia que existe entre estos y los del pozo de la



Estación Principal del Ferrocarril.

A la perforación de este pozo, parece que se hubisra dedicado más atención y mayor proligidad en la construcción del plano respectivo.

Los estratos permeables, impermeables y acuíferos están claramente y su nomenclatura es más correcta y merced a esto he podido trazar con mas facilidad en el perfil transversal las líneas de las direcciones e inclinaciones de las capas acuíferas continuas.

El molino de "Santa Rosa" mandó perforar este pozo porque necesitaba agua para su motor a vapor que es de condensación, y una vez conseguidos los 27,260 litros por hora ya indicados suspendió la perforación. Posteriormente, se notó que la cantidad de agua era insuficiente y se conectó el tubo del pozo con el de la bomba del condensador, disminuyendo así el peso de la columna de agua de una presión equivalente a 0'6 de atmósfera. Con este cambio se obtuvo un rendimiento de 45,434 litros por hora, es decir, un aumento de 66.60 % sobre el primitivo. Sin necesidad de bomba, se habría conseguido este último rendimiento, tan solo continuando la perforación hasta atravesar el estrato acuífero, lo que habría aumentado la profundidad del pozo de 5.00 m. a 6.00 m. Más aún, este último rendimiento habria sido mayor, sido mayor, sin precisar por ahora hasta que cifra podría elevarse, continuando la perforación hasta llegar a otro estrato inferior que se habría encontrado a 2 ó 3 metros más abajo.

Los perfiles se encargarán de demostrar el fundamento de la suposición que me ha servido para formar la opinión que acabo de emitir.

Pozo N^o 4.- Relativamente a este nada puedo decir, desde que no he podido conseguir ningún plano sino simplemente los datos contenidos en el cuadro general.



Pozo N^o 5, Pl. N^o 4.- Su profundidad total es de 91.20 m., el tubo es de 0.152, la cantidad de estratos son 30, de los que 17 son permeables y 13 impermeables.

En los 17 permeables se encuentran:

- 3 de filtraciones de agua del mar
- 1 de filtraciones de agua dulce y
- 4 de aguas ascendentes;

dando el último de estos o sea el que lleva el número 30, un rendimiento de 3,800 litros por hora.

En este plano se ha sufrido una equivocación al clasificar y separar algunos estratos y de consiguiente en la mensura de su potencia, a saber:

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Estrato N^o 14., arena fina y dura, N^o 15 arena fina y dura, sin ninguna otra particularidad que pueda diferenciarlos; de consiguiente ambos estratos no forman más que uno solo y no hay razón para dividirlos.

La capa de agua ascendente fué encontrada a los 49.90 m., la segunda a los 55.70 m. en dos estratos que ambos reunidos tienen de potencia 0.90 m., la tercera a 63,00 m. con una potencia de 0.60 m., la cuarta y última a los 91.20 m., con el rendimiento que ya he anotado.

La perforación de este pozo, viene a revelar que hasta la profundidad de 22.20 m., los estratos permeables están en contacto con el mar, aun estando separados entre si por capas arcillosas; sin duda estas capas se pierden debajo del mar y como el agua filtra por los estratos superiores que son sumamente permeables, nada tiene de extraño que por capilaridad asciendan hasta la superficie, máxime si se tiene en cuenta que la elevación de Chucuito no llega a 2.00 m. sobre el nivel del mar; lo que complica el problema de desecación del Callao, pues si llegasen a



evitarse las filtraciones de agua dulce, cuyo origen aún no ha sido satisfactoriamente determinado, no podrían evitarse las del mar que pueden ascender por fracturas de los estratos o fallas que podrían existir ó por filtraciones directas.

Lo sensible es que en la perforación de los demás pozos no se haya tenido un poco de más minuciosidad, tomándose nota de las profundidades diversas hasta donde se ha encontrado anobarlo, lo que venía a ser doblemente importante porque esto habría demostrado que existían estratos impermeables que impedían el acceso.

Pozo Nº 6.- La profundidad total es de 109.40 m., el tubo de 0.152 m. de diámetro, el número de estratos 20 y su rendimiento 5,625 litros por hora. Por falta de datos precisos, no puedo ni clasificar los estratos ni de consiguiente determinar sus potencias, limitándome solo a indicar que se han encontrado dos capas acuíferas, ambas ascendentes, siendo la última la que arroja el rendimiento indicado. Este último punto aún no está comprobado, porque en la perforación de este pozo se ha cometido una irregularidad.

A la profundidad de 86.90 m. se encontró la primera capa acuífera, con un rendimiento de 2,500 litros por hora, y el tubo fué descendido hasta esa profundidad. El estrato es formado de arena fina y suelta de color oscuro, según el perforador, y se pasó á otro de 0.60 m. de potencia, encontrándose más adelante otro estrato de arcilla dura, relativamente; á este, le siguió otro más de 0.90 m. que es acuífero y que arroja el rendimiento indicado en el cuadro general.

Entra estas dos capas acuíferas existe un estrato de 0.70 m. de potencia.

Después de haber encontrado la última capa acuífera se continuó la perforación en otro estrato de arcilla, en una longitud de 15.20 m., sin encontrar más agua.

En este estado se suspendió la perforación y las dos aguas



REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 15 -

fueron captadas, procediéndose a la mensura de ellas, con el resultado que se conoce.

Sin entrar en los detalles de la conveniencia ó inconveniencia de reunir dos capas acuíferas encontradas a diferentes profundidades, y de consiguiente, con presiones distintas, me limitaré solo al entubado y perforación.

La irregularidad consiste en dos errores cometidos, para cuya comprobación he hecho la relación que antecede:

1º. No haber entubado hasta llegar a la capa inferior, atravesando un estrato de arcilla, cuya dureza no conocemos, comprometiendo tal vez la estabilidad del pozo; y

2º. Haber perforado 15.00 m. en un estrato de arcilla, inutilmente, desde que es impermeable.

Pozo Nº 7, Pl. Nº 5.- La profundidad total es de 123.70 m., el tubo de 0.152 m. de diámetro, el número de estratos 23, de los cuales 5 son acuíferos, designados por la numeración siguiente: 17, 18, 20, 21 y 23.

La clasificación, separación y nomenclatura de los estratos, hecha por el perforador al formar su plano, son algo confusas y sólo teniendo a la vista el material extraído se podría con seguridad clasificarlos; no siendo esto posible, para no incurrir en un error, me sujetaré a lo especificado en el plano.

La primera capa acuífera fué encontrada a los 68.30 m. de profundidad en el estrato 17, de arcilla y arena, con una potencia de 1.50 m. y 2453 litros por hora.

La segunda lo fué a los 77.80 m., al finalizar la perforación del estrato Nº 18 de arena y arcilla, con una potencia de 8.00 m. y un rendimiento de 4906 litros por hora. Se nota que ambos estratos son de igual formación y acuíferos desde que arrojan agua





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 16 -

sin ningún intermediario; de consiguiente, no forman sino uno solo y no hay razón para separarlos. La mensura del agua se practicó a 1.50 m., después de haber atacado el primer estrato, y la segunda lo fué al tiempo de atacar el siguiente (Nº 19).

La segunda mensura aumentó el rendimiento de la primera, como era natural, desde que al aumentar la profundidad, se aumenta ba igualmente la superficie; esto es lo que el perforador no tuvo en cuenta al tiempo de formar su plano y dividió el estrato sin ra zón justificada.

No continuaré rectificando los errores, porque sería dema siado extenso, sobre todo, cuando están a la vista y cada cual, fi jándose en el plano, puede corregirlos con la mayor facilidad.

La tercera capa no tiene más particularidad que la de su rendimiento a los 97.90 m.

La cuarta fué encontrada, o mejor dicho la mensura fué practicada a los 120.90 m., al terminar la perforación de un estra to de conglomerado (Nº 21), con el halagüeño rendimiento de 45,434 litros por hora.

Este estrato Nº 21 es un conglomerado perfecto, como lo representa la muestra que he recogido y conservo. Las piedras son porfidicas y merced a la arcilla, la arena y el carbonato de cal, del cual aun se ven cristales, se formó el cemento de ese conglome rado, pero desde que arroja tal cantidad de agua hay que admitir que está sumamente fracturado. Este último concepto podría aún considerarse equivocado en parte, sino se tuviera presente que a continuación viene un estrato de arcilla de 1.30 m. y que más adelante aparece otro estrato de conglomerado, el que recién atacado aumentó la cantidad a 49068 litros por hora.

Ahora bien, comparando la formación de los estratos inferiores del pozo Nº 2 (M) Molino de "Santa Rosa", con los inferiores del pozo de que trato, encuentro lo siguiente :





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 17 -

El estrato inferior N^o 18, pozo N^o 2, que es precisamente el surtidor de agua ó acuífero, es conglomerado de igual formación que el del pozo N^o 7, y ambos arrojan grandes cantidades de agua, en este caso ya no hay que dudar y tenemos que admitir que en uno y otro pozo es el mismo estrato, y de consiguiente, la misma capa acuífera.

Por otra parte, en el pozo N^o 7 los estratos 18, 19 y 20, todos de arcilla alcanzan una longitud perpendicular de 41.10 m. y los del pozo N^o 2, numerados 13, 14, 15, 16 y 17, llegan a 45.70 m. En el N^o 7 encontramos tres estratos de arcilla, a continuación uno de otro, y una capa acuífera intercalada entre los dos inferiores, ambos de gran potencia, y además, otra capa también acuífera entre los dos superiores, no estando indicada la potencia de estas dos capas de agua.



En el N^o 2 tenemos a continuación del conglomerado y ascendiendo un estrato de arcilla de gran potencia. Continuando la ascensión, encontramos dos estratos más de diferente formación uno de otro, y una capa acuífera perfectamente definida; son precisamente estos los estratos intermediarios que han escapado al perforador del N^o 7, y que han originado la confusión en el plano que ha formado.

Por mi parte, encuentro concordancia entre las estratificaciones de los dos pozos que acabo de comparar, salvo las correcciones que deben hacerse; esto es, en lo que se refiere a los estratos inferiores, siendo estas las líneas que me han servido para formar el perfil transversal.

En la plancha del pozo N^o 7, cuya perforación ya está terminada, se notará que se ha cometido una irregularidad igual a la cometida en el del N^o 6, siendo esta algo mayor. El pozo mide 123.70 m. de profundidad, de estos solo 77.80 m. están entubados y 45.90 m. no lo están.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 18 -

En estos 45.90 m. que no son entubados, están comprendidos cinco estratos: dos de conglomerado, dos de arcilla y arena y uno de arcilla sola. Sería admisible que no se hubieran entubado los dos de conglomerado y el de arcilla y arena intermedio, o sea el 22, por ser éste de poca potencia, y además, por el hecho mismo de estar entre las dos capas de conglomerado, llegando a 11.80 metros.

Los 33.10 m. sobrantes sin entubar, son formados por los estratos 19 y 20, el primero de arcilla y el segundo de arcilla y arena, con una capa acuífera que los separa, según lo indica el plano.

Si nos representamos que la velocidad del agua en el conducto formado por la perforación es de 0.75 m. por segundo y que las paredes que lo rodean son del material indicado, se llegará a la conclusión de que es inevitable el desgaste; máxime si se tiene presente que el estrato 20 por su formación se prestará a un desgaste más rápido que el 19, y por esta razón la estabilidad del pozo parece estar comprometida. El transcurso del tiempo vendrá a revelar si los temores son fundados o no, e indicará la marcha que se debe seguir en lo sucesivo, consultando las condiciones de seguridad.

La presión hidrostática de las capas acuíferas, no ha sido medida en ninguno de los pozos, a pesar de ser un punto de suma importancia, de manera que con el sistema de no entubar el pozo, sino parcialmente, se han reunido o captado varias capas, siendo imposible de este modo determinar el rendimiento real de las inferiores y de cada una de ellas separadamente, en los pozos perforados, y conocer si han tenido razón ó no de emplear este sistema.

En el pozo de la Estación Principal del Ferrocarril Central está a la vista que el tubo se eleva del suelo hasta una altura de 4.50 m., formando un ángulo que penetra al tanque lateralmen





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 19 -

te; en el interior del tanque se une a otra fracción de tubo de igual diámetro y forma otro ángulo de 1.50 m. de longitud, más o menos hasta 0.30 m. del borde superior del tanque y formando reboso. Igualmente, se vé la instalación antigua provista de un molino de viento y una bomba para elevar el agua que no alcanzaba para el servicio; en cambio, hoy no solamente alcanza para las máquinas y el servicio de las dependencias de la estación, sino que sobra con abundancia, siendo inútiles la bomba y el molino de viento.

Para tener una idea de la inclinación de las capas acuíferas y guiado por las cotas que dan las perforaciones, he construido tres perfiles conforme a las visuales trazadas en el plano general, a saber:

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

1º. Perfil longitudinal (Pl. N° 6) pasando por el eje de los pozos H, E, L.

2º. Perfil longitudinal (Pl. N° 7) pasando por los pozos F, D, L.

3º. Perfil transversal (Pl. N° 8) que pasa por los pozos D, E, M.

En estos perfiles solo hago figurar las capas acuíferas, que he tratado de unir lo mejor que me ha sido posible, aunque con muchas dificultades, originadas por la clasificación y subdivisión de los estratos hechas por los perforadores, la falta de muestras y la complejidad de la formación del terreno.

En el perfil de la Pl. N° 6, figura en el pozo H una capa acuífera con el N° 1, que se dirige al pozo E, con una inclinación entre 13º y 14º, y vuelve a ascender en dirección del pozo I, con una inclinación de 12º 30".

En el pozo E, esta capa se encuentra con la N° 1 del per





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 20 -

fil transversal que viene de M a E, con una inclinación de 11°.

La capa N° 2 del perfil longitudinal es la que corresponde al pozo F, según la profundidad anotada, y sigue en dirección casi horizontal hasta la L, con una pequeña depresión en E.

Las capas números 3 y 4 solo son simuladas desde que no tenemos datos como verificar su posición.

En el pozo L se nota la capa N° 0, cuya procedencia no se conoce desde que no se ha encontrado ni en E ni en D, la que considero como una fractura del estrato superior de la capa N° 1, según el perfil transversal.

No me extenderé más sobre los perfiles, desde que ellos indican lo que se podría decir al respecto, mientras nuevos estudios disponiendo de todas las seguridades, vengán a rectificarlos.

MATERIAL DE PERFORACION.

El material empleado en la perforación de los pozos citados, tanto por la Empresa del Ferrocarril Central, como por la Sociedad Artesiana, es el llamado de percusión.

La descripción de este material es la siguiente:

Un castillo de perforación, todo de fierro.

Un trépano de cincel para terreno blando, de 800 kilos de peso. Al lado del trépano está suspendida la bomba para la extracción del desmote o material molido por él.

Ambas herramientas trabajan cada una con su cabo o soga respectiva, según se emplea el uno o el otro.

Hay también una masa de fierro fundido del peso aproxima





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 21 -

do de 250 kilos; esta masa se emplea para hacer bajar el tubo, cuando ya se ha perforado lo suficiente, y para el efecto se sirven del cabo de la bomba para dar el golpe, habiéndose colocado de antemano sobre la punta del tubo un collar especial bien atornillado. Este collar, a la vez que recibe el golpe, defiende la rosca del extremo del tubo y la mantiene en perfecto estado para agregar las uniones y prolongarlo a medida que se va necesitando.

El trépano, en trabajo normal, dá de 35 a 36 percusiones por minuto, con una carrera de 0.60 m.

Una ruedecita, que por medio de un cordel acciona como una faja de transmisión, está conectada con la llave de vapor del motor, de manera que el perforador desde el lugar en que trabaja y sin moverse, puede parar el motor o ponerlo en marcha.

Esto mismo acontece con los demás manubrios y palancas que dan distintos movimientos a los diversos aparatos del castillo, poniendo al alcance del perforador todo el mecanismo.

Esta sencillez en el sistema dá como resultado económico, que con solo tres hombres se hace perfectamente el servicio.

Para hacer funcionar el todo, se emplea un simple motor vertical a vapor, de la fuerza de 6 caballos.

Las siguientes herramientas, completan el material:

- Nº 1 Espandidor de tubos.
- " 2 Extractor de puntas del trépano, quebradas durante el trabajo.
- " 3 Ensanchador del terreno para facilitar la entrada del tubo.
- " 4 Punta del trépano para terreno pedregoso.
- " 5 Segunda herramienta para extraer puntas del trépano.
- " 6 Punta de trépano, forma de cincel.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 22 -

- Nº 7 Extremo superior de un trépano que se conecta con el cabo o sogá.
- " 8 Harpón, extractor de cabos.
- " 9 Bomba o extractor de desmontes.

Además hay una herramienta que se usa para cortar el cabo dentro del tubo, y una tenaza provista de una cadena para atornillar los tubos.

Como de esta serie, de herramientas, el uso de la Nº 1, no es comprensible para todos, me veo en la necesidad de dar una explicación.

Cuando la perforación ha avanzado más adelante del punto hasta tal que el tubo pueda bajar, se le dán los golpes que se creen necesarios a fin de que baje a ocupar el lugar que se le ha preparado. Para este objeto es la masa de fierro fundido que ya he mencionado.

A veces, el tubo ofrece notable resistencia para descender; esta resistencia es debida al rozamiento del tubo sobre las paredes del agujero perforado, de donde la resistencia por un lado y por otro lado los golpes, aunque suaves, son dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, comprimen la fibra del tubo y le obligan a ceder en la parte más débil formando una especie de ampolla.

Si las ampollas saltan para el interior como es natural, reducen la sección del tubo y el trépano ya no puede penetrar, impidiendo así se pueda continuar la perforación. Para hacer desaparecer el obstáculo que se presenta, se introduce esta herramienta pesada, de forma completamente cilíndrica y sin aristas de ninguna clase, con el fin de no herir el tubo y volver a darle su forma primitiva.

El material cuya descripción acabo de hacer es de acero, excepto la masa y la bomba o extractor de desmonte, que son de fierro fundido la primera y dulce la segunda.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 23 -

ANALISIS DE LAS AGUAS

Conocido lo referente a los pozos y su rendimiento, es también interesante conocer la calidad de las aguas y sus temperaturas.

En la parte relativa a este último punto, solo puedo decir que el único pozo donde pude tomarla fué en el de la Factoría del Ferrocarril Central, el 19 de Junio de 1902. La operación fué practicada en el rebose con bastante prolijidad y con un magnífico termómetro de laboratorio, encontrando 24^o centígrados; comparada con el agua de las acequias que dieron 19^o7 el mismo día y a la misma hora obtuve una diferencia de 4^o3.

A pesar de no ser el procedimiento enteramente correcto, no se aparta mucho de la exactitud, y la diferencia sería muy pequeña desde que el enfriamiento del agua solo puede tener lugar a partir del punto en que la influencia de la temperatura de la atmósfera se hace sentir.

En cuanto a la calidad, este punto ha sido tratado más seriamente desde que se disponía de los elementos necesarios.

El Director de los trabajos de perforación ejecutados por la Sociedad Artesiana, señor F. Heaton, de la firma social Heaton, Cree y Kerr de la factoría del Aguila, contrató con el señor Saint Seine, Gerente del Muelle Dársena, la perforación de un pozo, cuya agua fuera de buena calidad para su uso en los remolcadores y las locomotoras; tan luego como obtuvo agua artesiana en cantidad suficiente, mandó una muestra al laboratorio de la Peruvian Corporation, dirigido por el químico Mr. H. Bunting, para que se practicara el análisis respectivo: Igual procedimiento observó por su parte el señor Saint Seine, y habiendo tenido a la vista el certificado de los análisis los reproduzco a continuación, siendo la traducción de su original escrito en inglés la que sigue :





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 24 -

Callao, 3 de Marzo de 1903.

"Señor F. Heaton.

"Presente.

"Estimado señor:

"En 23 del mes pasado, he tomado en presencia de Ud. una muestra de agua del pozo del muelle del Callao. Al tiempo de tomar la muestra el agua era un poco turbia; las herramientas habían sido recientemente retiradas del pozo. La muestra quedó en el laboratorio hasta que las materias en suspensión se asentaron.

"El líquido claro fué entonces filtrado y analizado.

"Los resultados pueden verse en el cuadro que acompaño.

"Las bases y ácidos por supuesto existen en el agua en forma de sales; el ácido sulfúrico, por ejemplo, está combinado en parte con cal formando sulfato de cal, y es probable que otras cantidades estén combinadas con magnesio, potasio y sodio, formando sulfatos de estos metales. La cal, en totalidad, no se presenta como sulfato, sino en parte, y el resto bajo la forma de carbonato.

"Examinando con cuidado los resultados, no encontramos exceso de esta materia y ciertamente que los análisis son favorables comparados con otros.

"Soy, pues, de opinión que la muestra analizada corresponde a una agua de buena calidad.

"Firmado - H.H. BUNTING - S.C.F.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 25 -

Análisis del Agua.

Resultado del análisis del agua del pozo del muelle del Callao (muestra traída el 23 de Febrero de 1903):

Acido sulfúrico	6.06	en cien mil partes
Acido carbónico (combinado) . .	3.96	" " " "
Cloro	2.56	" " " "
Acido nítrico	0.35	" " " "
Sílice.	1.85	" " " "
Oxido de fierro	0.06	" " " "
Alúmina	0.27	" " " "
Cal	5.88	" " " "
Magnesia.	0.57	" " " "
Potasa.	0.94	" " " "
Soda.	4.85	" " " "
	<hr/>	
	27.35	
Menos, oxígeno correspondiente al cloro	0.58	
	<hr/>	
Total de materias sólidas por el análisis.	26.77	por 100,000

500 centímetros cúbicos de agua evaporada hasta la sequedad, el residuo dejado a 120º centígrado, dió un total de materias sólidas de 26.90 partes por 100,000.

(Firmado) - H.H. BOUNTING - F.C.S.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 26 -

Callao, Marzo 28 de 1903.

Señor Saint Seine, Gerente del Muelle y Dársena.

Presente.

Muy señor mío :

Conforme a lo estipulado, tomé el día 26 del presente una muestra de agua del pozo artesiano del Muelle y Dársena.

Al tomar la muestra era de notar que el agua tenía una pequeña cantidad de materias en suspensión; esta sustancia ha sido considerada como parte de la muestra en todas las operaciones del análisis.

El análisis ha dado el resultado siguiente:

	partes en cien mil
Cloro	2.58
Acido nítrico (N ^o 2O5)	0.35
Amoniaco inorgánico	0.0001
Amoniaco orgánico	0.0003
Sólidos totales secados a 120 ^o C. .	27.26
Oxígeno absorbido (15 minutos y 4 horas) ninguno.	

Alcalinidad después de hervida, equivale a 5.54 partes de carbonato de soda, en cien mil de agua.

Un examen de estos resultados deja ver que bajo el punto de vista de materias orgánicas, el agua es de gran pureza y comparándola con los resultados de un análisis de una muestra de la misma agua tomada ahora un mes, vemos que el cloro y el ácido nítrico no han variado en sus proporciones (2.56 de cloro y 0.35 de ácido nítrico), hecho que es muy favorable porque indica que el agua no es variable.

En cuanto a las materias inorgánicas no hay mucho que decir;





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 27 -

la cantidad no es notable y aunque el agua es alcalina no lo es de una manera excesiva.

En conclusión, soy de opinión de que el agua examinada es potable.

De Ud. su atento y S.S.

(Firmado) - HENRY H. BUNTING - F.C.S.

Con los dos certificados que anteceden, queda perfectamente conocida el agua, bajo el punto de vista cualitativo y creo -- demás insistir sobre este punto.

LIGERAS INDICACIONES

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



La existencia de aguas subterráneas artesianas en el Callao, es un hecho perfectamente comprobado, la evidencia no puede ser mayor pero, a partir del Hospital de Guadalupe y de la Factoría del Ferrocarril Central, ya no sabemos cual es la dirección que toman estas capas, desde que no tenemos punto de referencia. Si bién tenemos que admitir que en longitud las capas son extensas, la latitud no la conocemos con seguridad; en este caso es necesario hacer un estudio del aspecto exterior del terreno y buscar si algo pudiera revelar la posibilidad de la existencia de aguas artesianas en el subsuelo; esto es largo, minuciosos, delicado y requiere mucho tiempo y constancia.

Sin embargo, hace ya algunos años, la casualidad me hizo observar un caso que voy a relatar:

En una ocasión tuve necesidad de recorrer el valle de Bo canegra y parte del de Carabayllo.

En el fundo "Punchauca", no lejos de la casa y en el camino real, vi un manantial que vertía agua en abundancia. Este ma-



28



REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 28 -

manantial sale de la base de la cadena de cerros que principia en "San Cristóbal" y separa "Canto Grande" del valle de "Carabayllo Alto", continuando hasta la cordillera.

Investigué si la cantidad de agua era ó no continua, ó si tenía épocas de sequía; personas antiguas en la localidad, me contestaron que el agua era constante.

Este dato, el hecho de brotar de un cerro, a nivel de los potreros casi, mucho más elevado que el fondo de la quebrada, el agua cristalina sin indicios en las piedras que en época alguna hubiera podido enturbiarse, depositando limo sobre ellas, llamó particularmente la atención y tomé nota, suponiendo desde luego que se trataba de aguas subterráneas, y que a consecuencia de una fractura de la capa impermeable que la encerraba y de la roca misma que constituye el cerro, ascendió hasta la superficie donde encontró salida.

Posteriormente, he observado otro caso. En la hacienda "El Naranjal", existe un grupo de cerros algo pequeño que se encuentra muy cerca de la casa y de las oficinas.

Este grupo de cerros está rodeado de plantíos de caña, por el lado mas alto de su base, y por el lado izquierdo. Por el derecho y a corta distancia de la base, se encuentran terrenos bajos y pantanos, denominados puquiales, y por el último lado desde su base, está la ranchería o casas de los jornaleros, empleados, etc., formando así un cuadrilátero, aunque en realidad sea muy imperfecto.

En el lado izquierdo, en una depresión del terreno al pie del cerro, he observado otro manantial igual al de Punchauca, que nace de la roca misma que constituye el cerro. El manantial es constante en su rendimiento en cualquiera de las cuatro estaciones del año y el agua es siempre cristalina.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 29 -

Si partiendo de Punchauca trazamos una línea en dirección al Callao, pasaremos precisamente por el manantial de "El Naranjal" con una muy pequeña deflexión que lo desvía de la recta. Sobre la misma línea encontraremos otro del mismo origen, al pie de un levantamiento denominado los "Doa Cerritos", perteneciente a la misma hacienda "El Naranjal".

No sería posible suponer por ahora y mientras se pruebe lo contrario que por lo menos una parte de las aguas del Callao tuvieran esa procedencia?

Si esto fuera cierto, sería un gran alivio para los hacendados de una parte del valle poder hacer uso de estas aguas, sobre todo durante la estación de invierno en que el río Chillón está completamente seco. Es incuestionable que el uso de estas aguas para los generadores de vapor de las oficinas azucareras los conservaría mucho más, porque su pureza es indiscutible; de consiguiente, habrían menos incrustaciones, menos desgaste y mejor aprovechamiento del calor desarrollado por los hornos, y menos combustible gastado en la producción de vapor.

Si nos dirigimos del Callao a Lima, no encontramos indicios tan palpables; sin embargo, esta no es una razón para suponer que en el subsuelo de Lima no existan capas acuíferas ascendentes y es por esto que he dicho antes que la perforación del pozo que se está llevando a efecto en el parque Colón, será muy interesante.

La opinión de algunas personas es contraria a la perforación de este pozo, suponiendo la imposibilidad de encontrar alguna capa ascendente, a profundidades pequeñas puede ser que tengan razón, pero también puede suceder que no la tengan, porque igualmente hay otras personas que piensan de distinta manera: de todos modos, nadie puede por el momento ni negar ni afirmar con fundamento, porque nadie ha hecho sondajes en debida forma, único procedimiento que evidenciaría el resultado en uno ú otro caso.





MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

No obstante, salvando las sinuosidades que podrían existir en el subsuelo, formadas por levantamientos o hundimientos y haciendo abstracción de ellos, si existieran capas, se encontrarían antes de los 200 metros, porque si se tiene en cuenta que la distancia que separa esta ciudad del Callao es de 13 kilómetros, que la diferencia de nivel es de 150 metros, que la gradiente en término medio es de 1.16 %, que el ángulo formado con la horizontal es de 0240' y que la formación de los estratos también viene en pendiente, se tendrá que convenir en que si existen capas ascendentes se encontrarán más o menos a la profundidad que he supuesto o antes tal vez.

Pampas de Ancón.- Bien valdría la pena practicar en ellas un estudio minucioso y detenido en busca de la posibilidad ó no de encontrar aguas artesianas y formar allí una campiña, si no en toda la extensión de terreno, aunque fuera en una parte; a la vez que se dotaría de agua propia a ese balneario que no puede prosperar por falta de este elemento.

Para facilitar en algo el estudio que pudiera prepararse, voy a presentar la relación de las cotas que corresponden a un perfil de nivelación desde la plaza de Ancón hasta "Puente Piedra", ó sea en una distancia de 16k382m.

Las estaciones de nivelación serán de kilómetro en kilómetro, y las cotas corresponderán a estos puntos hasta llegar a la parte alta de las pampas, desde ahí hasta llegar a su término corresponderán a los puntos más notables.

		<u>NIVEL</u>
Plaza de Ancón	km. 0	0.000 m.
" " "	" 1	19.700 "
" " "	" 2	34.125 "
" " "	" 3	49.455 "
" " "	" 4	70.550 "





MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

REPUBLICA DEL PERU

Plaza de Ancón	Km. 5	88.790
Parte más elevada de las pampas. "	6	111.580
"Piedras Gordas"	" 9.833	200.500
"La Cumbre"	" 10.420	216.485
"Puente Piedra".	" 16.382	202.825

Según este perfil, la diferencia de nivel entre la parte más alta de las Pampas de Ancón y "Puente de Piedra", que es el nivel del Valle de Carabayllo, es de 91.245 m.

Agua potable para el Callao.- Otro estudio se presenta a nuestra consideración. La Municipalidad del Callao está resuelta a invertir una suma de dinero considerable con el objeto de proveer de agua potable toda la población, para lo cual se piensa hacer grandes trabajos en el "Chivato" ó en sus inmediaciones, con el objeto de captar y aprovechar las aguas de filtraciones por medio de galerías. Estos trabajos serán muy costosos verdad es que ya está previsto, pero sería prudente suspender por el momento la ejecución de estos trabajos y estudiar nuevamente este punto.

Desde que la perforación de los pozos hecha en el Callao, nos demuestra hasta la evidencia que son muchas las capas de aguas ascendentes que existen en el subsuelo, que si bién existen ciertas dudas sobre la continuidad de las dos primeras capas superiores (dudas que tal vez saliendo del perímetro de Callao y ascendiendo desaparezcan por completo); que en cuanto a las capas inferiores está probado que son continuas y de gran potencia sin dejar ninguna duda al respecto; que el hecho mismo de que la perforación de otros pozos en nada ha influido en el rendimiento de los perforados con anterioridad y que en ninguna de las estaciones del año ha habido variación en el rendimiento, dá la seguridad de la potencia y continuidad de las capas; y por último, que la calidad de las aguas es aun superior a la que se conseguiría por filtraciones superficiales, todas estas consideraciones son suficientes para meditar sobre la ejecución de los trabajos alu-





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 32 -

dididos y buscar si no podrían reemplazarse por la perforación de pozos artesianos, reduciendo el costo en manera notable.

Conclusión.- Antes de terminar, no dejaré de recomendar que en todas las perforaciones futuras, aunque fueran hechas por empresas particulares, se admita que el técnico delegado por el Cuerpo de Ingenieros de Minas, tome personalmente los datos que es time necesarios, y que pueda sin obstáculos de ninguna clase seguir paso a paso la marcha de las perforaciones, lo que en manera alguna podrá dañar a los interesados; de este modo, los estudios serán correctos, y las dificultades con las cuales he tenido que chocar, las confusiones en los detalles, indescifrables en ciertos puntos, desaparecerán, y el provecho será en favor del interés general.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



* * * * *

rvm.





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

A P E N D I C E

ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA COSTA

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Por:

J. BALTA.

L I M A



REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

A P E N D I C E

ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRANEA DE LA COSTA.

Lima, 21 de Julio de 1903.

Señor Ministro de Fomento.

S.M.

Cumpliendo la suprema resolución por la que se encarga al Cuerpo de Ingenieros de Minas, es estudio de todo lo relativo al agua subterránea de la costa, tengo la honra de proponer a US. la siguiente organización de trabajos y el material y personal necesarios para realizarlos durante el resto del presente año y en lo sucesivo, así como los presupuestos correspondientes.

Constará la presente exposición de las siguientes partes:

1. Organización de los trabajos.
2. Material.
3. Personal.
4. Relaciones del cuerpo con otras instituciones y con los particulares.
5. Presupuesto.
6. Plan de trabajo durante el resto del año actual y presupuesto respectivo.



REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 34 -

1

ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS.

Un estudio completo de agua subterránea, tal como desea el Supremo Gobierno que se emprenda en nuestra costa, debe determinar su cantidad, la forma y naturaleza de la superficie exterior y de las capas acuíferas subterráneas y el régimen de las mismas. Por consiguiente, la organización de los trabajos debe ser tal que lleven al conocimiento de los factores indicados.

1. Cantidad de agua subterránea.- Siendo la lluvia, y naturalmente la nieve y el granizo, el origen, tanto del agua subterránea como de los ríos, es fácil concebir que para determinar la cantidad de la primera en cada cuenca, bastará sustraer de la del agua pluvial la que lleva el río correspondiente, y la que vuelve a la atmósfera por evaporación. La cantidad de agua pluvial y la evaporada pueden encontrarse anualmente, mediante observaciones convenientemente distribuidas, conociéndose la extensión total de la cuenca. La mensura del caudal de los ríos requerirá observaciones y estudios minuciosos en diversas épocas del año, y además el levantamiento de los planos acotados correspondientes.

Si de estos estudios pluviométricos, topográficos y fluviales no fuéramos a obtener otro resultado que la cantidad de agua subterránea, en rigor podrían suprimirse, ya que la experiencia constante en todos los valles de la costa manifiesta que existe un enorme caudal de agua aprovechable a una profundidad relativamente pequeña. Pero, felizmente, según veremos después, tienen otras aplicaciones no menos importantes para la cuestión principal que nos ocupa.

Además, no habiendo casi lluvia en la costa propiamente dicha, resulta que el agua subterránea viene del interior, lo mismo que la superficial, de tal modo que haciendo las mensuras





MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 35 -

del caudal de los ríos en diversas zonas de cada cuenca, pueden obtenerse datos de gran interés respecto a la variación en el de la primera.

2. Forma y naturaleza de la superficie exterior.- La forma y naturaleza de la superficie exterior requiere levantamiento de planos y de perfiles, reconocimientos geológicos minuciosos y estudios petrográficos. Así llegaremos a conocer las superficies permeables ó de infiltración, por donde penetra el agua al subsuelo, desde el cuádruple punto de vista de su situación, su forma, su extensión y su naturaleza; y, por consiguiente, el grado de probabilidad de que halla agua artesisiana por sus desniveles con el resto de la cuenca; y siendo esas superficies los afloramientos de los estratos porosos ó fracturados, por su forma, extensión ó naturaleza, podremos apreciar el caudal de agua absorbido y que está circulando en estos estratos. Al mismo tiempo recogeremos datos análogos respecto a los impermeables que están encima ó debajo de los anteriores. Además tomaremos las inclinaciones de los estratos en sus afloramientos, lo cual es de primera importancia en relación con el agua subterránea, y reconoceremos la destrucción ó modificación que hayan sufrido por los agentes externos. Consignaremos también en nuestro plano los afloramientos porosos ó las fracturas por donde se escapa al exterior el agua, por efecto de la topografía ó de la geología de la región, dato cuya importancia se hace inútil patentizar. Por último, los ríos figurarían en los planos como elementos principales de la topografía.

3. Forma, situación, extensión y naturaleza de las capas acuíferas.- Es esta parte la principal de los trabajos. Ya hemos comenzado en la parte anterior el estudio de los estratos permeables que puedan almacenar ó conducir el agua y de los impermeables que la guían, pero necesitamos hacerlo más profundamente, observando en las riberas de los ríos, en los cortes naturales y en las perforaciones que se hagan, la naturaleza del subsuelo, para



MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

REPUBLICA DEL PERU

- 36 -

saber el grado de continuidad geométrica y geológica de los estratos; así podremos apreciar la profundidad y configuración de las diversas capas acuíferas; y su magnitud, y, por consiguiente, la importancia y época en que ejerzan influencia las lluvias sobre su régimen, y unos pozos sobre otros al ser abiertos hasta la misma capa. Sobre la forma de las capas de agua influyen notablemente los ríos, quebradas, etc., así es que éste sería un motivo bastante para que levantáramos los planos de estos accidentes geográficos, si no hubiera otros. Las inclinaciones de los estratos permeables é impermeables serán en esta parte completamente determinados, adquiriendo así un dato preciosísimo respecto al agua artesiana. Merece observarse que la configuración de cada capa acuífera nos servirá para determinar, en el caso de ser artesiana, si la altura del líquido en los pozos que se practiquen se deberá a presiones hidrostáticas ó hidrodinámicas, lo cual es de gran importancia.

En esta parte del estudio se tomarán temperaturas y se harán análisis de las aguas para determinar su calidad y los usos a que pueden dedicarse.

4. Régimen acuífero subterráneo.- Sólo nos faltará, pues, estudiar el régimen de las capas acuíferas reconocidas, es decir, el sentido y velocidad con que corre el agua en cada capa y la superficie piezométrica correspondiente, así como sus variaciones. Determinaremos también en esta parte, con el auxilio de todo lo anterior, los desagües de las capas al ser cortadas por los ríos ó quebradas, así como las variaciones de nivel y gasto en los pozos, que se deben a diversas causas, influyendo la lluvia, según he dicho, tanto más cuanto menor es la capa respectiva.

Debo hacer presente aquí a U.S. lo conveniente que sería para facilitar tanto esta parte del estudio cuanto la anterior, que los particulares ó corporaciones que practicaran perforaciones para buscar aguas subterráneas pusieran el hecho en conocimiento



REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 37 -

del Cuerpo, para que éste delegara un ingeniero que registrara los datos geológicos é hidrológicos que ellas pongan de manifiesto; de este modo se aprovecharían para el estudio general trabajos que aislados casi no tendrían importancia. Esto serviría también para estudiar las mejoras que en el país pueden introducirse a los procedimientos de sondaje.

Conclusión.- Con todos estos trabajos dejaríamos determinadas las superficies topográficas, acuíferas y piezométricas, junto con sus mútuas intersecciones, y, por consiguiente, se podrían preparar planos de las cuencas fluviales, donde se indicaran las profundidades probables a que se pueden encontrar capas de agua artésiana o nó. Con respecto a la primera pueden hacerse planos especiales donde por colores convencionales se indiquen las zonas en que existe probablemente, las capas y las profundidades respectivas, las zonas en que es dudosa la existencia y aquellas donde seguramente no hay; estos planos estimularán la perforación de pozos, darán circunspección para emprenderla en zonas dudosas é impedirán gastos inútiles en las seguramente malas. Unos y otros pueden acompañarse de cortes ilustrativos. La importancia de planos como los indicados, que serían el remate de todos los estudios, para la irrigación, la provisión de agua potable y las industrias, es, pues, indudable y su demostración más detallada inútil.

Teniendo en mira la calidad, he presentado los trabajos que deben efectuarse clasificados con sujeción a los caracteres y condiciones del objeto del estudio; pero en la práctica no ocurrirá así, sino que se efectuarán juntos, según las afinidades de arte ó de ciencia que haya entre las partes relativas al agua subterránea. Así, no vamos a proceder desde luego a determinar para cada cuenca la cantidad sola, después la superficie exterior, en seguida las capas acuíferas, por último el régimen, sino que haremos todo el trabajo pluviométrico que requieran las cuatro cuestiones, todo el topográfico, todo el geológico, químico y petrográfico, todo el hidrológico superficial y todas las perforaciones que sean necesarias, y





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 38 -

esto simultánea ó sucesivamente, según sea más apropiado.

La imprescindible necesidad de practicar perforaciones en ciertos sitios suscitará una cuestión de no pequeña importancia; a saber: el aprovechamiento del agua que se encuentre. Debiendo pertenecer indudablemente al Estado, si la perforación se efectúa en terrenos de éste, se hace preciso fijar sobre el plano de la cuenca sus límites, y procurar que las perforaciones de estudio se practiquen también en ellos; de ese modo el Gobierno podrá vender los terrenos que resulten irrigados ó adjudicarlos a inmigrantes, conforme se desprende del primer considerando de la resolución que ordena estos estudios. Si las perforaciones se hicieran en terrenos de municipalidades o de instituciones análogas, fácil sería arreglar que paguen el costo de la perforación si utilizan el agua que se encuentre, y creo que igual procedimiento puede seguirse para los particulares.

En resumen, para hacer un estudio completo de las aguas subterráneas de la costa que estimule el empleo de ellas, reduciendo a su mínimo los peligros de gastos inútiles ó exagerados, se requiere llevar a cabo en cada cuenca lo siguiente:

- 1.- Determinaciones pluviales y de evaporación.
- 2.- Levantamiento del plano con las cotas y perfiles respectivos y los linderos de los terrenos del Estado.
- 3.- Reconocimiento geológico minucioso, análisis de las aguas y estudios petrográficos.
- 4.- Mensura de los caudales de los ríos.
- 5.- Perforaciones a diversas profundidades.

No terminaré lo relativo a la organización sin hacer notar a US. que estos trabajos no sólo darán como resultado provechoso el conocimiento del agua subterránea, sino también otros de no menor importancia. Indicaré desde luego las ventajas que reportará a la agricultura con el estudio del régimen pluvioso de parte de nuestra sierra; y, principalmente las que ofrecerá para la misma industria





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 39 -

el levantamiento del plano de cada río con su cuenca respectiva, para facilitar el trazo de canales de irrigación y la designación de sitios aparentes para la formación de represas y reservorios; permitiendo, además, la mensura del caudal de los ríos, apreciar la cantidad de agua con que puede contarse para las irrigaciones, así como la fuerza motriz para las diversas industrias y los puntos más apropiados para captarlas; pudiéndose, por último, dar cumplimiento con estos planos y mensuras al art. 208 del Código de Aguas, puesto **recientemente** en vigencia. Los reconocimientos geológicos y las perforaciones tal vez hagan descubrir sustancias valiosas, lo cual no sería una sorpresa para los que no dudan de la existencia de riquezas salinas en el subuelo de nuestra costa.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
II



M A T E R I A L

Para los cincogéneros de trabajos cuya necesidad acabo de manifestar se requerirán instrumentos metereológicos, topográficos, geológicos, hidrológicos, etc., y dos aparatos de sonda, por lo pronto, uno de los cuales pueda servir para perforaciones hasta de 1,000 pies, y el otro para 300; los dos aparatos deben estar provistos de las herramientas y accesorios del caso.

III

P E R S O N A L .

Los trabajos indicados no pueden ni deben llevarse a efecto para toda la costa en corto tiempo, pero en una cuenca determi





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 40 -

nada no demorarán mucho y darán resultados prácticos é importantes; haciéndose con mayor facilidad y perfección conforme se vayan avanzando en ellos.

En el personal necesrio no considerafé el que se encargue de la determinación pluviométrica, que puede ser confiada en cada localidad a personas prolijas y serias que hagan las observaciones gratuitamente ó con muy modesta remuneración; también omitiré considerar los técnicos que se ocupen de los análisis químicos y petrográficos, pues el personal de la Oficina Directiva del Cuerpo bastará para ello. En cuanto al levantamiento del plano, la geología y la mensura de los ríos, tienen tantos puntos de contacto que pueden confiarse a una sola persona competente, con dos ayudantes y los peones del caso.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Cónstame que en el país hay técnicos capaces de desempeñar uno y otro puesto, pero que no aceptarían seguramente residir fuera de Lima y hacer vida de campamento. Además, habiéndose adelantado mucho en Estados Unidos, en todo lo relativo a hidrología superficial y subterránea, y a sondajes, creo que sería muy acertado contratar en ese país dos especialistas que trajeran consigo ó dejaran contratado el material de sondaje.

IV

RELACIONES DEL CUERPO CON OTRAS INSTITUCIONES Y CON LOS PARTICULARES.

El personal indicado es el mínimo necesario para emprender el estudio; región por región y paulatinamente. Pero siendo el conocimiento de las leyes de distribución del agua subterránea en nuestra costa de gran importancia y de provechosos é inmediatos resultados, creo que las juntas departamentales, los municipios y





MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

y aún los particulares se esforzarán porque se hagan en determinadas localidades, y en este caso el Cuerpo debe quedar facultado para aceptar la cooperación pecuniaria o en forma de aparatos ú operarios, lo cual sería conforme al artículo 21 de su Reglamento, y permitiría dar a los estudios mayor impulso y extenderlos inmediatamente a regiones donde la acción del Cuerpo aislado llegaría sólo después de algún tiempo.

V

PRESUPUESTO

Tomando en cuenta lo indicado, al tratar del material y personal necesarios, el presupuesto de gastos anuales y por una sola vez, de la sección de aguas subterráneas del Cuerpo de Ingenieros de Minas, puede reducirse a las cifras que van a seguir:

I)- Gastos anuales :

Un Jefe de Sección, especialista contratado en Estados Unidos, £ 40 cada mes	£	480
Un ayudante, ingeniero topógrafo, £ 20 cada mes	"	240
Un ayudante, ingeniero de minas, £ 20 cada mes.	"	240
Un maestro perforador, especialista contratado, £ 30 cada mes	"	360
Gastos de movilidad y otros, £ 25 mensuales. .	"	300
Peones, cadeneros, etc., £ 30 mensuales. . . .	"	360
		<hr/>
	£	1,980
		=====





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 42 -

2)- Gastos por una sola vez :

Dos aparatos de sondaje con todos sus accesorios.	£ 1,300
Herramientas, instrumentos, etc.	" 200
	<hr/>
	£ 1,500
	=====

Con estas sumas, que podrían incluirse en el próximo proyecto de presupuesto general, haría muy buena labor el Cuerpo de Ingenieros, estudiando desde luego los Departamentos de Ica y Piura, conforme lo establecido por el Supremo Gobierno.

LIMITACION DEL PLAN ANTERIOR PARA EL RESTO DEL AÑO



Pero la importancia del agua subterránea en nuestra costa es tal, que no convendría demorar hasta el año próximo los estudios que han de darla a conocer en sus varios puntos de vista; y comprendiendo, además que la intención del Supremo Gobierno es comenzarlos desde luego, voy a proponer a US. un plan de trabajos para lo que resta del año.

Desde luego, hay una labor de preparación general que conviene emprender, y es la recopilación de los datos sobre los recursos acuíferos subterráneos de la costa, suministrados por las excavaciones y sondajes practicados con buen ó mal éxito en diversos puntos; por ejemplo, las galerías filtrantes que proveen agua al Barranco y á Miraflores, y los pozos artesianos del Callao. Además, para emprender desde los primeros meses del año próximo los estudios completos, podemos levantar planos, hacer reconocimientos geológicos y aún perforaciones, poniéndonos de acuerdo con la Junta Departamental de Ica, que posee los aparatos de sondaje; y contratar en Estados Unidos los dos especialistas para que estén aquí en los últimos meses del año.





MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

La labor preparatoria de la sección de aguas del Cuerpo, podría, pues, encomendarse a dos comisiones de reducido personal: una en Lima y alrededores, otra en Ica. La primera tendría que hacer la recopilación de todos los datos dispersos sobre el agua subterránea de la costa, especialmente de los alrededores de Lima y del Callao. La de Ica levantaría los planos que fueren necesarios mientras viniera el personal contratado, y cuando éste llegara entraría de lleno en el estudio y practicaría perforaciones, poniéndose de acuerdo con la Junta Departamental de ese Departamento.

El material necesario no sería, en consecuencia, sino unos pocos instrumentos de topografía al principio y algunos de hidrología y geología después. En cuanto al personal, se reduciría a un ingeniero de experiencia en este género de estudios, para Lima; y los dos especialistas contratados (en los últimos meses del año) y dos ayudantes para Ica, así como el personal auxiliar que requerirán las perforaciones, si se llevan a cabo.

Los especialistas dejarán visto y tratado, antes de venir-se, de Estados Unidos, todo el material de perforación.

En consecuencia, el presupuesto sería como va enseguida, donde he considerado los sueldos de los contratados por cinco meses, aún cuando no vendrán hasta fines de año, porque lo dejado de pagar servirá para hacer frente a los gastos de viaje.

Un Ingeniero en Lima,	£	30 x 5	meses.	£	150
Un Jefe contratado	"	40 x 5	"	"	200
Dos ayudantes:	"	40 x 5	"	"	200
Un perforador contrata					
do	"	30 x 5	"	"	150
Peones, cadeneros, etc..	"	25 x 5	"	"	120
Instrumentos, gastos de mo					
vilidad, etc. . . .	£	20 x 5	"	"	100
				£	920
				=====	





REPUBLICA DEL PERU

"AÑO DE LOS VENCEDORES DEL 2 DE MAYO"

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

- 44 -

Si los ayudantes terminaran en Ica su labor preliminar, antes de que llegaran los especialistas, pasarían a hacer la misma a Piura.

En resumen, el plan para el año actual, con gasto cuyo máximo es la cifra indicada, permitiría preparar y emprender desde luego los estudios, con resultados prácticos inmediatos, pudiéndose así desde los primeros meses del año próximo darles toda la amplitud necesaria.

Dios guarde a US.

J. BALTA.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



* * * * *

rvm.

