

2 5 7

8 3 B A

24/1757

~~257-03BA-1757~~

257-03BA-1757

LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

BASES PARA EL ESTUDIO Y PROYECTO DE PLANTAS DE
DEFLUORACION DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO.

Antecedentes y estudio preliminar.

Dr. ROQUE CALLEGARO

y

Equipo de colaboradores.

~~10-5382~~

La Plata, Diciembre de 1983.

~~10-5382~~ wh 1757
AS-1033A

EL AGUA Y LA FLUOROSIS

INDICE

(continuación)

	Pág.
10.2.4 Proceso de quemado en horno rotatorio	56
10.2.4.1 Introducción	56
10.2.4.2 Descripción del horno utilizado en las investigaciones de laboratorio	56
10.2.4.3 Hueso quemado en el horno giratorio	60
10.2.4.4 Determinación de la temperatura y tiempo de quemado.	61
10.2.4.5 Experiencias con el horno discontinuo. Determinación del caudal óptimo.	64
10.2.5 Características del horno de funcionamiento continuo a nivel planta piloto	67
10.2.5.1 Introducción	67
10.2.5.2 Horno semi industrial	68
10.2.6 Características de los huesos calcinados en el horno instalado en el CETMIC	70
11 - Técnicas de desengrase, procesos comparativos	73
11.1 Ensayos comparativos de huesos tratados con soda y temperatura respectivamente.	75
12 - Condiciones que ha de cumplir el material defluorante	77
12.1 Hueso crudo	77
12.1.2 Hueso tratado termicamente	78
12.1.2.3 Resumen	79
12.1.2.4 Impurezas que pueden acompañar al hueso crudo	80

EL AGUA Y LA FLUOROSIS

INDICE

(continuación)

	Pág.
13 - Planta de defluoración	81
13.1 Incidencia del pH	87
13.2 Cloración del agua	88
13.3 Efluentes de Plantas Correctoras de Fluor	89
14 - Anexo- planillas, esquemas y planos	91 y sig.

EL AGUA Y LA FLUOROSIS

-Incidencia en la salud.

-Forma de corrección en un abasto público.

1- INTRODUCCION:

El estudio del agua referido a sus caracteres físico-químico y microbiológicos: color, turbiedad, sabor, salinidad, composición microbiana, etc., ha sido, en todos los tiempos, motivo de interés para el hombre, por constituir un elemento esencial en su dieta, ya que sin ella no existiría la vida. El organismo humano en un 65% está constituido por agua, que se necesita para los intercambios celulares y la vida de las células que lo componen.

El agua que se ingiere, como la utilizada para preparar alimentos, debe reunir condiciones físicas, químicas y biológicas prefijadas por Organismos especializados como la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.); los "Standards Methods for the examination of water and Wastewater", editado por el A.P.H.A.; A.W.W.A.; W.P.C.F. de los EE.UU. y otros organismos de jerarquía.

Además en base a ellos y a las condiciones propias de cada región, todo País establece las especificaciones que a su criterio, debe reunir un agua para ser considerada potable.

Las aguas desprovistas de impurezas fácilmente percibidas por el usuario a saber: color, olor, sabor, un exceso salino, etc., pueden contener elementos perjudiciales para la salud que solo son detectados mediante su análisis. Esto ocurre con la presencia de virus,

germenes patógenos, sales o elementos químicos de acción tóxica, al superar valores tolerables, o de compuestos orgánicos que en bajas concentraciones, pueden inducir a enfermedades, algunas graves.

El agua de bebida contiene cierta cantidad de sales provenientes de su contacto con el suelo en especial y con la atmósfera en algunos casos.

Algunas de estas sales se hallan frecuentemente en cantidades relativamente grandes, combinados los aniones: bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, etc., con los cationes: sodio, calcio magnesio, potasio, etc.

Estas sales van acompañadas comunmente con otros elementos en mucho menor proporción, llamado microcomponentes, que por su actividad constituyen elementos tóxicos al superar una determinada concentración. Uno de ellos es el fluor.

Se comenzó a trabajar en la defluoración de las aguas de bebidas en 1950 en la Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires publicandose sus resultados en 1957.

Luego se retoma el tema, para profundizar el mismo en 1972 en el laboratorio de química sanitaria perteneciente al Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de La Plata a través del Convenio celebrado entre ésta y la Dirección Provincial de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (DOSBA) hasta el presente.

El fluor, de gran actividad química reacciona rápidamente frente a todos los otros elementos con excepción del oxígeno y los gases nobles.

Está contenido en distintas rocas como la fluorita, apatita, criolita y otros minerales frecuentes en el suelo.

El agua al ponerse en contacto con éstas rocas y suelos disuelven, en mayor o menor grado, cantidades de fluor que, en muchas de las aguas de nuestro país, Argentina, sobrepasa con exceso los límites máximos admisibles en aguas consideradas potables por su salinidad.

Para la Provincia de Buenos Aires cuyo clima puede considerarse templado, como aquellas provincias de clima similar la concentración de fluor en el agua de beber considerada como más conveniente es la de 1mg/l con lo cual se alcanza una buena protección anticaries con un mínimo de manchado de los dientes y en donde de haberlo, predomina generalmente el manchado blanco.

Un poco como consecuencia de la frecuencia con que, aguas de este país exceden ese límite óptimo y otro porque no se ha señalado excesiva acción perjudicial en aguas con hasta 2mg/l, se ha fijado con carácter tentativo esta concentración límite si bien las normas establecen hasta 1,8mg/l

2- METABOLISMO DEL FLUOR

El estudio del fluor, como bien lo ha dicho un conocido investigador el Dr. Leonidas Corona, es apasionante, por cuanto, no obstante ser tan pequeña la cantidad de fluor presente en el organismo humano, su importancia es considerable y su estudio, señala constituye uno de los más bellos, interesantes y novedosos capítulos del

metabolismo mineral y de la bioquímica moderna.

El fluor se incorpora a los dientes durante el período de formación y calcificación, en forma de fluorapatita que se une a la hidroxiapatita y a la carbonato-apatita, siendo aparentemente su principal componente la hidroxiapatita.

Fue Gautier quien estudiando el metabolismo del fluor, señala que éste mantiene cierta relación con el fósforo al que acompaña en proporción variable según el órgano, guardando una relación, con respecto al fosforo, menor, para los organos de mayor actividad vital.

Este enlace puede hacerse mediante materia organica nitrogenada, por sales inorganicas carentes de todo enlace organico o bien por una combinación de ambas.

El uso de isótopos radioactivos ha satisfecho un ideal de los investigadores en el campo de la bioquímica, como es la de poder marcar elementos y seguirlos en su trayectoria, distribución, eliminación, lugar de fijación y preferencias para esto último.

Estas experiencias hechas en animales utilizando fósforo radioactivo han permitido conocer que la fijación es mayor donde el metabolismo es más activo. En el caso del diente la fijación es más intensa en la raíz que en la parte media.

También se encontró fosforo radioactivo en el esmalte dentario lo cual prueba que hay un intercambio químico entre éste y el torrente sanguíneo. Se calcula que en 150 días se produce la renovación del 1% del fosforo presente en el diente.

Esto permite deducir que los dientes no están constituidos por tejido estable ni están en un equilibrio estático sino

dinamico, con la sangre.

Aceptando entonces, la estrecha relación que guardan los dientes con el metabolismo, se explica que perturbaciones generales en este mecanismo repercutan en una u otra forma sobre los dientes por estar constituidos estos por tejidos vivos y no por un conglomerado de sales calcareas sin capacidad de intercambio alguno, pese a estar formado por un 96,5% de sales inorganicas a las cuales le debe su dureza.

Siendo la proporción de fluor en la sangre, ínfima, es ésta el vehículo que lo lleva a depositarse en dientes, huesos, etc., luego de su absorción por intestino, puesto que todo el fluor es de origen exógeno y se incorpora al organismo mediante los alimentos y especialmente por el agua.

Los primeros trabajos sobre toxicidad de los componentes fluorados fueron realizados por Rabuteau en 1867. Más tarde en 1912 Bartalucci efectuó estudios sobre la osteomalacia en ganado criado en campos donde se arrojaba deshechos fluorados de una fábrica de superfosfatos. En 1934 Rohom estudió una enfermedad de los huesos y dientes muy extendida en Islandia debido a emanaciones volcánicas fluoradas.

En los huesos del hombre el tenor normal de fluor es de 500 a 1000 p.p.m. mientras que el de personas que han vivido en zonas con más de 3mg/l de fluor en las aguas de hallaron valores de fluor de 6.000 a 8.000 p.p.m.

La flurosis dental provoca una insuficiencia calcica del esmalte y dentina así como también tiene directa influencia sobre la formación celular. Modifica la estructura de los tejidos al in-

corporar un exceso de fluoruro a expensas del carbonato de calcio y fosfato tricalcico.

Reynolds en sus estudios señala que en los dientes fluorados hay un exceso de fluoruro de calcio y que esta sal no se deposita en forma de mezcla uniforme con el resto de las sales sino en forma desigual y como un agregado irregular.

El análisis de los dientes y huesos de individuos expuestos a un exceso de fluor revelan una alteración de su relación calcio-fósforo, un aumento de su tenor en magnesio y disminución de ión carbonato y ello ocurre en mayor proporción en el hueso que en el diente.

La fluorosis con o sin manchado de los dientes ya que ésto depende de que el exceso de fluor haya sido ingerido o no durante la formación del diente, produce una afección a los huesos conocida con el nombre de osteopetrosis debido a la densificación del sistema óseo, que llega a ser tanto más intensa cuanto más grave haya sido la intoxicación. El hueso puede llegar a triplicar su densidad.

Esta enfermedad se la conoce también con el nombre de esqueleto pétreo o esqueleto de marfil. El hueso se presenta más denso, menos lustroso y de un aspecto más tosco y en ellos se observa una precipitación de fluoruro de calcio en su trama lo que acarrea un aumento considerable en el peso del esqueleto acompañado de deformaciones óseas. Esto afecta al perifostio y endostio; sus trabéculas son más densas, menos esponjosas y marcadamente unidas unas a otras y la cavidad medular se reduce en su diámetro.

En el examen radiográfico revela una exagerada opacidad indicadora de una densidad anormal e incluso soldaduras de piezas.

En general puede aseverarse que es en la columna vertebral donde se presentan las primeras manifestaciones, en forma de una exagerada rigidez acompañada de dolores de cadera, columna, pelvis, etc, que muchas veces se ha tomado como de origen reumático. La fluorosis se manifiesta generalmente afectando la pelvis y las vertebrae lumbares para luego invadir el resto de la columna, huesos de las piernas, etc, y finalmente los del craneo. A las alteraciones del sistema oseo se agrega la de ligamentos y músculos lo que trae dolor y limitación en el movimiento.

La fluorosis conduce a una mayor fragilidad osea y pérdida elevada de fósforo, pudiendo originarse fracturas por golpes de escasa importancia. Se citan casos de fluorosis benignas que fueron tratadas como dolencias reumáticas debido a una sintomatología semejante.

La intoxicación fluorica con agua con déficit mineral y bajo contenido en calcio conduce preferentemente a una osteoporosis motivada por una marcada descalcificación del hueso.

Trabajos recientes indican que una sobredosis de fluor producen alteraciones tales como:

2. 1º - En la cavidad bucal

- a - I) Dientes decolorados, veteados o moteados en distintos grados.
- b - II) Fluorosis osea, con aumento de dureza, disminución de elasticidad y por consecuencia mayor probabilidad de fracturas.
- c - III) Hiperqueratosis por inhibición enzimática tisular, con disminución de reacciones de oxidación o liberación de oxígeno. Elemento fundamental para los metabolismos intermedios de los tejidos.

blandos bucales.

C₁) III_a) 2 fosfo-d-glicerato-dehidrogenasa cuyo nombre común es "Eno-
lase" produciendo transtornos en el metabolismo de los hidratos de
carbono, principalmente en el ciclo anaerobio de Endem Mezerof.

2:2 - En el organismo en general:

Lo mencionado para la cavidad bucal es semejan-
te para el resto de la economía del cuerpo humano.

a) Sistema digestivo

El hígado es uno de los órganos de éste siste-
ma que más sufre la fluorosis. Su alta actividad enzimática, bloqueada
por el ión fluor determina alteraciones del parenquima en forma irrever-
sible.

La irritación crónica sobre mucosa gástrica
produce estados nauseosos y vómitos.

b) Sistema respiratorio

Sus alteraciones a nivel de los alvéolos pul-
monares determina la ruptura de fibras procolagenas y elásticas, tradu-
cido todo ello por ritmo de Clayve-Stokes, pérdida de elasticidad de
los pulmones.

c) Sistema renal

Siendo el riñón el principal excretorio, pade-
ce en los cuadros de hiperingesta alteraciones degenerativas de las células
tubulares, llegando a producirse nefrosis y nefroesclerosis.

d) Sistema hemático

El fluor al actuar como antienzimático, en dosis tóxicas puede bloquear la maduración de los elementos hemáticos produciendo anemias de tipo macrocíticas, agranulocitosis y disminuyendo las defensas orgánicas.

e) Sistema nervioso

La acción tóxica no solo puede reflejarse sobre el sistema neurovegetativo sino que a nivel central, puede darse el caso de disminución de funciones neuronales, con subsecuelas, efecto amnésico y disminución de la inteligencia.

f) Sistema endocrino

Una de las glándulas que más puede sufrir es la tiroides, ya que este halógeno sustituye el yodo, produciendo hipotiroidismo.

El resto de las glándulas pueden entrar en hipofunción.

3- INFLUENCIA DEL AGUA DE CONSUMO Y DE LOS ALIMENTOS EN LA FLUOROSIS

Si bien los alimentos pueden tener, según algunos autores cierta influencia en la provocación de la fluorosis, esto, de ocurrir, se circunscribiría a los grandes consumidores de infusión de té o en aquellas personas que diariamente se alimentan de mariscos, u otros productos de mar con alto porcentaje de fluor, lo que no es muy frecuente, en especial en nuestro país.

El agua es, por lo tanto, el verdadero y casi podríamos decir único vehículo que puede originar la fluorosis si su contenido en fluor excede ciertos límites que, para un clima intermedio como el de la Provincia de Buenos Aires podría fijarse en no más de 1,8mg/l de fluor para evitar cualquier fluorosis dentaria demasiado marcada, en especial a los niños mal nutridos.

En muchos casos de fluorosis el principal perjudicado es el niño en edad previa y durante la dentición debido a que en ellos una débil fluorosis ya se hace visible por el manchado de los dientes, afectando la estética de su rostro, lo que es particularmente sensible en la mujer si se tiene en cuenta que dicho manchado perdurará a lo largo de su vida.

Estimamos como un primer deber del higienista, sea éste, médico, odontólogo, químico, bioquímico, ingeniero, etc, tomar todas las medidas a su alcance para evitar en la población tales defectos dentarios. En algunos casos se puede evitar con solo cambiar la bomba, molino o motor de agua, a otro lugar dentro del área en cuestión o bien variando unos pocos metros la profundidad de extracción.

La fluorosis después de la dentición ya no afecta a ésta y necesita para manifestarse la ingestión de dosis de fluor más elevadas. De producirse, sus efectos son más graves porque puede afectar seriamente el sistema oseo, provocar soldaduras de piezas, dolores y aún fracturas. Las radiografías ponen a la vista del médico estas alteraciones oseas tales como la osteopetrosis.

El organismo tiende a eliminar el fluor excedente y su principal vía de excreción es el riñón el que normalmente lo hace en un 80%, el resto por las heces y algo a través de la transpiración y perspiración.

Al ingerir dosis crecientes de fluor el organismo se defiende eliminándolo por la orina, haciéndolo en escala ascendente. Cuando la ingestión se eleva a cierto valor, la excreción no alcanza a eliminar todo el fluor y éste comienza a depositarse anormalmente.

El límite exacto, no se conoce con la precisión que es de desear ya que depende del individuo, pero si lo suficiente como para poder tomar medidas adecuadas de carácter higiénico.

Tanto la fluorosis dentaria, como la osea, pueden prevenirse. Se necesita disponer de los medios analíticos que permitan determinar cuando se está en presencia de condiciones que puedan provocarla a corto o largo plazo.

Como primera medida conviene valorar el contenido de fluor del agua que consume ese individuo, como así también la cantidad que ingiere en forma de agua o infusión.

De ser necesario puede determinarse el Fluor excretado por orina.

4 - FLUOR : VIAS DE EXCRECION:

La fluorosis puede originar hipertrofia de la tiroides e irritación renal por ser el riñon el principal emuntorio de eliminación. Se estima que por esta vía se elimina entre el 80 y el 88% del fluor no depositado; un 8% por las heces y el resto por otras vías. El fluor se deposita principalmente en el sistema óseo.

Los estudios de Braun demuestran que existe una notable relación entre el fluor urinario y el contenido en el agua de consumo.

La ingestión de agua fluorada provoca un inmediato aumento de fluor en orina. Con sus estudios Braun traza una curva logarítmica que permite ver gráficamente la relación fluor-agua y fluor orina.

En animales de experimentación, siempre que se aumenta la dieta de fluor aumenta la excreción urinaria de éste pero también se observó que las fluorosis que provocan las dietas ricas en fluor se vé atenuada en los animales bien alimentados.

Estudios más recientes han demostrado que en niños con buena alimentación la intensidad de la fluorosis se atenúa con respecto a los menos alimentados.

No es aún bien conocido cual es el grado de fluorosis que admite una vuelta a la normalidad deteniendo la ingestión de fluor, como tampoco hasta que cantidad llega a eliminarse el excedente. Solo se sabe que individuos sometidos a elevada ingestión de fluoruros y luego de alejado de ese lugar continúa eliminando por largo tiempo elevadas dosis de fluor superiores a las que consume.

Distintos autores coinciden que en experiencias realizadas ingiriendo dosis altas y crecientes de fluor hallaron valores de retención del fluor del orden de 37 a 48%. En cambio cuando el fluor incorporado es bajo, el excretado lo supera. No se conoce bien, este hecho que se atribuye a que la totalidad del fluor correspondiente al agua y a los alimentos es excretado.

Para un clima intermedio como el de la Provincia de Buenos Aires la cantidad optima de fluor en el agua puede ser de 1mg/l hasta 1,5 mg/l, para evitar cualquier fluorosis dentaria de alguna incidencia estética y no exceder de 2,5 mg/l para excluir cualquier

fluorosis ósea.

Mediante el análisis clínico y radiográfico puede conocerse cuando se está en presencia de condiciones capaces de originar a corto o largo plazo, la fluorosis. También puede hacerse mediante la valoración del fluor excretado por la orina del individuo investigado.

El valor hallado permite conocer la posible ingestión, de fluor y por lo tanto las consecuencias. Esta investigación puede complementarse con el análisis del agua que consume y con ello, su tendencia a ingerir mucho o poca cantidad de líquido, estado de nutrición, condiciones orgánicas, etc.

De acuerdo a nuestro conocimiento para evitar la fluorosis dental del niño el fluor promedio excretado por estos en edad de dentición no debería superar los 1,5mg/l. Puede admitirse hasta 2mg/l para edades en que se ha pasado la dentición estando dirigida a evitar posibles osteopetrosis u osteoporosis y sus consecuencias.

5- AGUAS FLUORADAS

El fluor puede presentarse bastante irregularmente distribuido en las distintas fuentes de agua. Ello permite, a veces, que el solo hecho de cambiar de ubicación la bomba, molino u otra fuente de aprovisionamiento a relativamente corta distancia se obtenga agua con contenido más bajos de fluor. Otras veces puede lograrse esto cambiando unos pocos metros la profundidad de captación.

El país necesita un buen catastro de todas sus aguas tanto superficiales como las existentes a distintas profundidades. Conociendo las características y riqueza salina de las mismas

permitirá dar agua de mejor calidad evitando en lo posible el uso de aquellas que contienen excesos perjudiciales de algunos de sus elementos, que en el caso de los microcomponentes puede citarse al fluor, arsenico, vanadio, iodo entre otros. Dentro de los demás componentes merece especial mención las sales más frecuentes y abundantes como son los sulfatos, cloruros y bicarbonatos.

La Argentina se caracteriza por tener vastas áreas de su territorio con exceso de fluor, por ejemplo: la provincia de Buenos Aires y La Pampa entre las más conocidas por el número de fuentes de agua altamente fluoradas. Hay otras provincias con aguas fluoradas tales como las provincias de Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero, La Rioja, Catamarca, etc. en donde el área de aguas fluoradas merece ser estudiada más a fondo para determinar las reales condiciones y posibilitar así las soluciones más apropiadas para resolver el problema que las mismas originan.

En las planillas n°1 a n°13 se da el contenido de fluor, de los suministros de agua de la Empresa Obras Sanitarias de la Nación, Administración Provincial de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires; Servicio Provincial de agua potable y saneamiento rural de la Provincia de Buenos Aires; Laboratorio Central de Salud Pública del Ministerio de Bienestar Social de la Provincia de Buenos Aires y muestras provenientes de pozos particulares.

En la República Argentina hay vastas zonas con agua de buena o aceptable contenido de sales pero con elevado tenor en fluor, arsenico y vanadio. No son muy frecuentes aguas con exceso de estos tres componentes pero si de uno de ellos

y con cierta frecuencia de dos de tales elementos. Esta presencia es mucho mayor en aguas subterráneas que en aguas superficiales. A menudo el fluor viene acompañado por el arsenico. Este último predomina en las aguas bicarbonatadas sódicas, de alta alcalinidad y muy baja dureza. Tal ocurre en la Región de Bell Ville, cuenca del río Tercero, ambas en Provincia de Córdoba, centro y norte de la Provincia de Santa Fe, centro de la Provincia del Chaco, Noreste y sud-sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, y Provincia de La Pampa en el norte y este en sus límites con la Provincia de Buenos Aires.

Por ser nuestro país rico en fuentes con elevado contenido de Vanadio, el cual acompaña preferentemente al arsenico, aunque con menor frecuencia también puede hacerlo con el fluor, debiera intensificarse el estudio del mismo debido a que es muy poco lo que se conoce sobre su acción en el organismo humano. De acuerdo con algunos estudios puede resultar que en bajas dosis podría ser beneficioso. Se necesita conocer cual es esa concentración y cuando debiera corregirse por ser excesivo su contenido.

En la Argentina existe un amplio campo para la investigación y estudio de aguas de estas características que corresponden ser tomado con igual interés por químicos médicos, ingenieros, geólogos, etc, para hallar la mejor solución al problema de salud que las mismas pueden originar.

Estos estudios deben ser amplios, abarcando además de los problemas que hacen a captación, tratamiento, mantenimiento, contralor, etc, aquellos que permitan valorar si hay acciones sinérgicas o a la inversa, de atenuación de efectos por la acción de

algunos de sus componentes o microcomponentes.

El conocimiento de la presencia de estos elementos y su incidencia sobre la población que bebe agua que los contiene a distintas concentraciones será un buen camino para actuar en forma más directa y eficaz en beneficio de consumidores desprevenidos, permitiendo además atacar el problema donde se presenta con mayor gravedad.

Si bien el fluor en exceso marcado, se halla tanto en aguas duras como blandas, poco o muy alcalinas, sulfatadas, cloruradas o no; sin embargo es más frecuente en aguas más bien blandas y con marcada alcalinidad.

El Dr. Rogelio A. Trelles en uno de sus trabajos dice que el fluor puede encontrarse en exceso tanto en aguas duras o blandas pero que se desconoce y será interesante estudiar realmente si ese exceso actúa en ambos casos en igual forma. El Dr. Trelles ha observado que en algunas localidades con agua de bebida mineralizadas, ricas en calcio y magnesio y con hasta 3mg/l de fluor, la intensidad o frecuencia del veteado dental no era tan intenso y en menor número de individuos que el que esperaba encontrar.

Por lo tanto el límite de concentración permisible para agua de bebida debiera variarse en función de las condiciones climáticas y composición salina del agua.

Se señala que aguas con 1,6 a 2 mg/l de fluor han originado en los niños un 30% de moteado o veteado blanco ligeramente amarillo. Otras aguas con 2,5 a 3mg/l de fluor originaron veteado marrón y malformaciones dentarias e irregular implantación de las piezas.

El organismo humano necesita distintos elementos minerales; muchos de ellos en pequeñas cantidades pero no por eso dejan de ser indispensables como el hierro, iodo, manganeso, cobre, etc y también el fluor el que, según Gautier acompaña al fósforo y sigue sus variaciones aunque no proporcionalmente pues el fluor incrementa su relación en los tejidos de menor actividad vital.

Armstrong y Brekus han encontrado en los dientes sanos una tasa de fluor más alta y constante que en los dientes cariados.

Todos los autores coinciden en la necesidad imperiosa de hallar la mejor forma de suministrar a la población agua sin exceso de fluor. Si no se puede hacer mediante cambio de la fuente de abasto corresponde buscar el tratamiento que mejor se adapte teniendo en cuenta las condiciones locales, material disponible, costos de instalación, de operación, mantenimiento, etc.

La fluorosis dental provoca una insuficiencia calcica del esmalte y dentina. También tiene directa influencia sobre la formación celular; modifica la estructura de los tejidos al incorporar un exceso de fluoruro a expensas del carbonato de calcio y fosfato de calcio, el que podría expresarse con una fórmula que representa la parte mineral del diente como $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca X_2$ donde X_2 puede ser un $CO_3^{=}$; $(OH)_2$; $SO_4^{=}$; $PO_4^{=}$ etc los que son reemplazados por el exceso de iones fluor.

En exámenes a la difracción de dientes normales y fluorados realizados por Reynolds, se observó una composición heterogenea de apatita y en los dientes fluorados además un exceso de fluoruro de calcio. Esta sal no se deposita en forma de mezcla uni-

forme con el resto de las sales, sino en forma desigual y como un agregado irregular.

Al depositarse en forma anormal, su estructura pierde la estriación regular longitudinal y uniforme propia del diente normal. El análisis de los dientes y huesos de individuos expuestos a un exceso de fluor revelan una alteración en su relación calcio-fósforo, un aumento en su tenor de magnesio y disminución de ión carbonato. Ello ocurre en mayor proporción en el hueso que en el diente.

- 6 - FLUOR EN ALIMENTOS : En general los alimentos más comunes tienen muy poco fluor, salvo algunas excepciones, la mayoría de ellos lo contienen en proporción mínima. Según los trabajos de Mc Clure el contenido sería el siguiente:

<u>ALIMENTO</u>	Fluor (F^{-}) p.p.m.
Carne de cerdo fresca	0.34
Cerdo salado	1,10
Cordero, carne fresca	1,20
Ternera " "	0,90
Hígado de vaca	5,50
Riñón de vaca	8,90
Carne de pollo	1,40
Salmón fresco	5,77
Salmón envasado	4,50
Sardinas	7,30
Bacalao salado	5,00

Ostras frescas	0,65
Arenque ahumado	3,50
Cangrejo envasado	2,00
Camarón, parte comestible	0,93
Huevo fresco-clara	0,25
Huevo fresco-yema	1,05
Té de Ceylán	9.00
Té de la India	38.10
Té inglés	66.00
<u>Marcas de té</u>	
Mazawatee	29,40
Lipton	18,30
Puer	91,25
Makha	3,20
<u>Frutas</u>	
Toronja	0,36
Naranja	0,34
Limón	0,05
Pomelo	0,10
Manzana	0,03
Banana	0,23
Uva	0,16
Higo	0,21
Melón	0,20

Sandfa	0.11
Durazno	0,21
<u>Cereales</u>	
Mafz amarillo	0.05
Trigo	0.29
Harina de trigo	0.35
Arroz	0.19
Avena	0.25
<u>Legumbres</u>	
Haba verde	0.15
Remolacha	0.20
Coliflor	0.12
Repollo	0.15
papa	0.60
Apio	0.14
Ajo	0.30
Tomate	0.24
Batata	0.13
Zapallo	0.10
Zanahoria	1.00
Almendra	0.90
Cocoa	0.50
Miel	1.00
Malta	1.25
Café moca	1.60

Café de Brasil	0.70
Manteca	1.50
Queso	1.62
Cerveza	0,20
Vino	trazas

Como puede apreciarse la mayoría de los alimentos contienen poco fluor y éste parece no ser muy aprovechado por el organismo el que se vale, en especial, de aquel suministrado por el agua.

Mc Clure también hace notar que los vegetales en general, legumbres, etc. que se cultivan en terrenos ricos en fluor o regados por agua muy fluorada, el contenido de éste, no se halla mayormente acrecentado en la parte comestible de los mismos.

El volumen de agua que se ingiere diariamente presenta variables que hace muy grande la diferencia entre el mínimo y el máximo. Influye el clima, la edad, el tipo de tarea que realiza frecuentemente el individuo según el oficio o empleo. Si la labor es de carácter sedentario, trabajo de escritorio, intelectual, etc no necesita ingerir el mismo volumen de líquido que un herrero, fogonero, carpintero, peón de campo, etc.

En un trabajo de Coons señala que los niños y jóvenes de 1 a 18 años necesitan de 1100 a 1700 ml de agua por día. En estudio que realizó sobre seis mujeres embarazadas en Oklahoma (U.S.A.) halló que beben de 832 ml a 2.897 ml de agua por día con un promedio de 1.508 ml diario; con los alimentos ingieren de 742 a 2.010 ml de agua por día lo que hace un total de 2.090 a

4.212 ml con un promedio diario de 2.748 ml.

Según Magee en estudios hechos en personas entre 8 y 80 años halló que el promedio diario total era de unos 2.400ml de los cuales más de la mitad correspondería a agua cruda, té, café, etc. y el resto a leche y otros alimentos.

Bowntree llega a similares condiciones al establecer que el agua que se bebe diariamente incluyendo los jugos de frutas e infusiones es de unos 1.200 a 1.600ml por día, el resto con los otros alimentos.

Mc Clure basándose en estos estudios y en los suyos propios así como los de Richter y Braley estima que el hombre ingiere unos 1.200 a 1.500 ml ya sea como agua cruda, infusión, caldo, etc.

De esto deduce que, si un individuo habita donde el agua de consumo tiene de 2 a 3ppm, ingiere diariamente de 2,4 a 4,5 ppm solamente con el agua. Si de ésta cantidad el 30% a 40% del fluor se deposita en huesos y dientes, el tenor retenido diariamente por el organismo es de 0,7 a 1,8 mg/l.

En experiencias hechas por Largent y Meyrotti llevan la ingestión diaria a 6mg, considerando el aporte de los alimentos y líquidos ingeridos y recogiendo lo excretado por orina y heces se halló que el fluor no recuperado fué de un 40 a 80%.

En otro estudio con ingestión de distintos compuestos fluorados minerales como fluoruros de sodio y de calcio, hueso, criolita, etc. hallaron que el organismo almacena un 37 a 63%. Los autores estiman que los valores de almacenaje más frecuente está entre un 37 a 48%.

La mayoría de los autores consideran que el fluor eliminado se hace en un 80% por vía renal aunque otros lo elevan a un 88% . El resto se excreta por heces, transpiración, etc. Ello también está ligado al estado funcional de cada organismo:

Al existir una relación entre el fluor ingerido y el excretado por la orina, ésto permite que mediante la valoración del fluor eliminado pueda determinarse el riesgo de fluorosis dental u ósea.

Nosotros estimamos que en los niños hasta la edad de formación de todos los dientes permanentes la excreción urinaria no debiera superar los 1,5mg/l mientras que en un adulto esta eliminación no conviene supere los 2mg/l para evitar la mayor o menor tendencia a la osteopetrosis.

7 TECNICAS DE VALORACION DE FLUOR

7.1. Introducción

Existen muy diversas técnicas para valorar fluor. Una de las más usadas es la de Lamar por ser sencilla y precisa. Es utilizada por la mayoría de los laboratorios oficiales de nuestro país; tales como Obras Sanitarias de la Nación, Administración General de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires, etc.

Esta técnica colorimétrica se basa en que el color rojo de una laca formada por la alizarina y una sal de circonio en presencia de fluoruros se desplaza hacia el amarillo, con una intensidad tanto mayor cuanto más alto sea la cantidad de fluor presente en la reacción. Tal hecho fué descubierto por Boer y se debe a la formación de una sal compleja ($Zr F_6^-$).

Es una técnica útil, en especial para agua potable, pues en ella interfiere la materia orgánica, relativamente alta, los fosfatos, hierro, aluminio, arsenico, vanadio y cinc cuando supera los 5mg/l.

Según Lamar y Seegmiller, los sulfatos y bicarbonatos no interfieren mayormente en cantidades inferiores a 500 mg/l

y los cloruros hasta un gramo por litro.

En éstas cantidades los sulfatos equivalen a + 0.01mg de fluor y los cloruros a - 0.01 mg, es decir, que en parte, se compensan los errores por ser uno en más y el otro en menos. También aseguran que los nitratos en proporciones como se halla frecuentemente en las aguas de consumo, o lo que se usa como ácido nítrico, para neutralizar el exceso de alcali de un agua, no interfiere en forma que merezca ser tenido en cuenta. En cambio le atribuyen importancia a variaciones en el pH pues lleva a errores marcados.

En los casos en que no conviene utilizar la técnica de Lamar en forma directa, emplean la de Willard y Winter, que consiste en separar el fluor por destilación al estado de ácido fluosilícico determinándose luego sobre el destilado en la misma forma que ya hemos indicado más arriba.

7.2 - Valoración de Fluor en medios con abundante material interferente:

En aguas con mucha materia orgánica y sales minerales o cuando se desea conocer el fluor excretado con la orina por un individuo y valorar así la potencial fluorosis a que se

halla expuesto el mismo se ha utilizado la siguiente técnica en oportunidad de su investigación.

En capsula de porcelana se vuelca 100ml de orina y se evapora en baño María, previa neutralización con una gotas de solución normal de NaOH y agregado de 200 mg de hidroxido de calcio y un gramo de carbonato de sodio. De esta manera se tiene un medio fuertemente alcalino, fijandose el fluor por la presencia del ión calcio.

Una vez bien seca la muestra se lleva a la mufla y se calienta a 520°C ($+5^{\circ}\text{C}$) durante 15 minutos. Se saca, se deja enfriar, se humecta con 2 a 4ml de agua destilada y nuevamente se lleva a seco y luego se calcina durante otros 15 minutos a esa misma temperatura.

De esta manera se obtienen cenizas blancas o blancas grisáceas que aseguran la destilación cuantitativa del fluor presente. Si aún no se alcanzan cenizas suficientemente claras repetir la humectación y calcinación por tercera y aún por una cuarta vez, si es necesario.

Estas cenizas se pasan, con el menor volumen de agua destilada posible a un balón Claisen de 125cm^3 de capacidad, donde se le agrega, con cuidado y enfriando, 30ml de ácido sulfurico 1+1, un gramo de sulfato de plata, unos trocitos de sílice, previamente tratados con ácido sulfurico conc. en caliente, lavados y calcinados y unas perlititas de vidrio.

De esta manera se facilita la formación de ácido fluosilicico y se evita la destilación de cloruros, al tiempo que se regulariza la ebullición evitando proyecciones.

Se destila haciendo pasar vapor fluente, pero es conveniente no hacerlo hasta que la temperatura de destilación haya alcanzado los 125° a 130°C, luego se destila de 140 a 180 ml más, a temperatura de 134° a 136°, promedio 135°C, recogiendo el menor volumen posible, generalmente entre 200 y 250ml en total. Una vez alcanzada la temperatura ideal el tiempo de destilación debe estar entre 45 minutos y una hora.

El líquido que se destila se recoge sobre unos 2ml de solución de NaOH(1N) a los efectos de alcalinizar el líquido que siempre pasa ácido. Se debe colocar también un trocito de papel tornasol, de manera que nos permita saber si el destilado se mantiene alcalino, si así no ocurre, agregar más solución de hidroxido de sodio de forma de mantener la reacción del medio ligeramente alcalina (cuidar de no agregar un exceso de alcali) ya que ello puede interferir por variación del pH en la exactitud de la determinación del fluor.

De esta manera se evita también la engorrosa tarea de efectuar una segunda destilación como aconseja Churchill, cuando el líquido destilado se halla contaminado por un exceso de fosfatos que interfiere en la reacción de la alizarina.

La técnica de destilación se basa en lo propuesto por Willard y Winter. Luego se sigue la marcha de W.Lamar o la de Megregian Maier basada en dicha técnica.

7.3-Técnica de valoración de Fluor en agua.

1° Solución patrón de fluoruro de sodio: Se obtiene disolviendo 0,221g de FNa purísimo y seco en 100 ml de agua destilada. Un ml de ésta solu

ció.

contiene 0,1mg de ion fluor.

2°) Solución tipo de fluoruro de sodio: Se prepara por dilución de 10ml de la solución anterior hasta un litro, con agua destilada. Un ml de esta solución contiene 0,01mg de ion fluor.

3°) Solución de alizarinsulfonato de sodio: Disolver 0,148 gr de alizarinsulfonato de sodio en agua destilada y llevar a 100ml.

4°) Solución de nitrato de circonilo : -Disolver 0,736 g de nitrato de circonilo deshidratado $(NO_3)_2 ZrO_3 \cdot 2H_2O$ en agua destilada hasta completar 100 ml.

5°) Solución 1,8N de ácido sulfúrico: -Sobre 800 ml de agua destilada volcar 50ml de ácido sulfurico $D=1,84$, enfriar y completar a volumen de un litro.

6°) Indicador ácido: Se prepara en matraz aforado de un litro donde se pone 100ml de agua destilada a los que se agrega 25ml de solución 4°) de nitrato de circonilo; luego lentamente y agitando bien, se añade 25 ml de la solución 3°) de alizarinsulfonato de sodio; llevar todo a 500ml con agua destilada. Por último agregar 500 ml de la solución 5°) de ácido sulfurico 1,8N. Esta solución puede utilizarse una hora después de preparada.

Más corrientemente es utilizada la técnica de Megregian-Maier, bastante similar al anterior, y cuya lectura se efectúa utilizando un espectrofotometro que posee fotometro de filtro en $520-550m\mu$, con un trayecto de luz de 1 cm cuanto menos. La solución patrón de fluor se prepara en la misma forma que en el caso anterior.

La solución de rojo de alizarina se prepara disolviendo 0,75 gr de alizarinmonosulfonato de sodio (rojo de alizarina) en agua destilada, llevando a un litro. Se debe proteger de la luz solar directa.

Solución acida de circonio: Se disuelve 0,354g de oxiclورو de circonio octahidratado $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ en 600-800ml de agua destilada. Se agrega lentamente con agitación 33,3 ml de SO_4H_2 conc. y 101 ml de HCl conc. se enfría a temperatura ambiente y se diluye a un litro con agua destilada. Puede usarse luego de una hora,

Se debe preparar una curva de calibración con la solución patrón la que será actualizada cada vez que se prepara nuevo reactivo.

La curva de calibración se hace de la siguiente manera: Se preparan patrones de fluoruro entre 0 y 2,50mg/l de fluor llevados a volumen de 100ml. Se agrega a cada tubo 5ml de solución de rojo de alizarina y 5ml de la solución de circonio; se mezcla bien y se deja reaccionar por 60 minutos + 2 minutos y se lee en el fotocolorímetro previo ajuste de este a cero de absorbancia con agua destilada.

Con la muestra se procede en la misma forma. En caso de contenido alto de fluor se debe tomar una alícuota y llevar a 100 ml. Si el agua tiene cloro se debe neutralizar este utilizando una solución de arsenito de sodio la que se prepara de la siguiente manera: tomar 5gr de $AsO_2 Na$ y disolver a un litro con agua destilada.

El cálculo del fluor obtenido se efectúa de la siguiente manera:

$$\text{mg/l F.} = \frac{\text{mgde F} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Con esta técnica se obtiene una precisión de $\pm 0,05\text{mg/l}$ de F.

Otra técnica que se está utilizando con buen resultado y que se halla en los "standard methods" for the examination of water and wastewater" es la del SPADNS - donde se utiliza el SPADNS 2 (Parasulfofenilazo) 1.8 dihidroxi-3.6 naftaleno disulfonato sódico.

La velocidad de reacción entre los iones fluoruro y circonio es sensiblemente influenciada por la acidez de la mezcla de reacción, y aumentando la proporción de ácido en el reactivo, la reacción se puede verificar en forma casi instantánea, sin embargo, bajo tales condiciones difieren los efectos de los distintos iones de aquellos de los métodos convencionales de la alizarina. La selección del colorante para este método rápido de fluoruro se determinó, en gran parte, por su tolerancia a estos iones.

Se necesita uno de los siguientes equipos: a) espectrofotometro, para usarse a $570\text{ m}\mu$, con un trayecto de luz de 1cm , por lo menos. ó

b) Fotómetro de filtro, con un trayecto de luz de 1cm , cuanto menos, provisto de un filtro verde amarillento que tenga su transmitancia máxima a $550 - 580\text{ m}\mu$. Con esta técnica se obtiene una precisión de $\pm 0,05\text{mg/l}$ de F. Afectan notablemente a la exactitud la temperatura de la muestra, las interferencias y la medición de los reactivos.

Actualmente también hay electrodos específicos para valorar rápidamente el contenido de fluor en agua.

El principio de los mismos radica en la diferencia de potencial existente entre un electrodo específico y un electrodo de referencia colocado en una misma solución; es una función de la actividad de los iones correspondiente al electrodo específico. Su costo y cuidado de manejo aún lo hacen algo inusual en nuestro medio.

8 - EL FLUOR EN LAS AGUAS DE LA REPUBLICA ARGENTINA

En la República Argentina existen numerosos abastos de agua, cuyo contenido en fluor excede el máximo tolerable de 2mg/l, establecido por la Comisión de Normas para aguas de bebida.

Para mayor información a la calidad de las aguas del país, puede consultarse el libro publicado por Obras Sanitarias de la Nación, (año 1942) titulado "El problema del agua potable en el interior del país" toma II.

La frecuente presencia de exceso de fluor en el agua en abastos individuales y colectivos en varias Provincias de la República Argentina hace necesario profundizar no solamente el mejor conocimiento de la calidad de las aguas que consume la población sino también la forma de eliminar ese excedente mediante una técnica suficientemente estudiada y accesible economicamente.

Con solo recorrer la larga lista de pueblos y ciudades cuyas aguas fueron analizadas podrá apreciarse la cantidad de ellas que exceden de 1,8mg/l o 2ppm de fluor.

La Provincia de Buenos Aires es una de las provincias argentinas mas estudiadas en cuanto a la calidad de sus fuentes de aguas, con relación a su contenido salino y presencia de micro componentes químicos, que como en el caso particular del fluor son dignos de la mayor atención.

En las planillas 1 al 14 se aprecia el contenido de fluor de algunas fuentes, de esta Provincia.

9 - MATERIALES DEFLUORANTES

Desde que se conocen los efectos del fluor cuando se encuentra en exceso en las aguas para consumo humano se ha investigado e investiga la mejor manera de quitarlo en forma economica y aplicable para abasto público.

De todos los medios utilizados en la defluoración los más aptos fueron el hueso, el fosfato, el calcio y la alumina activada inclinándose hacia el uso de uno u otro según el costo y posibilidades de obtención dentro de cada país.

El fosfato de calcio puede prepararse a partir de ácido fosforico de elevada pureza y lechada de cal.

En USA se puede obtener el "Fluorex" que es una mezcla de fosfato de calcio y apatita hidratada. Tiene alta porosidad y capacidad de intercambio.

Se ha ensayado aunque también con poco éxito, sales de magnesio y carbón activado.

Es posible defluorar mediante el uso de resinas de intercambio, por electrodialisis y por osmosis inversa. Pueden ser útiles si al mismo tiempo se necesita desmineralizar parcialmente el agua. En caso contrario cualquiera de éstos procedimientos resultan más costosos que el empleo de lechos de hueso que retienen el fluor.

9.1 Hueso Dentro del amplio espectro de ensayos de medios y elementos utilizados en la defluoración de agua con buena o aceptable mineralización, pero elevado y a veces gran exceso de fluor, nos hemos referido al hueso como el más apropiado por su rendimiento y posibilidades de obtenerlo. Este material que en una planta de defluoración

Constituye el elemento vital para alcanzar el propósito de quitar cualquier exceso de fluor, por grande que este fuera. Se necesita de un tratamiento previo indispensable, para que resulte apto a los fines perseguidos y rinda al máximo, tanto en capacidad de intercambio como en vida útil.

Siempre que nos referimos a hueso se habla del vacuno ya que otros no han sido ensayados; por ser los primeros la base de nuestra industria ganadera, de consumo tanto interno como de exportación. El hueso debe ser preferentemente de pata.

Como todo subproducto de una industria, en este caso la de los frigoríficos y mataderos, tiene un mercado de gran aceptación. Sea como materia prima incorporada a ciertas fórmulas de alimentos para aves y animales, etc. que lo cotiza aquí también por su calidad, grado de pureza, etc.

En el caso especial del uso como defluorante la exigencia a cumplir es más severa que para cualquiera de los usos que se le dá comunmente.

Los huesos generalmente son sometidos a un proceso de digestión para extraer la mayor cantidad de grasas y proteínas que luego son comercializadas. Una vez agotado éste, (siempre mantiene algo del material que lo acompañaba, grasas y proteínas) semuele y embolsa.

Este hueso constituye la materia prima que servirá luego como defluorante.

Todo esto conduce, en manos especializadas a salvaguardar la salud de quienes potencialmente se hallen expuestos a una fluorosis.

9.1.1. - Fuentes.

Durante muchos años para todos los trabajos de laboratorio se utilizó el hueso que producía el Frigorífico Swift instalado en el partido de Berisso quien, siempre lo cedió gratuitamente.

Este material tenía una granulometría apropiada pero un contenido de grasa y proteínas siempre alto, entre 1,00 y 3,4% de material extraíble por éter en el Soxhlet.

Las características granulométricas del hueso, en general, respondía a estos tamaños.

Pasa tamiz n°4 (4,76mm) - 100 %

Pasa tamiz n°8 (2,38") 85%

Retiene " n°30(0,59") 95%

" " n°40(0,42") 100%

Constituía una granulometría apropiada para el uso como defluorante, una vez desprovisto del material orgánico que lo acompaña.

- Con el cierre del Frigorífico Swift hubo que buscar en otros frigoríficos no muy alejados de La Plata, un hueso igual o similar al mencionado.

Fue así que se recurrió a un frigorífico de Cañuelas, otro de Quilmes y un tercero de Merlo quienes proveyeron un hueso bastante apropiado para continuar el trabajo emprendido.

Estos huesos son de forma algo más irregular, las

partículas de alguno de ellos son más planas, no tan redondeadas y uniformes y en general son de tamaño más variable, algunos algo gruesos, aunque siempre de granulometría apta para el uso a darle en la defluoración.

La composición de estos huesos no difiere mucho con el del F.Swift aunque contiene mayor cantidad de material proteico y menos grasa. También suele retener algo más de humedad de acuerdo a los análisis realizados.

Algunos de los huesos utilizados en los ensayos previo calcinado para liberarlos del material organico ofrecen las características dadas en Planillas nº15 a 17.

A través de lo realizado hasta el momento se ha podido apreciar que existe abundancia de hueso y que el mismo es comercializado con una granulometría que resulta conveniente para ser utilizado como defluorante.

Este material apto solo necesita quitarle la grasa y protefna residual que acompaña al mismo.

1.2.- Requisitos que debe cumplir el hueso como material defluorante.

Estas condiciones son las siguientes:

- 1°- Ser de forma preferentemente redondeada, no como agujas o láminas aplanadas.
- 2°- Contener baja concentración de grasa y material proteico. No llevar incorporado pezuña (siempre menor de 1%). Libre de tierra, arena y otras impurezas del medio.
- 3°- Una granulometría que pase en un 100% el tamiz n°4(4,76 mm). No más de 20% de material retenido por tamiz n°8(2,38 mm). No menos de 99% de material retenido por tamiz n°30 (0,59 mm). El 100% ha de ser retenido por tamiz n°40(0,42 mm).

En la compra de este material el oferente deberá indicar el porcentaje de humedad, protefna y grasa contenido en el hueso que se ofrece ya que todo ello se pierde durante el proceso a que se ha de someter el hueso para hacerlo apto en planta desfluoradora. También se indicará su riqueza en fosfato como P_2O_5 .

El mejor medio para eliminar las impurezas orgánicas del hueso más el exceso de humedad, es mediante el tratamiento térmico.

Con un quemado apropiado puede destruirse todo lo orgánico sin que el hueso pierda sus propiedades de intercambio frente al fluor presente en el agua. Adquiere éste, en cambio, una gran porosidad aumentando la superficie útil del hueso.

El tratamiento corrientemente utilizado para desengrasar el hueso, hasta ahora, es mediante el uso de soda

caústica al 10-20% y aún 30%, en caliente.

De esta manera, si se quiere un hueso más o menos apto se necesita unas condiciones tan severas de concentración, calor y repetición del tratamiento, que provocan fuertes pérdidas de hueso.

Aún así, por lo general, queda un resto de materia orgánica que puesto en planta, origina sobre todo en paradas o funcionamiento intermitente olores que se transmiten al agua haciéndola inapta para el consumo a menos que se le quite el olor desagradable mediante pasaje por carbón o por ozonización.

Ello se debe al desarrollo microbiológico originado en el lecho como consecuencia de la presencia de materia orgánica residual presente en el hueso. Este residual es muy difícil de quitar una vez instalado el hueso en el lecho.

Se ensayó también desengrasar el hueso con diversos detergentes de plaza a temperatura de 40-45°C pero ninguno de ellos dieron resultados valederos.

Quizás soda y detergente permita un mejor desengrase pero no la eliminación de todo el material orgánico que siempre acompaña al hueso, el cual, en determinadas condiciones de uso origina problemas posteriores de olor y sabor en el agua que ha estado en contacto con el material defluorante.

El hueso lleva consigo, además de grasa, material proteico, carne, cartilago, tendones, etc. que la soda o el detergente no extrae en forma completa mientras que la calcinación los degrada y carboniza hasta hacerlos inocuos e indiferentes al proceso de combinación y recombinación que se produce con el fluor y la soda,

en el proceso de defluoración y regeneración del hueso. Queda solo un resto carbonoso que no interfiere mayormente en el proceso de intercambio.

Este problema que tantos inconvenientes a traído a las plantas defluoradoras en servicio y a la reposición de mantos ha sido resuelto mediante un quemado controlado en cuanto a tiempo de exposición, aire inyectado y temperatura alcanzada.

Uno de los principales problemas que se han presentado en la defluoración de las aguas lo constituyó la dificultad para obtener un hueso correctamente desposeído del material orgánico sean grasos o protéicos. Esta exigencia es indispensable no solo para alcanzar un mayor rendimiento en el intercambio, sino también y en especial para no alterar los caracteres organolépticos del agua original, tan importante para el consumidor.

Por lo general, la mayoría de los usuarios desconocen el perjuicio que origina el agua con exceso de fluor debido a que éste no se manifiesta en el gusto, olor, color, etc., aunque sí, en el manchado de los dientes de los niños, como consecuencia del ataque al esmalte del mismo.

Si no se alteran los caracteres organolépticos el agua es consumida sin inconvenientes. Por el contrario sí, como consecuencia de la defluoración y por el hecho de haberse utilizado un hueso mal desengrasado se producen cambios en el aspecto, sabor, olor, etc., se provocará su rechazo. Esto debe admitirse dado que una de las condiciones primordiales del agua potable es que debe ser: límpida, incolora, inodora y de sabor no desagradable.

Estos inconvenientes no se producen cuando se usa un hueso bien tratado. Se reconoce que la mayor dificultad que presenta es el desengrase hasta los límites a que se hace referencia más adelante. Esto no es sencillo ya que en la técnica de la soda caustica se deben usar concentraciones elevadas y en repetidos pasajes a temperaturas moderadas, lo cual origina fuertes pérdidas de hueso.

Estas pérdidas son elevadas como ya hemos dicho. No obstante ello, muchas veces no se alcanza, en forma plena, una calidad ideal.

Para evitar dificultades con los usuarios debe asegurarse, antes de poner en servicio la planta, que se dispone de un hueso bien desengrasado para lo cual ha de practicarse al mismo una extracción de grasa con la técnica del Soxhlet. Esta no debe superar, luego de evaporar el solvente a 110°C hasta peso constante, el valor aceptable de 0,03%. Podrá admitirse hasta un máximo de 0,05% dado que, por funcionamiento de la planta en forma continua al cabo de sucesivas regeneraciones utilizando soda al 1-1,2% hace decrecer el contenido de grasa al límite más bajo. Niveles mayores producirán agua con olor y sabor desagradable, tanto más perceptibles cuanto mayor sea el contenido de grasa residual en el hueso. Esto se verá incrementado cuando se detiene la planta durante la noche o por un período mayor de tiempo.

Si el período de inactividad se prolonga, puede originarse en el manto un marcado desarrollo de bacterias y hongos, favorecido por la presencia de restos grasos y proteícos, exaltándose aún más el olor y sabor desagradable del agua provocando su rechazo.

El tratamiento con soda con desengrase tan bajo como 0,03% no significa eliminar totalmente el material proteico y al no hacerlo se deja en el hueso un nutriente apto para el desarrollo de microorganismos y con ello la producción de olores y sabores desagradables en el agua tan pronto como se originen condiciones favorables, como ser detención de la planta, temperaturas altas con escasa movilización del agua, etc.

Esta presencia de material organico se pone de manifiesto calentando el hueso considerado como muy bien desengrasado por la soda, a temperaturas arriba de los 300°C. Se producirá el total ennegrecimiento del hueso, signo de la presencia de la materia organica representada por un resto de grasa y bastante material proteico.

Otra forma de visualizarla es dejando la columna con hueso humectada y fuera de servicio, un tiempo, variable, según el contenido de material organico y temperatura ambiente se producirá en el agua que se haga pasar a través del filtro, un olor muy desagradable, sulfuroso, índice que se está en presencia de material organico con contenido de azufre, propio de una protefna y no de una grasa.

Sea cual fuere el resultado obtenido por el Soxhlet y aún cumpliendo el requisito del contenido en grasa, o el desengrase por el calor, el hueso debe ser siempre sometido a un ensayo de rendimiento en columna para determinar su capacidad de intercambio. El hueso en tres corridas sucesivas debe rendir no menos de una extracción de fluor de 1,2gr de Fluor por kg de hueso. Se debe utilizar agua natural con exceso de fluor y a pH no mayor de 7,6. Las aguas fluoradas artificialmente no sirven para valorar capacidad

de extracción debido a que este es mucho más fácilmente extraíble.

El hueso tratado por calor, una vez instalado en la columna de intercambio debe ser bien lavado a contra corriente para quitar pequeñas partículas, en especial de carbón, reduciendo así el color que puede transmitir al agua en sus primeras carreras.

Por razones de orden sanitario y como corresponde a un agua para beber es conveniente clorar la misma. Es aconsejable agregar el cloro antes de su ingreso a los lechos de hueso y en cantidad suficiente para que a la salida del mismo y después de media hora de contacto, mantenga un residual de cloro de 0,15 a 0,30mg/l. Si existen restos orgánicos en el hueso, este cloro, puede originar un incremento en el olor y sabor del agua. Por el contrario, si este ha sido originado por un desarrollo de microorganismos, bacterias, hongos, etc. al actuar el cloro no podrán sobrevivir con lo cual desaparece una de las razones principales del olor y sabor del agua.

En plantas defluoradoras que emplean hueso desengrasado con soda, se deben extremar las precauciones cuando el funcionamiento es discontinuo dado la frecuencia con que se presentan problemas de olor y sabor y la facilidad con que se desarrollan microorganismos como bacterias y hongos. Por ejemplo, trabajando durante el día y detenida de noche. Si al día siguiente al reiniciar el funcionamiento, el agua producida tiene olor, debe desecharse mientras persista éste. Conviene incrementar el cloro antes de la detención de la planta de manera que el agua que embebe el lecho defluorante tenga suficiente concentración para impedir el desarrollo microbiológico, y salga finalmente con un residual de cloro no inferior a 0,15 mgr/l.

10. TECNICAS DE DESENGRASE

10.1 - Desengrase con soda caústica

Algunos autores aconsejan desengrasar el hueso de la siguiente manera: cubrir el hueso con soda caústica al 30% calentada a temperatura de 60°C, remover durante 30 minutos. Volcar la soda dejando escurrir bien todo el líquido. Volver a cubrir con solución de soda al 30%, manteniendo la temperatura en los 60°C, volcar la soda, lavar y neutralizar la soda restante con un ácido diluido. Debe valorarse la grasa y si esta permanece demasiado alta, repetir la operación hasta alcanzar condiciones apropiadas.

Las temperaturas más usadas para el desengrase con soda son las de 40 a 50°C. Temperaturas mayores pueden originar el ablandamiento del hueso que se deforma y pulveriza.

El desengrase del hueso mediante soda caústica al 30% y temperatura, además de requerir un volumen grande de soda, origina una fuerte pérdida de éste, lo cual encarece el tratamiento.

Previo al desengrase, si se desea aprovechar al máximo el hueso, conviene utilizar el recogido entre tamiz n°4 (4,76 mm) y n°30 (0,59mm), debido a que con el desengrase reduce su tamaño. Luego en Planta se utilizará el material que pase en un 100% el tamiz 4 y no menos del 80% pase Tamiz n°8 (2,38mm) y sea retenido por tamiz 30 (0,59mm) en un 99%. Si resta algún material desengrasado más grueso puede molerse

e incorporarlo a la granulometría indicada.

La valoración de la grasa residual se realiza por el método del soxhlet, evaporado, secado a 105-110°C, hasta pesada constante.

Para evitar dificultades con los usuarios debe asegurarse, antes de poner en servicio la planta, que se dispone de hueso bien desengrasado para lo cual ha de practicarse al mismo una extracción de grasa con la técnica del Soxhlet.

El olor y sabor desagradable que puede tomar el agua en contacto con el hueso será tanto más perceptible cuanto mayor sea el contenido de grasa residual. Este se verá incrementado cuando se detiene la planta durante la noche o por un período de tiempo mayor.

El hueso no totalmente desprovisto del material orgánico puede originar en el manto un marcado desarrollo de bacterias y hongos favorecidos por éste, exaltándose aún más el olor y sabor desagradable.

Sea cual fuere la calidad del hueso que se va a utilizar el mismo debe ser sometido a un ensayo de rendimiento en columna para determinar la capacidad de intercambio. Cualquier hueso para ser considerado apto debe rendir, en fluor extraído, no menos de 1,2gr de fluor por kilo de hueso, en promedio de tres corridas y sus respectivas regeneraciones.

El hueso es apto para cualquier agua siempre que sea límpida ya que el material en suspensión al depositarse sobre el hueso puede alterar las condiciones del intercambio.

10.2 - Desengrase mediante el uso de calor.

10.2.1 - Generalidades

Se sabía que en los E.E.U.U. se había ensayado incinerar el hueso para quitar el material orgánico que lo acompaña. Este método fue poco usado ya que les resultaba, por su costo, más conveniente el uso de la alumina activada o bien el fosfato tricalcico preparado.

Siendo aquí el hueso material más económico se decidió ensayar el quemado del mismo tratando de solucionar todos los inconvenientes que presenta para llegar a un resultado satisfactorio.

El hueso desengrasado con soda provocaba pérdidas exageradas 60 a 75%, además durante un tiempo pueden originar olores en el agua que se agudizan en la puesta fuera de servicio de las columnas de filtración durante los fines de semana.

Pese a que en algunos trabajos se menciona que con la incineración del hueso el rendimiento es algo menor y como no se detalla en ninguno de los trabajos que llegaron a nuestras manos la técnica en todos los aspectos para alcanzar un buen quemado; se decidió iniciar su estudio. Se efectuaron experiencias con hueso tratado a distintas temperaturas y tiempos.

Las temperaturas variaron entre 350° y 700°C. En estos dos extremos se obtuvo un hueso no apto. El primero quemado a baja temperatura por ser carbonoso e insuficientemente desprovisto de su material inerte (grasas y proteínas) mientras que aquel hueso cuya temperatura llegó a los 700°C se vió inactivado por exceso de calor.

Estos inconvenientes se solucionan utilizando hueso calcinado a la menor temperatura posible que asegure el buen quemado de todo el material organico que lo acompaña sin que éste pierda capacidad de intercambio.

Para quemar la grasa y otros restos organicos presentes en el hueso, se ensayaron distintas variantes empleando pequeños volúmenes para poder realizarlo en una mufla de laboratorio. Se utilizó en un primer momento, capsulas de porcelana luego, para una mayor uniformidad de capa se emplearon bandejas de metal. Se utilizaron cantidades entre 50 y 400grs.

Las temperaturas mínimas y máximas estuvieron entre 350°C y 700°C con diversos tiempos de exposición.

A 700°C el hueso no solo queda de color blanco por haber perdido toda materia organica adherida al mismo, sino también modifica su estructura físico-química, perdiendo los grupos activos que le dan capacidad de intercambio con el fluor. Se vuelve totalmente inactivo en forma irreversible. En ningún caso debe llegarse a esos extremos.

Con temperaturas menores y tiempo de exposición variables, se obtuvo un hueso de características adecuadas en el contenido organico, rendimiento y calidad del agua.

El quemado en mufla de laboratorio, dada la característica de la misma no fue posible alcanzar niveles de aireación medianamente apropiados ni remoción continua, necesaria para un mejor quemado.

Para resolver este aspecto se hizo construir un horno rotatorio, de velocidad variable, con inyección de aire regulable, a efectos de determinar las condiciones apropiadas; dentro de las cuales se pudiera obtener un material eficaz como defluorante, que no fuera capaz de transmitir olor, sabor y color objetable al agua resultante.

El horno está provisto interiormente de aletas que facilitan el mezclado a medida que se quema, favorecido por una corriente de aire.

Al final del informe se acompañan planillas indicadoras de la forma en que se realizó el quemado y todo lo referente al hueso obtenido: características, rendimientos, aspecto, etc.

En ellas se aprecia que el hueso puede ser quemado, con buen resultado, empleando temperaturas entre 400°C y 600°C. Las más favorables han resultado aquellas entre 450° y 550°C. En todos los casos es conveniente reducir el tiempo de quemado. Tanto más cuanto mayor es la temperatura utilizada acompañado siempre de una buena aireación.

Tomando el tiempo desde el momento en que el hueso comienza a emitir abundante humo, la calcinación conviene ejecutarla en no más de 30 a 45 minutos. Una vez alcanzada la temperatura deseada mantenerla por unos 5 a 10 minutos, según el grado de temperatura utilizada.

Temperaturas entre 420° y 615°C resultaron aptas si bien se consideraron que en ambos extremos no son las temperaturas óptimas.

El primer intento se hizo quemando en cápsula de porcelana en pequeñas porciones. Llevado a 700°C, se lo mantuvo a esa temperatura, hasta que presentó un aspecto blanco indicador de que todo el material orgánico había sido destruído.

Así fue en efecto, pero ese hueso puesto en columna de ensayo no rindió en absoluto. El hueso se había clinckerizado y por lo tanto incapacitado de efectuar intercambio alguno.

Esto era índice de que la temperatura y o la permanencia era demasiado elevada y como consecuencia, no solo se destruía la materia orgánica sino también se originaban cambios en la estructura química de las sales minerales que componen el hueso.

El desengrase mediante el empleo de calor puede dar buena solución al problema pero ha de quedar bien sentado que su técnica es delicada, ya que debe incinerarse lo orgánico sin afectar la estructura inorgánica, de ocurrir esto último, el hueso pierde la capacidad de intercambio de manera irreversible, quedando inutilizado en forma permanente y total.

Para alcanzar una correcta destrucción de lo orgánico sin pérdida de capacidad de intercambio del hueso, a escala de laboratorio, y en horno pequeño, se calcinaron porciones de 250-350grs, ensayando

distintas temperaturas y tiempos.

Se utilizaron temperaturas entre 300 y 650°C y tiempos de calcinación variable entre una hora y 15 minutos según la temperatura utilizada, que fueron en especial las de 350; 450; 550 y 600°C. En todos los casos se procedió a remover el hueso con frecuencia para que el quemado fuera lo más uniforme posible. También se trató de darle poco espesor a la capa de hueso en combustión.

La temperatura y tiempo de quemado óptimo para estas experiencias estuvieron entre 480° y 550°C con un tiempo total de quemado que varió entre 20' y 30'.

Aquel material obtenido con las temperaturas más promisorias presentaban sin embargo un color demasiado oscuro y puestas en columna si bien rendían satisfactoriamente transmitían durante un tiempo, a veces bastante prolongado un color demasiado amarillento al agua defluorada, por lo que conviene lavarlo previamente. Este color se atribuyó a que el quemado en mufla no permitía la aireación necesaria durante dicha operación dado que el hueso viene siempre acompañado de grasa y de bastante cantidad de material proteico no extraíble por eter.

Se continuaron con los ensayos de hueso calcinado en mufla tratando de determinar mejor las temperaturas y los tiempos que pudieran resultar más aptos.

Las características de algunas de las columnas, temperaturas y tiempos utilizados para la calcinación del hueso, rendimientos, etc. se dan en las planillas n°18 y 19.

Todas las columnas se armaron con 200 grs de hueso, utilizando caños de vidrio pifrex de 36mm de Ø interno y 60 cm de largo. Un ejemplo de estas columnas es el siguiente:

- <u>Peso</u> de hueso calcinado	200 grs
- Altura del manto	29 cms
- Diámetro de columna	3,60 cms
- Volumen del hueso	290 cm ³
- Superficie filtrante	10,17 cms ²
- Tamaño del hueso	0,84 a 2,38 mm

El rendimiento del hueso es muy similar al desengrasado con soda con tendencia a ser algo cambiante según la temperatura y tiempo de exposición.

10.2.2. Ventajas del uso de calor

Por los resultados alcanzados en escala de laboratorio, el uso del calor en forma apropiada permite obtener un hueso apto sin problemas de material orgánico residual ni variación de los caracteres organolépticos en el agua tratada. No trasmite color, o este es escaso y solo en los comienzos. Ofrece otras ventajas tales como: la pérdida de material ha variado entre el 35 a 45% en vez del 60-75% originado por la soda. Además se ha observado que el hueso desengrasado con soda, colocado en columna de vidrio y dejado húmedo y fuera de servicio, al tiempo desarrolla abundantes bacterias y hongos, dándole un aspecto desagradable y cuando se lo usa nuevamente, el agua defluorada suele tomar, por un tiempo, gusto y olor. Por el contrario, el hueso desengrasado por el calor a igual tiempo fuera de servicio, 3 - 4 y aún más semanas, no producen alteraciones en el mismo, ni en los caracteres físicos del agua defluorada, atribuible al bajo contenido de material orgánico.

En general se indica, la conveniencia de que cuando se pone fuera de servicio una planta defluoradora por algún tiempo, se la debe dejar cargada con agua clorada hasta un residual de 0,4-0,5mg/l de cloro; si el manto se halla muy compactado conviene un previo lavado a contracorriente para fluidificarlo.

Si queda largo tiempo fuera de servicio, periódicamente debe renovarse el agua clorada (0,5mg/l), controlando sus condiciones.

El hueso permite defluorar aguas cloradas (0,2 - 0,5mg/l cloro) sin inconveniente.

10.2.3 - Uso del aire.

Otro factor importante lo constituye el aire. Este debe inyectarse de manera de airear el hueso en forma homogénea en toda la masa, para facilitar la combustión, reducir el carbono residual y disminuir el tiempo de quemado evitando prolongarlo en demasía.

A medida que se eleva la temperatura de calcinación es conveniente reducir los tiempos de exposición tanto más, cuanto más elevada es la que se quiere alcanzar.

Pasando los 600°C se corre el riesgo de inactivar el hueso. A 700°C se inactiva.

Las temperaturas útiles más elevadas van de 580° a 615°C. Tienden a originar mayor cantidad de hueso desmenuzado en forma de polvillo no utilizable por su escasa granulometría. Para evitar este inconveniente se ha de reducir el tiempo de quemado.

Las pérdidas por calcinación son más bajas que las originadas por el uso de soda.

El hueso obtenido en un buen quemado posee, mejores condiciones para la defluoración de aguas.

Las pérdidas más comunes están en el orden de 22 a 25% y del resto un 0,5 a 2% es polvo que pasa el tamiz 40, es decir, inferior a 0,42mm.

Para todas las experiencias realizadas se utilizó hueso triturado cedido gentilmente por la firma SWIFT LA PLATA quien a nuestro pedido hizo llegar todo el material necesario.

En una primera remesa el hueso presentó un contenido de grasa de 2,4 a 3,4%.

Hecho pasar entre tamices n°8 (2,38 mm) y n°40 (0,42mm) arrojó el siguiente resultado:

Retenido por tamiz n°8 = 5 a 12%
Pasó " " n°30 = Inferior a 1%
Retenido por tamiz n°40= la totalidad

Más tarde se experimentó con huesos de otras procedencias con resultados distintos. Con el quemado, alguno de ellos originan pérdidas de hasta el 50%.

Todo el hueso así obtenido fué sometido luego a ensayo de rendimiento, capacidad de intercambio, granulometría, y según las variantes ensayadas se determinó también la superficie específica del mismo.

El quemado adecuado, asegurando una buena capacidad de intercambio dá como resultado un hueso de color grisáceo que, al humectarlo, toma color marrón, pardo o gris más o menos oscuro, dependiendo de la mayor o menor aireación y temperatura de quemado, aunque influye más la primera.

Cuando la aireación es la apropiada y se distribuye en toda la masa, el hueso resultante es más claro, amarronado y uniforme su color. Por el contrario si la aireación es irregular el hueso presenta tonalidad entre marrón y negro.

Si el aire es insuficiente el color será oscuro, casi negro, dependiendo su intensidad, del tiempo y temperatura utilizada.

De todas maneras cabe destacar que el hueso

obtenido por acción del calor puede dar, con frecuencia, al comienzo de la primer carrera, agua de color más o menos amarillenta según temperatura y forma de quemado.

El agua coloreada carece de olor y sabor. Esto es consecuencia del bajo contenido del material orgánico y por lo tanto extraíble por éter (grasa) que caracteriza al hueso bien quemado. Se ha observado, en algunas oportunidades, huesos calcinados cuyo rendimiento en la primera corrida no era el apropiado frente a un agua de alto contenido en fluor como pueden ser las de Ameghino, Médanos u otras, con valores de 12-16mg/l. En un primer momento y hasta no ser regeneradas por primera vez, el residual de fluor del agua tratada contiene de 2,5 a 5mg/l de este elemento, normalizándose después.

Si el hueso está bien quemado y por lo tanto desengrasado, una vez cumplida la primera regeneración, la capacidad de retención de fluor por el hueso mejora y con ello también la carrera y consecuentemente el rendimiento de la columna.

Con una segunda regeneración se estabiliza la capacidad de intercambio del hueso, alcanzando los niveles normales al tiempo que no se aprecia color ni olor remanente objetable. En estas condiciones la puesta fuera de servicio de la planta durante la noche, o la detención por 2 o 3 días, no afecta la calidad del agua obtenida al ser habilitada nuevamente. Igual resultado se alcanzó luego de haber mantenido las columnas fuera de servicio por más de un mes, dando un agua sin alteración alguna.

10.2.4. Proceso de quemado en horno rotatorio

10.2.4.1 Introducción

Las condiciones operativas del quemado en mufla de laboratorio no fueron las apropiadas por ser pequeña y sin aireación ni remoción de material en forma continua y regular. Se estimó que una buena aireación es indispensable para un quemado eficiente a menos temperatura y tiempo.

Para valorar debidamente todos los aspectos ligados al mejor quemado del hueso, se hizo construir un horno giratorio con baffles, inyección de aire, registro de temperatura y velocidad de giro graduada, con el cual se pueda determinar cuales son las condiciones óptimas para alcanzar el quemado de toda la parte orgánica del hueso sin afectar la capacidad de intercambio ni modificar la calidad del agua obtenida en sus caracteres organolepticos.

10.2.4.2. Descripción del horno utilizado en las investigaciones de laboratorio.

El horno empleado para las investigaciones a escala de laboratorio, fué diseñado para producir en forma discontinua aproximadamente 500 gramos de hueso calcinado. (Vista perspectiva). (Anexo)

La cámara de combustión es de forma cilíndrica de 20cm de diámetro y 40 centímetros de profundidad.

El calor es suministrado mediante resistencia eléctrica, que se encuentra emplazada en la periferia de la cámara cilíndrica.

Según se aprecia en la figura n°1, la sección transversal del horno, está formado por una cañería de acero inoxidable.

ble de 200 mm de diámetro y 2 mm de espesor calidad 315. Sobre ella se encuentra la resistencia eléctrica, desarrollada según las generatrices. Dicha resistencia se halla consolidada por la masa de embutimiento.

Envolviendo el conjunto se encuentra un segundo caño de acero inoxidable de 2mm de espesor Calidad 315 de 250mm de diámetro.

Sobre este caño, se construy^a una capa aislante de la temperatura formada por ladrillos refractarios #26.

Finalmente y envolviendo el conjunto se encuentra la cubierta de chapa de hierro doble decapada n°16 de forma cilíndrica de 44 centímetros de diámetro y 48cm de longitud.

El horno es giratorio de manera de mantener durante el quemado, a las partículas de hueso en constante movimiento. Dicha rotación se produce mediante un sistema de rodillos accionados por un motor universal de 1/4 de H.P.

A fin de evitar la estratificación o zonificación del hueso dentro del horno se ha provisto un bastidor con planchuela helicoidal que producen, al girar el horno, una agitación y redistribución del material posibilitando la obtención de un hueso calcinado homogéneo. La figura n°2, muestra el agitador en perspectiva.

El horno cuenta con una tapa de cierre hermético, de forma circular de 300 milímetros de diámetro, presentando en su parte central un orificio de 50 mm para permitir la instalación de la cañería de ventilación mediante aire a presión.

La figura 3, muestra el detalle de tapa y cañería, perforada de ventilación, fija, ubicada en el eje del horno giratorio.

En el panel de comando se encuentra, la llave termomagnética de 25 Ampere, los indicadores luminosos (1), que señala con su encendido verde, cuando hay corrientes en la resistencia del horno; (2) señala con su encendido rojo que la llave termorreguladora se encuentra conectada; (3) señala con su encendido verde que el termorregulador está funcionando.

Además cuenta con la llave de encendido del ventilador y del motor de giro. Asimismo se dispone de un potenciómetro regulador de la entrada de aire y potenciómetro para variar la velocidad de rotación del horno. La llave termorreguladora SWAW permite regular la temperatura de calcinado, indicando la posición en un dial graduado.

La figura n°4, detalla el panel del comando del horno.

El esquema del conexionado eléctrico que muestra la figura 5, permite apreciar el sistema utilizado para ajustar la temperatura del horno a valores fijos preestablecidos.

En el interior del horno existe un indicador de temperatura, constituido por un sensor de Hierro Constantan, que acciona un Regulador de temperatura por termómetro tipo Pirómetro Regulador ON-OFF de 0 a 600°C.

Este dispositivo es ajustado mediante la llave Termorreguladora y hace actuar la corriente de las resistencias del horno mediante un regulador de temperatura accionado por tiempo.

Es decir, fijada la temperatura, si el indicador ubicado en el interior del mismo no detecta el nivel establecido, habilita la corriente en las resistencias del horno por un determinado tiempo, transcurrido el mismo se interrumpe. Entonces la termocupla o indicador de temperatura interior del horno, puede o no habilitar un nuevo ciclo de calentamiento según sea la diferencia entre la temperatura alcanzada y la fijada.

El resto de las conexiones de la figura corresponden al motor de ventilación y al motor de rotación del horno.

En la figura nº6 se aprecian las dimensiones generales, las vistas lateral y frontales y una perspectiva del conjunto.

Como se observa, en correspondencia con la tapa de entrada al horno, se halla la alimentación de aire. En la parte posterior se encuentra en el eje, la conducción de salida de gases quemados, los contactos giratorios de alimentación eléctrica a las resistencias y por el centro ingresa el cable revestido de amianto compensado de la termocupla.

10.2.4.3 - Hueso quemado en el horno giratorio

Con este horno se hicieron toda una serie de experiencias variando temperaturas, tiempos de exposición, velocidad de giro, aire inyectado, etc.

En hojas que se acompañan figuran algunas de las carreras de quemado, rendimiento y tipo de material obtenido utilizando huesos de distinto origen.

Como puede apreciarse en las mismas las pérdidas ocasionadas por el quemado están en un 38% a 47% y el aspecto del hueso mejor quemado da una coloración marrón que varia entre el marrón claro y el oscuro dependiendo de la aireación y temperatura alcanzada. El color es uniforme y al ser humectado su tonalidad se hace más pronunciada.

La incidencia de la velocidad de giro y la mayor o menor inyección de aire, así como las temperaturas máximas alcanzadas tienen importancia en la calidad final del hueso obtenido.

La eficiencia se mide principalmente por la capacidad de retener fluor, para lo cual y dado el tiempo que demanda su ensayo en columna, se realizan tres carreras hasta su saturación. La primera con el material virgen casi siempre rinde bastante más que luego de regenerado.

Se estima que esto es suficiente para determinar cual será su rendimiento posterior por cuanto luego de una segunda regeneración efectuada utilizando solución de soda al 1 - 1,2% la ca-

pacidad de intercambio de la columna se mantiene sin mayores variantes siempre que la regeneración se haga correctamente. Este rendimiento no debe ser menor de 1,2 gr de fluor extraído por kilo de hueso .

10.2.4.4. Determinación de la temperatura y tiempo de quemado.

Se trataron huesos de vacunos en el horno rotatorio del laboratorio calefaccionado electronicamente.

Se apreció que las temperaturas más apropiadas pueden considerarse aquellas que varían entre 480° y 550°C.

En hojas adjuntas se detallan las características de los huesos procesados en dicho horno.

Estos huesos, una vez tratados en nuestro horno rotatorio entre las temperaturas mencionadas adquieren distintos cambios en su aspecto físico.

Las pérdidas de material que origina el calor, está comprendida entre un 30% y 42%.

El color puede variar entre un marrón oscuro o un gris de la misma intensidad. Humectado, la coloración se intensifica pudiendo llegar a un marrón tendiendo a negro.

Este material que ha perdido por el efecto del calor toda su humedad, material graso y proteico se presenta en forma de granulos consistentes, más o menos redondeados y homegeneo en su color.

Cada una de las muestras quemadas a distintas temperaturas y tiempo de contacto eran sometidos al siguiente proceso:

- 1° - Pesada, para determinar la pérdida que se produce al quemar el material organico y pérdida de agua que acompaña al hueso.
- 2° - Tamizado, para determinar los cambios de granulometría que se originan.
- 3° - Rendimiento en columna, observándose al mismo tiempo, el aspecto, color y caracteres organoleptico del agua obtenida en su pasaje a través del hueso.

Se utiliza columna de vidrio de 36mm de diámetro y 60cm de altura con el hueso a ensayar en la cantidad de 250 gr lo que dá una altura promedio del hueso de unos 30cms.

- 4° - Se efectuó aproximadamente unas cuatro carreras por cada columna que resultaba suficientemente rendidora como para ser tenida en cuenta.

Colocado el material en columnas de ensayo, para determinar su eficiencia, respondió en mejor forma, que el obtenido utilizando la mufla para el quemado.

Al igual que en ensayos anteriores se trabajaron con temperaturas que variaron entre 380° y 650°C. Las temperaturas extremas tanto en los puntos más bajos, como en los más elevados resultaron menos apropiadas que las intermedias.

Trabajando entre temperaturas de 480° y 550°C se obtuvo un hueso que responde a un material apto para ser usado en planta de defluoración.

Algunos de los ensayos realizados están indicados en las planillas N° 25 a 28 bis ; así como las características del

hueso usado.

Como puede observarse en dichas planillas se ha variado además de la temperatura máxima alcanzada, el tiempo de exposición.

Este, ha sido influenciado también por variaciones en el volumen y velocidad del aire inyectado, como así también por la velocidad de giro del horno.

Como se observa en las planillas de quemado, el tiempo de contacto del material si bien es prolongado, por el lento ascenso de la temperatura, ajustando las variaciones intervinientes puede ser reducido.

El verdadero quemado del material organico se inicia con energía a partir de 300°C a 350°C.

En el horno de características semi industrial seguramente se ha de poder reducir el tiempo de quemado, alcanzando similar eficiencia, al obtenido en escala de laboratorio.

El uso de este hueso puede originar en el agua una coloración pardo amarillenta de intensidad variable según la aireación y temperatura de obtención del hueso. Esta coloración debida al material carbonoso que queda adherido al hueso no ocasiona olores ni sabores extraños pero resulta impropio para un agua considerada potable.

El lavado de esas impurezas, se hace en muy poco tiempo de iniciada su carrera. En la mayoría de los casos luego de pasar un 10 a 20%, del total del agua de la primer carrera de filtración esta sale incolora o de color no facilmente perceptible.

Esto puede obviarse lavando bien el hueso antes de utilizarlo con lo cual se atenúa mucho el color inicial.

10.2.4.5.

Experiencias con el horno discontinuo. Determinación del caudal óptimo de inyección de aire.

En las distintas experiencias de calcinado de hueso molido, se obtuvieron materiales de diferente calidad modificando fundamentalmente la temperatura de proceso y el caudal de inyección de aire.

Si bien existe cierta interrelación entre ambas variables, se pudo determinar el rango óptimo para temperatura y aire.

Establecido el caudal óptimo de aire, se determinó su valor mediante ensayo.

Para ello se instaló un medidor de velocidad de flujo, controlándose la lectura realizando un ensayo volumétrico mediante cámara de prueba de polietileno.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) Caudal de inyección determinado con medidor de velocidad de flujo.

Diámetro de cañerfa: $D = 25\text{mm}$

Sección:
$$a = \frac{\pi D^2}{4} = 0.000\ 49087\ \text{m}^2$$

lectura de aparato $V = 140\ \text{m}^3/\text{minuto}$

Caudal $Q = 4,123\ \text{m}^3/\text{hora}$

b) Caudal de inyección determinado con cámara de prueba.

Volumen de la cámara de prueba.

Forma: cilíndrica

$$\text{Diámetro: } D = \frac{2,10}{3,14} = 0,668 \text{ m}$$

$$\text{Sección: } A = \frac{\pi D^2}{4} = 0,35 \text{ m}^2$$

Longitud de la cámara : L - 4,60 metros

$$\text{Volumen: } V = L \cdot A = 4,60 \times 0,35 \text{ m}^3 = 1,61 \text{ m}^3$$

Tiempo de llenado de la cámara de ensayo : t = 24 minutos

$$\text{Caudal: } \frac{1.610 \text{ litros}}{24 \text{ minutos}} = 67 \text{ l/ minuto.}$$

$$Q_e = 4.025 \text{ m}^3 / \text{ hora}$$

Por lo tanto, se puede establecer

como caudal óptimo de inyección de aire.

$$Q = 4,1 \text{ m}^3 / \text{ hora.}$$

Con este caudal de inyección se produce un hueso calcinado con una superficie activa de sus granos, libre de la película de carbón que es índice de deficiente oxigenación y eliminación de los gases de la combustión.

10.2.5. Características del horno de funcionamiento continuo a nivel de planta piloto.

10.2.5.1. Introducción

En base a la experiencia acumulada en el desarrollo del programa de ensayos mediante el horno de funcionamiento discontinuo, se han definido las características del horno de funcionamiento continuo.

Dicho horno se construyó con las siguientes características: rotatorio, de velocidad variable, calefaccionado electricamente, con sistema de ventilación regulable a los efectos de la determinación de los parámetros del proceso.

La temperatura es controlada automáticamente por secciones a efectos de obtener el perfil de temperatura más adecuada.

Se dispone de medidores de flujo de aire y de las interconexiones que posibiliten la más amplia libertad de maniobra.

Como es fundamental analizar los aspectos económicos del proceso, se ha tratado que el equipo contenga sistemas de recuperación de energía y dispositivos de medición que permitan estimar el consumo energético específico.

Se trató que el tamaño del equipo sea el adecuado, de modo tal que por aplicación de criterios de semejanza se posibilite el prediseño de plantas de tamaño industrial sin variantes apreciables en su comportamiento.

Asimismo se determinaron los parámetros para controlar la calidad del producto, por medio de ensayos

directos en columnas a escala laboratorio. Dichos parametros han de permitir la verificación inmediata del producto, para lo cual se establecerán los rangos o valores mínimos o máximos necesarios.

En principio se estudiará la temperatura media, tiempo de quemado, superficie activa o específica, etc.

10.2.5.2 Horno semi-industrial. Concreción de la ejecución de un horno de funcionamiento continuo.

Una vez obtenida la experiencia suficiente respecto a la forma de quemado, temperatura, movimiento, aire, etc. se solicitó la colaboración del CETMIC para trasladar estas dos etapas de laboratorio; una primera en mufla y una segunda en horno giratorio con incorporación de aire y temperatura variable y controlado, con un proceso semi-industrial capaz de quemar volúmenes mayores.

Se llegó a un acuerdo con el CETMIC y con su director el Dr. ENRIQUE PEREIRA, se firmó un convenio por el cual se encaró el procesamiento del hueso en escala industrial en base a los estudios y resultados obtenidos con nuestro horno rotatorio.

Se inicia el quemado de hueso en escala semi-industrial para llegar al ajuste definitivo de las condiciones apropiadas en cuanto a temperatura, permanencia en el horno, grado de aireación, forma de movimiento que conviene darle al material; superficie específica que se alcanza en cada caso, pérdidas que ocasiona, etc.

Este laboratorio controla las características del material crudo en su aspecto, granulometría, contenido en grasa, etc.

De acuerdo a los resultados obtenidos se fijarán las variantes que conviene introducir en el proceso para obtener el hueso de calidad óptima.

El material procesado por el CETMIC será controlado por este laboratorio en cuanto a la granulometría, contenido en grasa, rendimiento en columna, características del agua obtenida, etc. También una vez instalado el hueso en la planta correctora se está en condiciones de verificar su capacidad defluorante y mejor forma de operar la misma.

Mediante esta combinación de ambos organismos los interesados en obtener hueso de calidad para sus plantas defluoradoras contarán con un adecuado asesoramiento tanto para la compra del hueso crudo como para el control de la calidad del material una vez quemado.

10.2.6. Característica de los huesos calcinados en el horno fabricado e instalado en el CETMIC.

Luego de toda una serie de experiencias en cuanto a la forma de quemar el hueso en laboratorio, cambiando temperaturas, tiempo de quemado, espesor de capa, aireación, etc, se alcanzaron finalmente resultados alentadores.

Ello llevó a un acuerdo con el C.E.T.M.I.C. para la construcción de un horno rotatorio de capacidad semi industrial basado en el pequeño horno rotatorio utilizado en el laboratorio.

Luego de algunas experiencias que no dieron un hueso apropiado por insuficiente quemado y presencia de alto residuo orgánico, paulatinamente se fueron eliminando aspectos negativos del proceso, como defecto o exceso de aire, poca permanencia, pérdida de hueso por arrastre, insuficiente distribución del calor etc. De esta forma se obtuvo un hueso que convenía ensayar para determinar el grado de eficiencia de intercambio y el aspecto físico del agua obtenida: color, olor, etc.

En las planillas números 29 a 32 se dan algunas corridas en columna defluoradora, acompañado del parcial informe sobre forma de obtención y características del material.

En general, se observa que el hueso quemado toma un color gris oscuro, volviéndose prácticamente negro al humectarlo. Esto hace que, el agua al atravesar la columna tome, en su primer momento un tinte más o menos amarillento según el quemado, temperatura y tiempo de permanencia en el horno el cual desaparece en corto tiempo o con la primer regeneración.

El agua desde los primeros pasajes no tiene olor ni sabor.

Si se tiene el cuidado de lavar bien el hueso antes de la puesta en funcionamiento de la planta, el color se atenúa en forma marcada e incluso puede desaparecer.

Para realizar estas experiencias se utilizaron huesos provenientes de distintos frigoríficos ubicados en Cañuelas, Quilmes y Merlo respectivamente.

En el granulado del hueso se observaron algunas diferencias siendo unos más redondeados, que es como se desea y otros se presentaban aplanados y alargados. El contenido en grasa varía entre límites bastantes amplios como pueden apreciarse en las planillas respectivas.

En cuanto al rendimiento en columna, una vez desengrasado, no se observaron diferencias marcadas, considerandose a todos aptos para defluorar.

Se dijo que durante muchos años el material utilizado en todos los ensayos fué con hueso cedido gratuitamente por el Frigorífico Swift de La Plata.

Este hueso mantuvo una calidad constante y con él se realizaron los distintos estudios de desengrase tanto utilizando soda caustica como posteriormente, calor; quemandolo en mufla. Las pérdidas de hueso procesado mediante el calor no pasaron del 18 al 25%.

Cuando se pudo disponer del horno rotatorio, con inyección de aire y temperatura regulada ya no se disponía de este hueso, comenzando a utilizarse los de los frigoríficos arriba mencionados.

Con las nuevas condiciones de trabajo se observó que las pérdidas de hueso originadas durante el proceso de quemado no eran del mismo orden alcanzado con el uso de la mufla, sino que éste se eleva entre 39 y 50% debido a un contenido mayor de humedad, sustancias orgánicas y material disgregado.

En el CETMIC al hueso luego de calcinado se le determinó la superficie específica del material obtenido expresado en m^2 de superficie por gramo de hueso.

En las planillas n° 29 y 32 adjuntas se aprecian las distintas superficies obtenidas según las condiciones de quemado.

Al ensayarse estos huesos en columna fué posible apreciar que las carreras se corresponden en buena medida con la superficie específica. En efecto, a mayor superficie específica hay un mayor rendimiento en columna con lo cual puede utilizarse uno u otro patrón para determinar la calidad y comportamiento futuro de tal hueso puesto como defluorante.

El uso de uno u otro dependerá de las condiciones locales y posibilidad de aplicación de cada uno.

A efecto de determinar la real capacidad de intercambio del hueso frente a un agua de pH no superior a 7,6 se procedió al ajuste de éste previo al pasaje de dichas aguas por las distintas columnas, manteniendolo próximo a 7,6 pero no superior.

11- TECNICAS DE DESENGRASE: PROCESOS COMPARATIVOS

A efectos de determinar la paridad, ventajas o desventajas que pudieran ofrecer el hueso quemado con respecto al hueso desengrasado con soda caústica, se procedió a preparar con el mismo hueso original columnas con hueso desengrasado por calor y con soda.

Se utilizó agua de dos de los lugares, dentro de la Provincia de Buenos Aires muy ricas en sales, fuertemente alcalinas con elevado contenido de fluor y también de arsenico y vanadio.

El pH de éstas es alto, ello explica el relativamente bajo rendimiento de las columnas. Con tales aguas conviene disminuir este pH a valores no superiores a 7.6.

En planilla n°21 y 22 puede apreciarse la calidad de éstas aguas que cambian en algo su composición con las lluvias, sequías, régimen de extracción, etc.

Las aguas provienen del Partido de General Pintos (localidad Ameghino) y de Médanos. Se incluyen los análisis de muestras de distintos años.

Con hueso desengrasado con soda al 30% y temperatura de 45 - 50°C se armó la columna designada con la letra H y con hueso calcinado en mufla mantenida durante 15 minutos a 600°C se preparó la columna P.

Las carreras obtenidas con estos dos tipos de hueso se dan en las Planillas 23 y 24.

El material de la columna H presentó un color bien blanco. Se neutralizó el exceso de soda mediante sucesivos lavados y posterior pasaje con corriente de anhídrido carbonico. Al reducir la

grasa a un mínimo, se originó una pérdida de material que osciló entre el 70-75%. Esta columna puesta fuera de servicio por algún tiempo desarrolla una vida biológica capaz de originar olor y sabor en las primeras porciones de agua al reiniciar el servicio.

Este inconveniente no se observa en la columna P desengrasada mediante el calor, a pesar del material carbonoso que pudiera estar presente. Una pequeña parte se desprende en los primeros pasajes de agua y en las regeneraciones quedando el resto adherido al hueso sin restarle eficiencia.

En las sucesivas regeneraciones de la columna P con soda caustica al 1%, si bien las primeras porciones de agua se colorean de amarillo no parece disminuir el color oscuro del hueso quemado. Quizás luego de una larga trayectoria se podrá determinar su incidencia en el color del material. Se observó en columnas de más de un año de uso que no presentan cambios visibles en su aspecto, como tampoco en el rendimiento.

11.1 Ensayos comparativos de huesos tratados con soda y temperatura respectivamente.

Para el desengrase con soda se utilizó ésta a una concentración del 20% y temperatura entre 35° y 45°C.

El hueso tratado con calor se hizo en horno rotatorio en laboratorio a temperaturas de 450 - 500 - 550 y 570°C respectivamente.

En la primera oportunidad se armó la columna A tratada con soda y la columna n°1 tratada por calor (450°C).

Se obtuvieron los siguientes resultados:

COLUMNA A		COLUMNA N°1	
Corrida N°	Rend. gr/Kg	Corrida N°	Rend. gr/Kg
1	2,26	1	1,53
2	1,48	2	1,26
3	1,48	3	1,47
4	0,82	4	1,48
5	0,94	5	1,05
6	1,04	6	1,00
7	1,22	7	1,29
8	1,20	8	0,82
9	1,96	9	1,05
10	1,05	10	1,05
		11	1,43

Se repite el ensayo con:

Columna B tratada con soda al 20% y Columna n°2 con calor a 450°C

COLUMNA B		COLUMNA N°2	
Corrida N°	Rend.gr/Kg	Corrida n°	Rend.gr/Kg
1	1,15	1	1,45
2	1,95	2	1,68
3	1,98	3	0,85
4	1,07	4	0,98
5	1,13	5	1,44
6	1,43		

El pH del agua de pasaje, utilizado en estos ensayos fue bastante variable (entre 7,65 - 8,10).

Otra columna preparada con hueso quemado a temperatura de 550°C y realizado solo cuatro ciclos con agua a pH= ó algo inferior a 7,6 dió los siguientes rendimientos en sucesivas corridas
1a= 1,64 ; 2da=1,35 ; 3a=1,35 ; 4ta=1,39 gr de Fluor extraído por kilo de hueso.

12-CONDICIONES QUE HA DE CUMPLIR EL MATERIAL DEFLUORANTE.

12.1 Hueso crudo

El pliego de bases y condiciones para el suministro de hueso que luego será tratado para quitarle todo el material orgánico que acompaña al mismo, entre otros requisitos deberá satisfacer los siguientes puntos:

ORIGEN: Preferentemente proveniente de patas y manos de animales vacunos pudiendo acompañarse de las partes más osificadas del resto del esqueleto.

GRANULOMETRIA: Pasa tamiz n°4 (4,76mm) el 100%
" " n°8 (2,38 mm) no menos del 80%
Retiene " n°30(0,59mm) no menos del 99 %
" " n°40(0,42mm) el 100%

FORMA: Será de forma redondeada, no espicular, ni de gran diferencia entre largo y espesor.

HUMEDAD: Expuesto el hueso a calor en estufa a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 2hs no perderá más del 10% del peso.

MATERIAL ORGANICO: El contenido de grasa y proteínas no excederá del 30%.

MATERIAL INORGANICO: Riqueza en fósforo como anhídrido fosfórico o fosfato tricalcico, (52% de $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$

IMPUREZAS: Pezuñas, arena, etc, no deberán estar en más de 1%.

El oferente además deberá acompañar en su oferta la siguiente información:

- Temperatura y presión máxima a que fue expuesto el hueso.

Si ha sido sometido a tratamiento con solventes, soda, ácidos u otros componentes químicos.

12.1.2 Hueso tratado termicamente.

El hueso liberado de su carga orgánica debe cumplir los siguientes requisitos:

GRANULOMETRIA

Pasa tamiz n°4 : 100%

Pasa tamiz n°8 mínimo: 85%

Pasa tamiz n°30 máximo: 5%

Pasa tamiz n°40 máximo: 0,0 %

HUMEDAD

Expuesto el hueso a calor en estufa a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 2 horas no perderá más del 2% del peso.

SUPERFICIE ESPECIFICA

No será inferior a $57 \text{ m}^2/\text{gr}$

12.1.2.3 Resumen

H U E S O	C R U D O	T R A T A D O
Granulometría	Pasa tamiz n°4 : 100%	Pasa tamiz n°4 : 100%
Mínimo	" " n°8 : 80%	" " n°8 : 85%
"	Retiene " n°30: 99%	Retiene " n°30: 95%
	" " n°40: 100%	" " n°40: 100%
Humedad máxima	10%	2%
Materia orgánica máxima	30%	0,1%
Superficie especi fica mayor de	---	57m ² /gr
Riqueza en fosforo (PO ₄) ₂ Ca ₃	52%	--

12.1.2.4. Impurezas que pueden acompañar al hueso crudo

El hueso crudo no debe tener demasiado cartilago o restos de carne, como también se ha de evitar el material que contenga apreciable cantidad de pezuña molida por tratarse de elemento inerte. Este hueso una vez quemado toma un color negro que lo distingue del hueso crudo que tiene un tinte tanto más amarillento cuanto mayor es el contenido en grasa. El hueso bien desengrasado con soda es francamente blanco.

Cualquier resto organico es causante, de que el hueso, luego de usado y puesto fuera de servicio un tiempo origine un fuerte campo microbiológico, y como consecuencia de ello olores desagradables.

13. PLANTA DE DEFLUORACION

De acuerdo a las experiencias realizadas en el Laboratorio a través de los años, en que se ha utilizado el hueso y lo observado en la práctica, la instalación de una planta de defluoración debe cumplir un mínimo de requisitos tales como:

Disponer de una capacidad defluorante de manera de regenerar término medio una vez por semana de producción normal.

El espesor del manto de hueso, según el volumen de agua a tratar y el contenido de fluor del agua puede estar entre 0,60 y 1,80 metros. En general el espesor más utilizado y conveniente es de un metro a 1,40m.

La velocidad del pasaje del agua está ligada al espesor del manto y al contenido de fluor de ésta. Se aconseja entre 4 y 6 $m^3/m^2/h$ pudiendo ser mayor (8 a 10 $m^3/m^2/h$) si el fluor no es muy elevado, el espesor del manto es relativamente grande y el pH el apropiado, por lo tanto, la velocidad de pasaje, se puede regular de acuerdo al fluor residual que se desea obtener.

Cuando se va a proceder a regenerar el manto debe efectuarse primero un contralavado cuyo propósito es fluidificar el manto para evitar luego canalizaciones y provocar el arrastre por el agua de impurezas en suspensión que pudiera traer el agua de los pozos o fuente de origen.

El contralavado se hace por cinco minutos. Se llevará gradualmente hasta producir una expansión del 30 al 50% del espesor del manto. Debe impedirse pérdidas por arrastre o proyección, de

allí que ha de comenzarse muy suavemente para evitar bruscas proyecciones. Esta velocidad fué estimada una vez removido el manto entre unos 20 a $45\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$. Las operaciones bruscas pueden originar también rupturas del material, que debe evitarse.

Luego se procede a extraer toda el agua, dejando escurrir bien el manto de manera de afectar lo menos posible la concentración de la soda cáustica regenerante.

Esta será de aproximadamente 1 a 1,2%. No ha de ser inferior a 1% y el volumen a utilizar será el equivalente a dos veces el volumen del hueso, pudiendo ser ligeramente menor pero no inferior a 1.8 veces el de dicho material.

El ingreso de la soda se hará con el desague cerrado en forma lenta hasta permitir que cubra todo el hueso. Se deja unos 30 a 60 minutos en contacto y luego se descarga rápidamente dejando escurrir bien.

Una vez logrado esto se cierra el desagüe, se vuelve a cargar con soda y se deja toda la noche. Al día siguiente se termina de pasar lentamente toda la soda a unos $0,4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$.

Si urge la incorporación al servicio de los equipos en regeneración puede reducirse el tiempo de contacto con la soda a unas dos horas para luego seguir pasando muy lentamente el resto del regenerante.

Si hay posibilidad, luego de pasar el 1er volumen de soda en la forma indicada y evacuada la misma, el resto se pasará en forma lenta y continúa recirculándolo por tres veces.

Si esta soda tiene menos de 0,85% de soda cáustica se ha de reforzar, llevándola nuevamente a 1%.

La recirculación con concentración apropiada mantiene un buen contacto hueso-soda, favoreciendo la regeneración. Si la regeneración no es todo lo efectiva que debiera; hecho que puede darse en especial en invierno, es decir, cuando las temperaturas son bajas, recircular mayor tiempo.

Cuando el agua a tratar contiene arsenico éste es parcialmente retenido por el hueso fijandose en forma tal que resulta escasa la extracción por la soda utilizada en la regeneración. Esto puede llevar a que con el tiempo, el hueso pierda parte de su capacidad defluorante. En estos casos resulta conveniente proceder a regenerarlo en la forma indicada pero utilizando solución de soda caústica al 10% y en lo posible recircular repetidas veces el último volumen de la misma como se podría hacer en la regeneración corriente.

De esta manera se consigue una parcial recuperación del hueso.

Una vez terminada la regeneración con soda se procede a eliminar el exceso de ésta retenida por el hueso. Se ha de pasar agua en sentido descendente a baja velocidad hasta bajo contenido de alcalinidad caústica: 0,15% o menos.

La velocidad de enjuague es $\frac{1}{2}$ a $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ durante una hora y media aproximadamente.

Cabe recordar que cuanto más lento es el pasaje de la soda a través del manto del hueso mejor regeneración podrá obtenerse si hay una buena distribución y escurrimiento en toda la superficie; circular la última porción de soda con concentración de 1% o muy cercana favorece la operación.

El hueso dado su buena porosidad tiene, como consecuencia, de ello, una gran superficie de contacto. Cuando incorpora agua ésta penetra por muy finos canaliculos hasta sus partes más pro-

fundas de donde no se la desplaza por simple vaciado de la columna. Esto hace que cuando se le inyecta soda para regenerar el hueso, ésta penetre lentamente desplazando el agua y diluyéndose fuertemente como puede apreciarse en la planilla n°33.

Luego en el enjuague y neutralización con anhídrido carbonico el proceso es inverso, el arrastre de la soda y su neutralización, temperatura, tiempo de contacto, etc. de allí que las últimas porciones de soda lleven tiempo en neutralizarse correctamente.

Una vez arrastrado el grueso de la soda con agua se procede a incorporar el anhídrido carbonico en disolución con agua.

La solubilidad del anhídrido carbonico en agua es de unos 2,80 kilos por m³ de agua pero esto solo se alcanzaría con un íntimo y prolongado contacto, hecho que no ocurre en la práctica, de allí que la neutralización se hace con una mezcla de ácido carbonico disuelto y gas carbonico.

Debido a la dificultad de eliminar toda la soda por simple lavado ante la fuerte adsorción de ésta se necesita recurrir a un acido para alcanzar la neutralización lo suficientemente rápido y sin deterioro del manto.

El uso de débiles soluciones de ácidos fuertes como son el ácido clorhidrico, sulfurico, etc, si bien actúan eficazmente neutralizando el exceso de alcali originan un paulatino deterioro del material que se agrava con la concentración y tiempo de contacto. Debe desecharse su uso.

El medio más apropiado para terminar de neutralizar las últimas porciones de soda es mediante el uso de un acido débil y de éstos el más conveniente es el ácido carbonico obtenido disolviendo gas carbonico en agua. Este ácido no incorpora ningún elemento

extraño al agua ni agrede al hueso.

Es un elemento no muy costoso y se expende como gas licuado.

El consumo de anhídrido carbonico es de unos 4-6 Kilos por m³ de hueso. Se considera elevado. Se estima es una consecuencia de la falta de un buen contacto del ácido carbonico con la soda adsorbida por el hueso en lo más íntimo de su estructura interna donde la movilización y neutralización de la misma no se alcanza facilmente, dado la fina porosidad del hueso y su elevada superficie de contacto. A ello debe sumarse el hecho de la probable presencia de anhídrido carbonico gaseoso que se pierde.

El ingreso por la parte inferior del agua carbonica permite un mejor contacto y distribución con lo cual se mejora la carbonatación con mayor aprovechamiento del ácido carbonico. El pasaje lento permite un adecuado uso del anhídrido carbonico incorporado al agua.

El tiempo total de regeneración demandaría entre 8 a 10 horas.

La carrera a darse a un filtro podría ser de una semana. De esta manera se puede fijar un determinado día para esta operación que como vemos demanda tiempo. Sin embargo este período entre regeneración debe ser ajustado en planta para determinar aquel que mejor conviene a la instalación y a la economía del proceso.

RESUMIENDO: La regeneración puede llevar los siguientes tiempos para un manto de un metro de altura.

Contralavado: cinco minutos

Regeneración: cinco horas

Enjuague lento: 0,30 horas

Enjuague normal : 1,30 horas
Neutralización : 1.00 hora
8 hs 5'

En cada operación deberá establecerse el tiempo más conveniente aunque prácticamente serán del orden de los indicados.

13.1 Incidencia del pH

Interesa conocer siempre el pH del agua ya que éste juega un papel importante en el rendimiento del hueso, es decir, en la carrera del manto de intercambio.

En general no conviene un pH superior a 7,6 por cuanto a medida que éste se acrecienta disminuye la carrera del filtro. Hecho que debe ser tenido en cuenta aunque cabe hacer notar que hay variantes de un agua a otra. En las aguas muy alcalinas el rendimiento se ve afectado. Para aguas fuertemente alcalinas, un pequeño agregado de ácido clorhídrico mejora sustancialmente el rendimiento al bajar el pH como consecuencia de la formación de anhídrido carbónico y reducción de la alcalinidad.

Si bien se incrementan en algo los cloruros no varía o cambia muy poco su residuo salino debido a la pérdida de carbonatos que se origina al acidificar.

Para optimizar el rendimiento del hueso, el que normalmente en las primeras carreras supera holgadamente el gramo de fluor por kilo de hueso para luego estabilizarse en aproximadamente 1 gr por kilo, es conveniente mantener el agua de proceso a un pH no superior a 7,6 y preferentemente algo menor. Cuando el pH supera el valor de 7,6 el rendimiento del hueso decrece tanto más cuanto mayor es éste. Cuando alcanza valores de pH superior a 8, los rendimientos de la columna decrecen pudiendo llegar a anularse, según el tipo de agua.

Los pH óptimos están entre 7 y 7,4. Por debajo de 7 puede comenzar a originar una lenta pérdida de hueso por disolución, dependiendo del grado de agresividad del agua.

En los ensayos de Planillas 18 y 19 se utilizaron

aguas de Ameghino y 9 de Julio previo ajuste de pH (Planilla n°20)

13.2 Cloración del agua.

Por razones de orden sanitario el agua debe ser convenientemente desinfectada, para ello el cloro es el elemento de más corriente uso. Aquí conviene que la cloración se haga antes de que el agua ingrese al lecho de hueso y en cantidad suficiente para que a la salida del mismo mantenga un residual de cloro de 0,20-0,30mg/l

Si existen restos orgánicos de cierta importancia en el hueso, el cloro puede originar incremento en el olor y sabor del agua. Por el contrario si éste ha sido originado por desarrollo de microorganismos, bacterias, hongos, etc. al actuar el cloro no podrán sobrevivir con lo cual desaparece una de las razones principales del olor y sabor del agua.

13.3 Efluentes de plantas correctoras de fluor

Considerando que la regeneración del hueso de las plantas de defluoración origina un efluente que no siempre puede ser evacuado sin inconvenientes se ensayó alguna manera de neutralizar sus efectos o al menos de atemperar ellos.

Se provocó la mayor precipitación del fluor para neutralizarlo en el cuerpo receptor y su posible reincorporación a cuerpos de aguas.

Estos líquidos cargados de fluor y soda, pueden contaminar capas superficiales de agua o del subsuelo al percolar a través del mismo. Contrarrestar sus efectos en forma económica resulta muy difícil. Se han ensayado distintos procedimientos cuyos resultados se exponen en planilla n°34.

Estos efluentes no deben enviarse a cuerpos de agua dulce factibles de utilizar por el hombre o por el ganado.

En todos los casos que sea posible se tratará de descargarlos en redes de colectoras cloacales o en su defecto se enviarán a enlagunados ciegos o bajios, donde evapora o insume, siempre que no afecte la capa de agua freática factible de utilizar.

Una forma de contrarrestar buena parte de sus efectos es precipitando la mayor cantidad posible de fluor.

La soda diluida por los lavados se carbonata más o menos rápidamente, resultando así menos agresiva.

Las drogas precipitantes de fluor utilizadas con algún éxito fueron: cal, cloruro de calcio, sulfato de magnesio, silicato de sodio y fosfatos solos o combinados.

Los fosfatos se excluyeron por su elevado costo y los silicatos por bajo rendimiento.

Como se aprecia en la planilla indicada, el precipitante más activo resulta ser el sulfato de magnesio, seguido por la cal. Esta última puede ser reemplazada con ventaja en cuanto al rendimiento por el cloruro de calcio, no así en el costo, por ser éste último más caro.

PLANILLA N°1

<u>PROVINCIA</u>	<u>LEON (M/15)</u>
<u>ADOLFO ALSINA</u>	0,8
	1,6
	2,0
	2,1
	0,7
<u>ALBERTI</u>	0,5
	1,6
	0,85
	1,0
	0,65
<u>ALMIRANTE BROWN</u>	0,5
	0,6
	0,8
	0,9
	1,1
<u>AVELLANEDA</u>	0,7
	0,8
	1,0
	1,2
	2,0
<u>AYACUCHO</u>	0,5
	0,8
	1,2
	1,3
<u>AZUL</u>	1,4
	1,4
	0,7
	0,8
	0,6
<u>BALCARCE</u>	0,8
	1,6
<u>BARADERO</u>	0,7
	0,8
	1,0
<u>BERAZATEGUI</u>	1,0
	0,4
	0,7
	0,5

PLANILLA N°2

LOCALIDAD	FLUOR. (mg/l)
<u>BOLIVAR</u>	1,2 - 0,9
	1,6 - 0,6
	1,4
	1,0
	1,15
<u>BRAGADO</u>	1,0 - 3,6
	1,8 - 2,8
	1,5 - 2,2
	1,2
	1,6
<u>BRANDSEN</u>	0,8
	0,6
	1,6
	0,3
	0,7
<u>CAMPANA</u>	0,4
	0,3
	0,7
	0,75
	1,0
<u>BARUELAS</u>	0,4
<u>CAPITAN SARMIENTO</u>	0,8
<u>CARLOS CASARES</u>	1,7
	2,5
<u>CARLOS TEJEDOR</u>	3,0
<u>CARMEN DE ARECO</u>	0,5
	0,6
<u>CASARES</u>	3,0
<u>CASTELLI</u>	1,8
	0,3
	1,3
	0,5
	0,7

PLANILLA N° 3

LOCALIDAD	Rend. (mg./lit)
<u>COSCH</u>	0,6 0,5
<u>CORONEL DOBADO</u>	3,8 2,4 1,6 1,5
<u>CORONEL PRINCIPES</u>	1,5 1,75
<u>CORONEL SUAREZ</u>	1,3 1,1 2,5
<u>CHACABUO</u>	1,1 1,4 0,6 0,9 1,2
<u>CHILCOPUS</u>	1,55 1,45 1,65 0,8 0,5
<u>CHIVILCOY</u>	1,0 - 0,5 1,15 0,65 0,9 0,75
<u>DOLGRES</u>	0,7
<u>EMERINDA</u>	0,1 0,3
<u>ESTEBAN ECHEMUNEIA</u>	0,9
<u>FLORENCIO VARELA</u>	0,7 0,2 0,6

PLANILLA N° 4

LUGAR (MUNICIPIO)

VALOR (MIL./100)

<u>GENERAL AMARADO</u>	-----	1,5
	-----	1,6
	-----	0,8
	-----	1,35
<u>GENERAL BÉLGICA</u>	-----	1,1
<u>GENERAL LAS HERAS</u>	-----	0,8
	-----	1,2
	-----	0,3
<u>GENERAL LAMALLE</u>	-----	0,2
<u>GENERAL MADARIAGA</u>	-----	1,8
<u>GENERAL PAZ</u>	-----	0,55
	-----	0,25
<u>GENERAL PINTO</u>	-----	1,8
	-----	2,2
	-----	1,4
	-----	1,0
	-----	2,0
<u>GENERAL PUEYRREDON</u>	-----	1,8
	-----	0,1
	-----	0,7
	-----	0,3
	-----	0,5
<u>GENERAL RODRÍGUEZ</u>	-----	0,1
	-----	2,2
<u>GENERAL SARRIENTO</u>	-----	0,5
	-----	0,8
	-----	0,6
	-----	0,7

PLANILLA N°5

<u>LOCALIDAD</u>	<u>PERSONA (ing/Lt)</u>
<u>GARCERAN DE LEGAS</u>	2,2
	4,4
	3,8
	3,3
	3,5
<u>GONZALEZ CHAVES</u>	0,0
	1,6
	1,1
	1,3
	1,5
<u>GUANINI</u>	1,0
	5,2
	4,3
	0,2
	2,8
<u>NICOLITO TRICOMER</u>	1,8
	2,8
	1,5
	2,6
<u>JUAREZ</u>	1,5
	1,5
	0,3
	0,9
<u>JUNIN</u>	1,3
	1,9
	0,9
	1,3
	1,5
<u>LANUS</u>	1,7
	0,3
	0,6
	0,9
	1,0
<u>LA PLATA</u>	0,8
	1,2
	2,8
	0,0
	1,6
0,9	

PLANILLA N°6

LOCALIDAD	PHOS. (mg/l)
<u>LAS FLORES</u>	0,65
	0,95
	1,0
<u>LEANDRO ALAM</u>	0,9
	0,3
<u>LEUCOLI</u>	0,7
	0,75
	1,1
	1,6
	1,3
<u>LOBOS</u>	1,6
<u>LONDO</u>	1,25
	0,75
	0,9
	1,0
	0,95
<u>LONAS DE ZENTRA</u>	0,3
	1,2
	0,6
	1,0
	1,1
<u>LUJAN</u>	0,95
	1,2
<u>MADEIRA</u>	0,8
	1,2
	1,0
	0,3
	0,7
<u>MATEU</u>	0,2
	0,6
	0,8
<u>MILCOE PAZ</u>	0,7
	1,3
<u>MATANZA</u>	0,9
	0,7
	0,4
<u>MONTAÑAS</u>	0,8
	1,2
	0,65
	1,0
	0,95

PLANILLA N°7

LOCALIDAD	PESOS (kg/15)
<u>MONTE</u>	2,0
	1,3
	0,9
<u>MORINO</u>	0,6
<u>MORON</u>	0,8
	0,3
	0,4
	0,7
	0,9
<u>MURAHUC</u>	1,2
	1,3
	1,7
	0,8
	0,7
<u>NECOCHENA</u>	1,7 - 2,6
	1,8
	1,35
	2,0
	1,15
<u>NOUVE DE JULIO</u>	1,2 - 3,9
	2,5
	2,0
	1,55
	2,25
<u>OLLA VITA</u>	1,2
	0,85
	1,85
	1,3
	1,55
<u>PATASORINI</u>	1,1
	0,9
	0,3
	1,5
	1,7

PLANILLA N°8

LOCALIDAD	PESOR (kg/lit)
<u>PERUJICO</u>	1,9
	2,6
	1,4
	1,3
	1,2
<u>PELLEGRINI</u>	1,9
	2,2
	5,0
	1,7
<u>PERGAMINO</u>	2,8
	1,2
	1,4
	1,1
	0,9
	1,3
<u>PILA</u>	0,5
	0,7
<u>PILSA</u>	0,55
	0,05
	1,45
	0,2
	0,7
<u>PUN</u>	2,6
	2,2
	2,2
<u>QUILIBO</u>	0,5
	1,5
	1,2
	1,0
	0,7
<u>RAVALLO</u>	0,8
	0,9
<u>RAUCH</u>	0,5
	0,95

PLANILLA N°9

CANTIDAD	VALOR (P.S./100)
<u>KAIMBE MONTA</u>	0,7
-----	0,8
-----	1,0
-----	1,7
<u>RIVADAVIA</u>	2,24
-----	0,4
<u>ROJAS</u>	1,1
-----	1,25
-----	1,5
-----	0,75
-----	0,2
<u>ROQUE JIMENEZ</u>	0,5
<u>SAAVEDRA</u>	1,4
-----	0,7
-----	0,3
<u>SALADILLO</u>	1,1
<u>SALTO</u>	1,9
-----	1,1
-----	0,75
-----	0,25
<u>SALTO NUEVO</u>	1,8
<u>SAN ANDRES DE CILLES</u>	0,45
-----	0,7
-----	0,5
<u>SAN BERNARDO</u>	0,3
-----	0,7
-----	0,9
-----	1,0
-----	0,6
<u>SAN ISIDRO</u>	0,6
-----	0,5
-----	0,8
<u>SAN JUSTO</u>	0,9
-----	0,6
-----	1,1

PLANILLA N°10

LOCALIDAD	ÁREA (ha./100)
<u>SAN NICOLÁS</u>	0,3
	0,2
	1,0
	0,4
	0,6
<u>SAN NICOLÁS</u>	1,4
	1,6
	1,2
	0,7
	0,9
<u>SAN PEDRO</u>	0,1
	1,0
<u>SAN VICENTE</u>	0,5
	2,2
	1,4
	0,4
<u>SUEFONA</u>	1,8
	0,7
	1,5
<u>TANDIL</u>	3,2
	0,1
	0,2
<u>TIBRE</u>	0,6
	0,7
	0,9
<u>TORQUENOT</u>	1,15
	1,95
	2,1
<u>TREN DE LA UNIÓN</u>	0,3
	1,2
	2,6
	2,0
<u>TRES ARROYOS</u>	1,7
	1,9
	1,65

PLANILLA N°11

LOCALIDAD	PISCOM (mg./lt)
<u>VEINTICINCO DE MAYO</u>	0,1
	0,25
	0,9
	1,15
<u>VICENTE LÓPEZ</u>	0,2
	1,1
	0,9
<u>VILLARICH</u>	1,5
	2,2
	1,8
	1,1
	0,5
<u>ZARATE</u>	0,7

SECCIONALES	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	TANQUE	ESTERNA
Alberti	1.0	0.95	1.1	1.0	0.65	0.7	0.7	1.1	0.8	0.95	0.8						1.2	
Arrecifes	1.0	0.95		0.95	1.1	1.15											1.0	
Ayacucho	0.85	0.85	0.9	0.75		0.75	0.75	0.8	0.5								0.95	
Azul	1.35	1.4	1.25	1.6	1.2	1.45	1.05	1.3	0.95	1.0	1.2	0.8	1.45				1.4	
Balcarce	1.05	1.1	1.75	1.4	1.4	1.05											1.2	
Baradero	0.85	0.8	1.1	1.3	0.9												1.1	
Bolívar	1.1	1.8	1.8	0.9	1.25	0.85	1.6	1.9	1.35	1.2							1.6	
Bragado	1.1	1.2	0.95	1.6	1.1	1.75	0.45	0.7	1.15								1.3	
Campana	1.0	1.1	1.0	0.9	1.1	0.85	1.0	1.1	0.95	1.1	1.2	0.8	1.1	1.1	1.2		1.1	
Cañuelas	1.65	1.0	0.85	1.5	1.0	0.9	0.95	0.9	1.0								1.2	
Capilla del Señor	1.4	1.0															0.9	
C. Casares																	2.1	2.15
Carmen de Areco	1.65	0.6	0.7	0.65	0.75												0.75	
City bell		0.6	0.55	0.65													0.55	
Colón	0.75	0.7	0.6	0.85	0.7												0.75	
Cnel Pringles	2.0	1.7	2.0	1.6	1.0	1.1											1.6	
Cnel Suarez	1.2		1.2														1.4	
Cnel Vidal	0.65	0.75	0.5	0.75													0.5	
Cnacaouco	1.0			1.2		1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.2						1.2	
Chascomús	0.95	1.15	0.9	0.85	0.9		0.95	0.65	0.8	1.25	1.75	0.8					1.0	
Chivilcoy	1.1	0.65	0.95	0.7	0.95	1.2	0.8	0.75	0.9	1.0	0.7						1.0	0.75

PLANILLA N°15

HUESO CAÑUELAS

MUESTRAS	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Retiene Tamiz n°4(4,76mm)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
Retiene tamiz n°8(2,38mm)	10.0	22.0	2.5	14.0		
Retiene tamiz n°30(0.59mm)	86.0	76.5	95.5			
Retiene tamiz n°40(0.42mm)	3.0	0.5	1.0	82.9		
Perdido y pasa n°40	<u>1.0</u>	<u>1</u>	<u>1.0</u>	<u>3.1</u>		
TOTAL	100%	100%	100%	100%		
Materia grasa % (crudo)	0.48	1.26	0.73	0.40	1.43	0.48

PLANILLA N°16

HUESO QUILMES

MUESTRAS	N°1	N°2
Retiene Tamiz n°4(4,76mm)	0.0%	0.0%
" " n°8(2,38mm)	31.2%	12.5%
" " n°30(0.59mm)	61.4%	84.5%
" " n°40(0.42mm)	2.4%	1.0%
Pérdida y pasan n°40	<u>5.0%</u>	<u>2.0%</u>
TOTAL	100 %	100%
Materia grasa % (crudo)	4,80	1,50

PLANILLA N°17

HUESO PONTEVEDRA - MERLO

MUESTRAS	N°1	N°2	N°3
Retiene Tamiz n°4 (4,76mm)	0,5%	0.2 %	
" " n°8 (2,38mm)	80.3%	14.4%	
" " n°30(0,59mm)	19.2%	85.2%	
" " n°40(0.42mm)		0.1%	
Pérdida y pasa n°40		<u>0.1%</u>	
TOTAL	100%	100%	
Materia grasa (crudo)	0.51	0.51	

PLANILLA N°18

FORMA DE QUEMADO DE ALGUNAS DE LAS COLUMNAS UTILIZADAS

	Columna I	Columna II	Columna III	Columna IV	Columna V
Temperatura de calcinación	350°C	450°C	550°C	550°C	570°C
Tiempo p/alcanzar T°	1 hora	45'	15'	15'	45'
Humectación	-----	----	sí	sí	-----
Temperatura de estabilización	450°C	450°C	500°C	550°C	470°C
Tiempo de permanencia	15'	10'	15'	5'	10'
Tiempo total	1h 15'	55'	30'	20'	55'
Pérdida de peso	10%	17%	18%	16%	20%
Color de material seco	marrón grisa- ceo sua ve	marrón grisa- ceo	gris oscu- ro	gris oscu- ro	gris oscu- ro

PLANILLA N°19

ACTIVIDAD DE LAS COLUMNAS I A V

COLUMNA	CARRERAS	RENDIMIENTO FLUOR/HUESO gr/Kg	TIEMPO DE PA- SAJE (HORAS) por litro	AGUA DE ESTU- DIO
I	1	1,55	2	9 de Julio
	2	1,22	2	" " "
	3	1,10	2	" " "
II	1	1,53	2	Dorrego
	2	1,26	2	"
	3	1,20	2	9 de Julio
III	1	1,83	2	9 de Julio
	2	1,31	2	Ameghino
	3	1,25	2	9 de Julio
IV	1	1,64	2	9 de Julio
	2	1,35	2	" " "
	3	1,40	2	Ameghino
V	1	1,53	2	Dorrego
	2	0,95	2	"
	3	1,6	2	9 de Julio

PLANILLA N°20

ANALISIS DE LAS AGUAS UTILIZADAS EN COLUMNAS I a V
PREVIA CORRECCION A PH APROXIMADAMENTE = 7,6

LOCALIDAD :	AMEGHINO BALBIN	AMEGHINO OTAZUA	9 de JULIO
pH mg/l	8.35	8.35	7.70
Arsenico	1.00	1.40	0.40
Fluor	12.50	12.40	3.80
Vanadio	3.50	3.00	0.50
Alcalinidad(CO ₃ Ca)	1.255	1.250	520
Cloruros(Cl ⁻)	167	170	64
Dureza (CO ₃ Ca)	28	30	50
Sulfatos (SO ₄)	149	149	31
Nitratos(NO ₃ ⁻)	15	17	5
Residuo seco 105°C	2.073	2.063	800

PLANILLA N° 21

Procedencia: Ameghino (Gral Pintos) Provincia de Buenos Aires

Fuente: Pozo semisurgente

F ECHA DE EXTRACCION	23-IV-80 mg/lit	2-IV-81 mg/lit	12-X-81 máxima mg/lit
Alcalinidad total(enCO ₃ Ca)	1525	1540	1370
Arsénico(As ⁺⁺⁺)	1.00	0.50	0.85
Cloruros(Cl ⁻)	177	213	78
Dureza total(en CO ₃ Ca)	34	43	48
Fluor (F ⁻)	10	9.0	10
Nitrato (NO ₃ ⁻)			24
Residuo seco a 105°C	2.515	2.568	1.845
Sulfatos(SO ₄ ⁼)	161	158	69
Vanadio (V)	2.75	1.80	3.20
pH	8.25	8.15	7.90

PLANILLA N°22

Procedencia : Médanos (Prov.de Buenos Aires)

Fuente: Pozo semisurgente

Profundidad: 15 metros

FECHA DE EXTRACCION	14- X -80 mg/lit	2-X-81 mg/lit	18-II-82 máxima mg/lit
Alcalinidad total (en CO ₃ Ca)	895	870	890
Arsénico (As ⁺⁺⁺)	0.90	0.50	0.65
Cloruros (Cl ⁻)	280	334	340
Dureza total (en CO ₃ Ca)	66	68	54
Fluor (F ⁻)	14,50	13,00	14,30
Nitrato (NO ₃ ⁻)		23	46
Residuo seco a 105°C	2.163	2.345	2.415
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	334	409	420
Vanadio (V)	2,5	2,50	2,25
pH	8,2	7,9	8,1

PLANILLA N°23

COLUMNA H

Diámetro de la columna 3,60 cm
Superficie filtrante 10,17 cm²
Peso del hueso desengrasado con soda 250 grs
Altura del manto del hueso 25 cm
Granulometría del hueso 0,84 a 2,38 mm

Agua F=mg/l	Litros pasados	pH inicial	pH final	Rendimiento gr/kg	Tiempo de pasaje l/hora	LOCALIDAD
13	38	8,25	8,30	1.71	2,30	Ameghino n°14
19	22	8,15	8,50	1.40	6.00	" n°60
19	24	8.15	8.75	1.50	2.30	" n°60
19	30	8.15	8.60	1.20	4.00	" n°60
13	22	8.25	8.30	1.00	3.30	" n°14
14,4	15	8.15	8.40	0.64	3.00	" n°69
14,4	18	8.15	8.50	0.89	3.15	" n°69
14,4 y 13,8	18	8.15	8.60	0.63	2.45	" n°69
12,8	18	8.15	8.40	0.78	3.15	" n°69
13,6	18	7.80	8.40	0.63	3.15	" n°6
13,6	20	7.80	8.00	0.90	4.10	" n°6
13,6	16	7.90	8.30	0.68	3.40	" n°6
11,4	20	7.90	8.30	0.70	3.00	" n°1
11,4	22	7.90	8.20	0.81	3.15	" n°1
13,6	18	7.90	8.30	0.75	3.00	" n°6
13,6	12	7.90	8.50	0.82	3.00	" n°6
13,6	30	7.90	8.40	1.40	3.30	" n°6
11,4	16	8.25	8.50	0.56	4.00	" n°14

PLANILLA N°24

COLUMNA P

Diámetro de la columna 3,6cm
 Superficie filtrante 10,17 cm²
 Peso del hueso calcinado a 600°C 15' 190 gr
 Altura del manto de hueso 22,5 cm
 Granulometría del hueso 0,84 a 2,38mm

agua mg/l	litros pasados	pH inical	pH final	Rendimiento gr/Kg	Tiempo de pasaje	LOCALIDAD
13,6	20	7.90	8.40	1.32	3.15	Medanos n°6
14,4	20	8.25	8.50	1.13	4.15	Ameghino n°69
13,6	16	7.90	8.20	1.02	3.30	Medanos n°6
12,5	15	8.25	8.20	0.78	3.45	Ameghino n°14
12,5	10	8.25	8.40	0.63	3.45	" n°14
12,5	10	8.25	8,40	0,62	3.40	" n°14
14,4	12	8.25	8.20	0.74	3.30	" n°69
11,4	12	7.80	8.40	0.72	4.00	" n°1
11.4	14	7.90	8.30	0.62	3.00	" n°1
11.4	12	7.90	8.20	0.71	3.00	" n°1
13.6	10	7.90	8.20	0.60	3.00	" n°6

PLANILLA N° 25

HUESO N° I

peso hueso crudo : 500 grs

contenido de grasa: 0,73% - 0,48%

humedad: 9,5%

Velocidad de giro del horno: 13 rpm

Temperatura de quemado máxima: 520°C

Pérdida por calcinado: 41 %

Hueso útil: 59%

Color del hueso quemado: marrón

TECNICA DE QUEMADO EN HUESO N°I

TIEMPO	TEMPERATURA	AIRE	OBSERVACIONES
10'	20°	40	↓
20'	50°	40	
25'	85°	40	
30'	110°	40	
35'	135°	40	
40'	155°	40	
45'	180°	40	
50'	200°	40	
55'	225°	40	
60'	260°	40	
65'	300°	40	↓
70'	315°	25	mucho humo
75'	345°	25	casí sin humo
80'	365°	25	" " "
85'	385°	25	" " "
90'	390°	12	" " "
95'	410°	sin aire	" " "
100'	465°	" "	" " "
105'	470	" "	" " "
110'	490	" "	" " "
115'	520	" "	" " "
120'	520	" "	se para el quemado.

PLANILLA N°26

Hueso n°II

Peso hueso crudo: 500 gr

Contenido de grasa: 4,8%

Humedad: 11%

Velocidad de giro del horno: 2,5 Rpm

Temperatura de quemado máxima: 500°C

Pérdida por calcinado : 38%

Hueso útil: 62%

Color del hueso quemado: marrón claro

PLANILLA N°26 bis

TECNICA DE QUEMADO EN HUESO N°II

TIEMPO	TEMPERATURA	AIRE	OBSERVACIONES
5'	30°	25	
10'	55°	25	
15'	90°	25	
20'	125°	25	
25'	165°	40	
30'	200°	40	↓ humo
35'	240°	60	
40'	285°	60	↓
45'	320°	60	noco humo
50'	350°	25	
55'	370°	25	
60'	385°	25	↓
65'	390°	25	se para el aire
70'	400°		
75'	450°		
80'	480°		
85'	500°		
90'	500°		

PLANILLA N°27

Hueso n°III

Peso hueso crudo: 500 grs

Contenido de grasa: 0,40%

Humedad: 12%

Velocidad de giro del horno

Temperatura de quemado máxima: 490°C

Pérdida por calcinado: 31,5%

Hueso útil: 68,5%

Color de hueso quemado: marrón

TECNICA DE QUEMADO EN HUESO N°III

TIEMPO	TEMPERATURA	AIRE	OBSERVACIONES
5'	30°	25	
10'	70°	25	
15'	80°	40	
20'	120°	40	
25'	160°	"	
30'	185°	"	
35'	220°	"	
40'	255°	47 (máximo)	
45'	275°	"	
50'	280°	"	
55'	280°	40	
60'	300°	40	
65'	320°	25	
70'	340°	25	
75'	350°	25	
80'	450°	25	
85'	460°	25	
90'	475°	25	
95'	490°	25	
100'	490°	25	

PLANILLA N°28

Hueso n°IV

Peso hueso crudo: 400 grs

Contenido de grasa 0,51%

Humedad: 12%

Velocidad de giro del horno

Temperatura de quemado máxima : 490°C

Pérdida por calcinado: 38%

Hueso útil: 62%

Color del hueso quemado: gris amarillento homogéneo

TECNICA DE QUEMADO EN HUESO N°IV

TIEMPO	TEMPERATURA	AIRE	OBSERVACIONES
5'	30°	12	↓ humo humo humo humo sin humo
10'	80°	25	
15'	140°	40	
20'	170°	40	
25'	185°	40	
30'	210°	máximo	
35'	240°	"	
40'	275°	"	
45'	320°	40	
50'	335°	25	
55'	380°	25	
60'	420°	12	
65'	420°	12	
70'	455°	12	
75'	490°	12	
80'	490°	12	
85'	490°	12	

PLANILLA N°29

HUESO CAÑUELAS

	C-4 N°1	C-5 N°2	C-6 N°3	C-13 N°4	C-14 N°5	N°6
Materia grasa crudo	0.48	1.26	0.73	0.40	1.43	0.48
" " calcinado	0.01	0.01	0.02	0.01	0.011	----
T°media	600°C	550°C	650°C	600°C	600°C	500°C
Pérdidas por calcinación	40%	40%	----	----	47%	37,2%
Superficie específica m ² /gr	45	67	----	----	78	----
Idem hueso crudo	2					
Rendimiento gris F ⁻ x kilo hueso	2.21	3.20	2.27	----	4.03	3.39
2da corrida	1.81	2.96	1.72	----	----	----
3ra corrida	----	1.97	----	----	----	----

PLANILLA N°30

HUESO QUILMES

	C-11 N°1	C-12 N°2	N°3
Materia grasa erudo	4.8	1.50	
" " calcinado	0.004%		
T°media	520°C	520°C	490°C
Pérdida por calcinado	40%	45%	46%
Superficie específica m ² /gr			
Rendimiento gr fluor x kg hueso	3.11	4.61	4.47

PLANILLA N°31

HUESO PONTEVEDRA - MERLO

	C-17	C-18	
	N°1	N°2	N°3
Materia grasa crudo	0.51	0.51	0.51
" " calcinado	0.01%	0.009%	
T°media	600°C	450°C	500°C
Pérdida por calcinación	40%	----	38%
Superficie específica m ² /gr	99	120	
Rendimiento gr fluor x kilo hueso	6,35	8,30	5,69

RESULTADO	HUESO QUEMADO EN EL CETMIT									
COLUMNA N°	4	5	6	9	11	12	13	14	17	18
Temperatura de quemado C°	500) 700)	(450) (650)	(500) (700)	(250) (850)	(200) (600)	(200) (600)	600	600	600	450
Temperatura media C°	(600)	(550)	(650)	(600)	(520)	(520)	600	600	600	450
Tiempo de quemado	20'	20'	20'	20'	30'	30'			15'	15'
Aire	natur.	natur	forza do min	bajo	máximo	máx.	---	natur.	nat.	nat.
Superficie específica(m ² xgr)	---	67	---	23	---	---	---	78	99	120
Corrida 1 Rendimiento gr/Kg	2,21	2,81	2,27	0,97	2,50	2,50	2,50	3,10	3,70	4,50
Corrida 2 " " "	1,81	2,96	1,72	0,67	---	---	---	---	---	---
pH de ingreso del agua	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	-	-	<7,6	<7,6	<7,6

PLANILLA N° 32

PLANILLA N° 33

Regeneración del lecho de hueso con solución de soda cáustica al 1-1,2%
El volumen de solución de soda utilizada es igual a dos veces el del hueso. En cada caso se recircula ocho veces cada uno

A

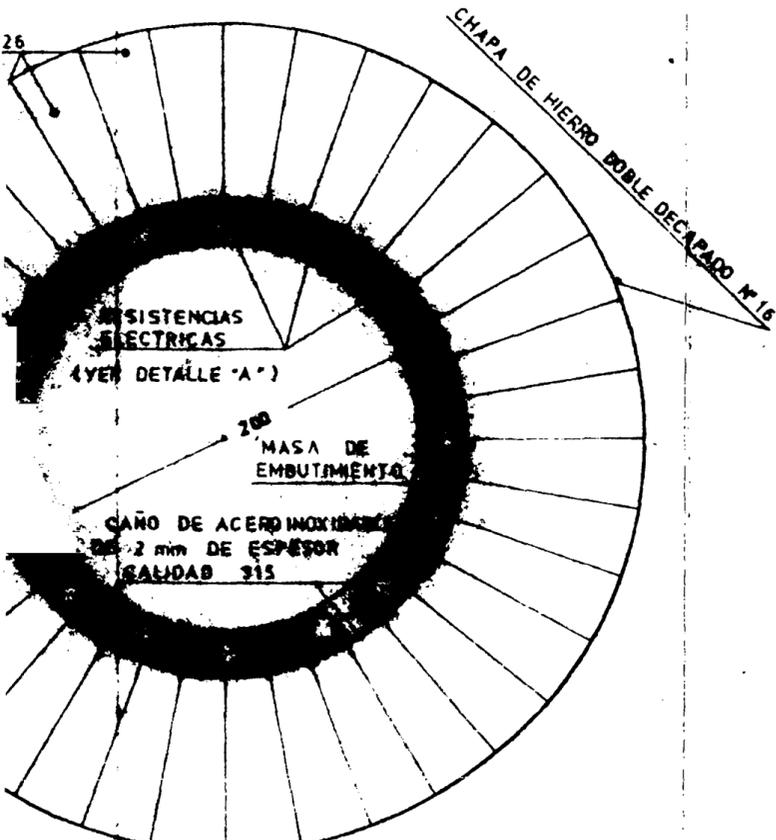
	1ra soda	2da soda	3ra soda
Volumen de soda respecto al total	33%	33%	33%
Residual de soda cáustica hallada (OH Na%)	0,00-0,20	0,10-0,65	> 0,65
Frecuencia %	92	98	80

B

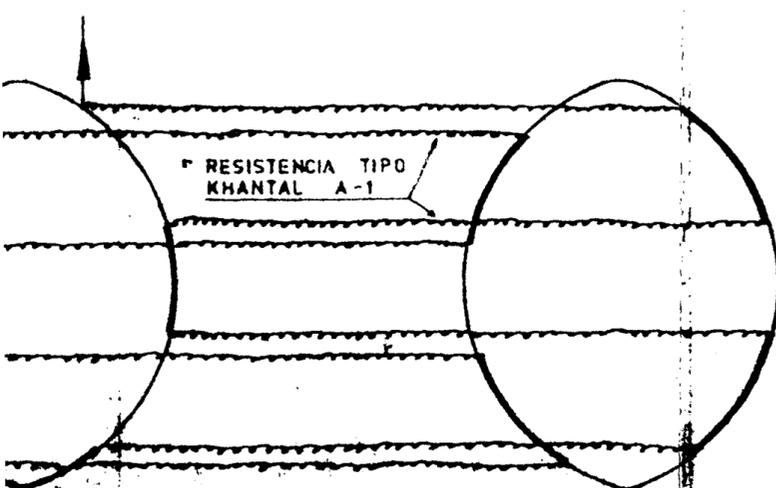
	1ra soda	2da soda	3ra soda
Volumen de soda respecto al total	20%	20%	60%
Residual de soda cáustica hallada (OH Na%)	0,00-0,20	0,10-0,65	> 0,65
Frecuencia %	98	99	80

TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE PLANTA CORRECTORA DE FLUOR

Fuente - Planta Correc. Fluor. mg/l	17,70	51	60	60	60	60	108	125	125	130	130
ENSAYOS	Porcentaje de Reducción de Fluor (%)										
0,5 Mg 0,5 %	-	74,6	46,7	60,0	45,3	-	-	-	-	-	-
0,4 Mg 1 %	72	-	84,0	89,4	58,4	90,0	70,0	-	-	-	-
0,4 Mg 2 %	76	-	91,7	88,7	91,4	-	90,75	90,8	88,4	-	-
1 1 %	53	45,5	57,7	52,7	-	-	53,7	79,0	63,2	56,6	57,7
2 %	55	-	60,0	57,0	-	-	59,8	-	68,4	57,0	61,6
0,12% 0,50%	-	55,3	60,7	54,3	-	-	-	73,6	-	-	-
0,75% 0,50%	-	56,1	65,4	55,0	-	-	-	76,0	-	-	-
0,4 Mg 0,25% Cal 1 %	-	56,1	54,3	65,0	43,0	-	-	78,4	-	-	-
0,4 Mg 0,25% Cal 2 %	-	-	66,7	72,0	-	-	-	-	-	-	-
0,4 Mg 0,50% Cal 0,50%	66	-	61,0	-	-	-	67,6	65,6	-	-	-
0,4 Mg 0,50% Cal 1 %	60	-	70,0	74,4	66,0	-	70,9	72,9	72,8	57,0	-
0,4 Mg 0,50% Cal 2 %	-	-	70,0	74,0	90,7	-	-	-	-	60,4	-
0,4 Mg 1 % Cal 0,50%	67	70,2	75,0	67,3	-	-	80,0	84,0	78,4	-	-
0,4 Mg 1 % Cal 1 %	-	-	80,0	76,4	87,4	-	-	-	-	-	-
0,4 Mg 1 % Cal 2 %	72	-	78,0	88,0	83,0	88,0	77,8	82,0	-	83,0	-
0,4 Mg 2 % Cal 0,50%	-	-	91,4	89,4	89,3	92,5	90,7	-	-	-	-
0,4 Mg 2 % Cal 1 %	72	-	84,0	83,5	-	-	86,1	88,0	-	-	-
0,4 Mg 2 % Cal 2 %	-	-	83,4	83,5	-	-	-	-	-	-	-



SECCION TRANSVERSAL DEL HORNO



DISPOSICION DE LAS RESISTENCIAS

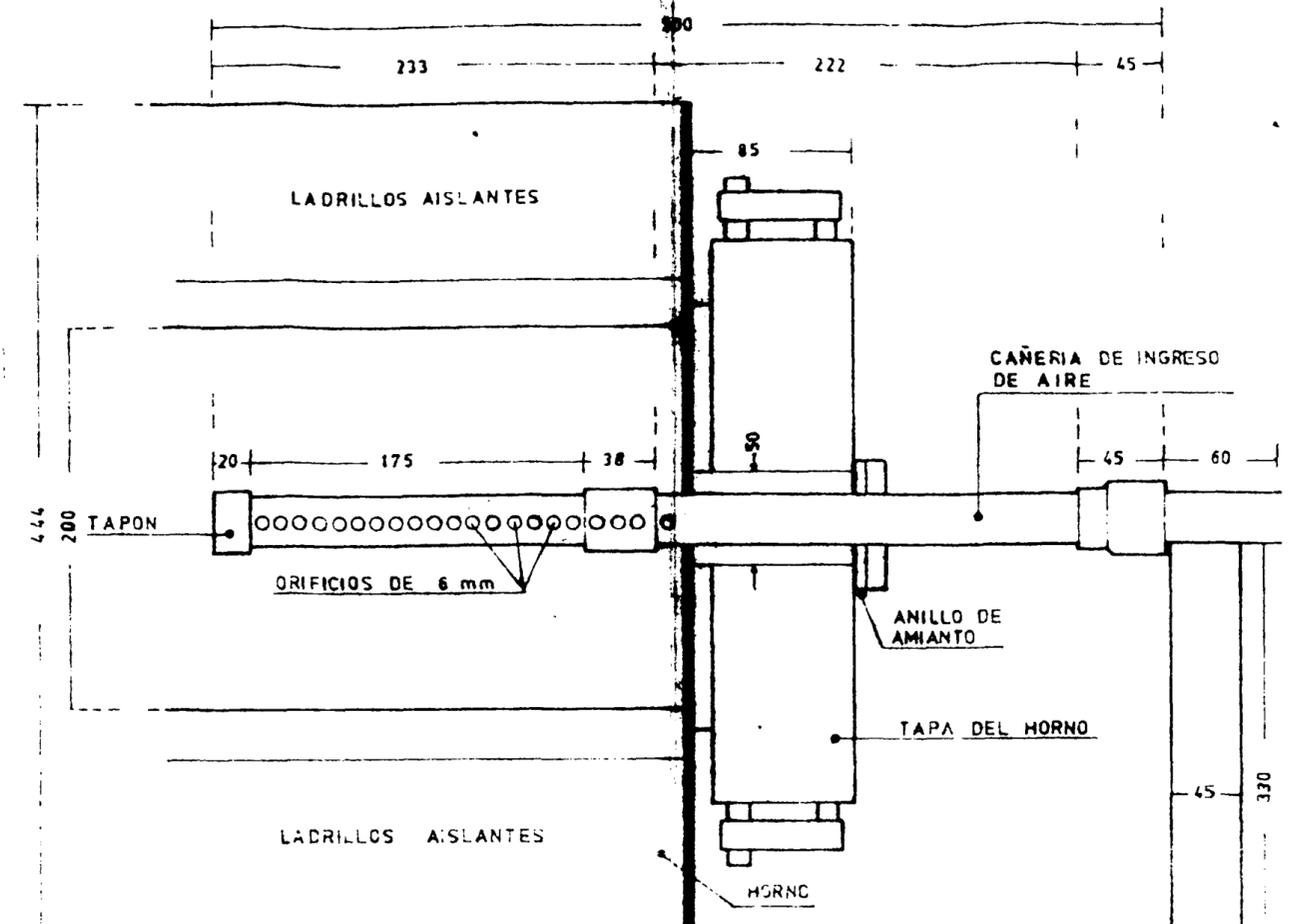


FIGURA 3 DETALLE DE TAPA Y CAÑERIA DE VENTILACION

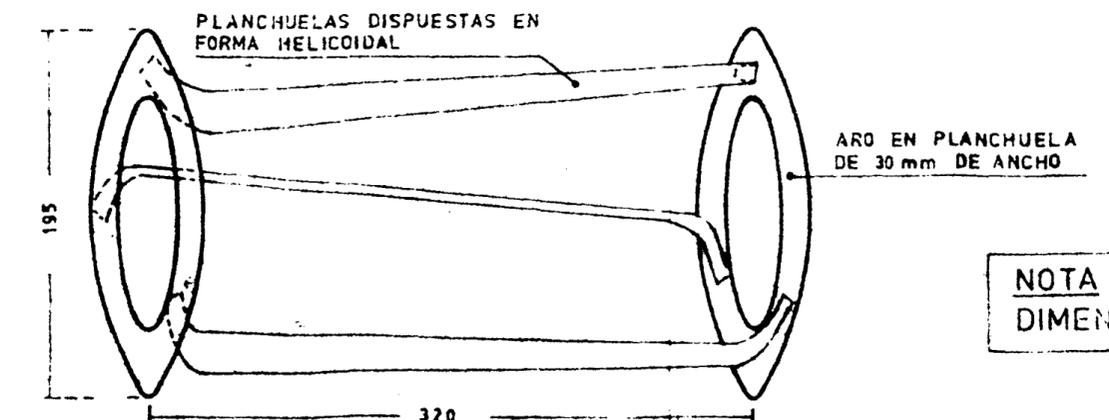


FIGURA 2 AGITADOR DESMONTABLE EN INTERIOR DE HORNO

NOTA
DIMENSIONES EN MILIMETROS

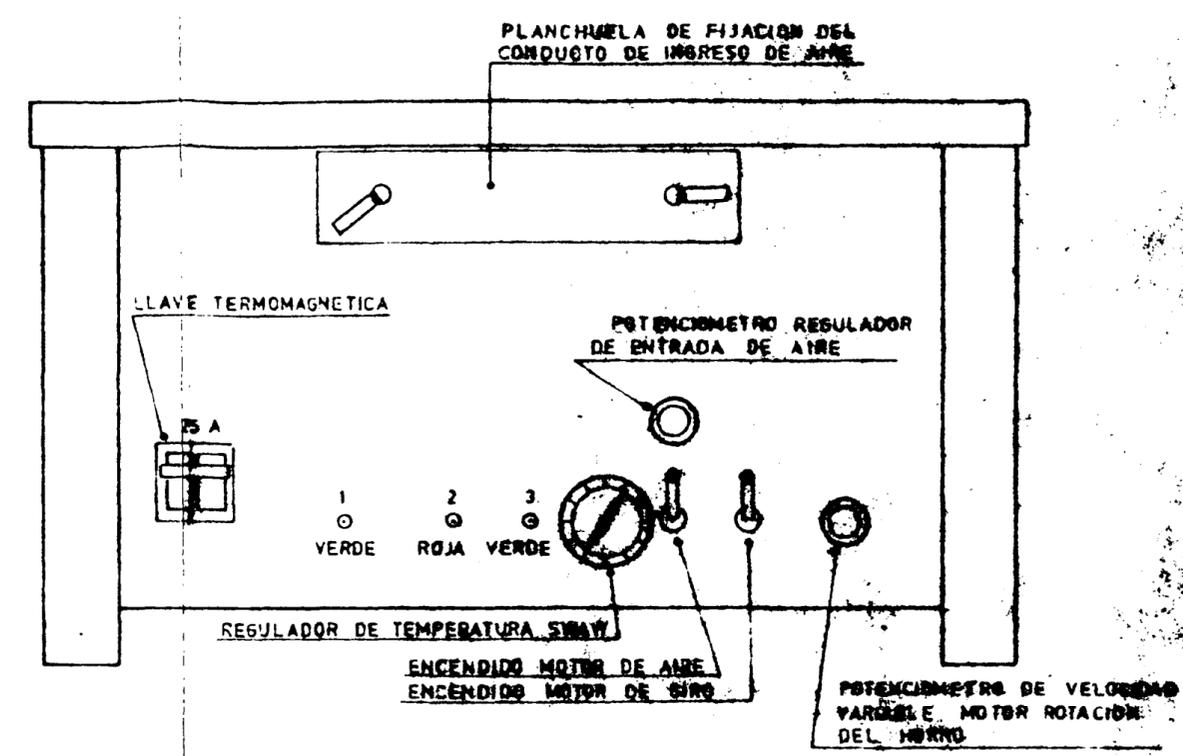


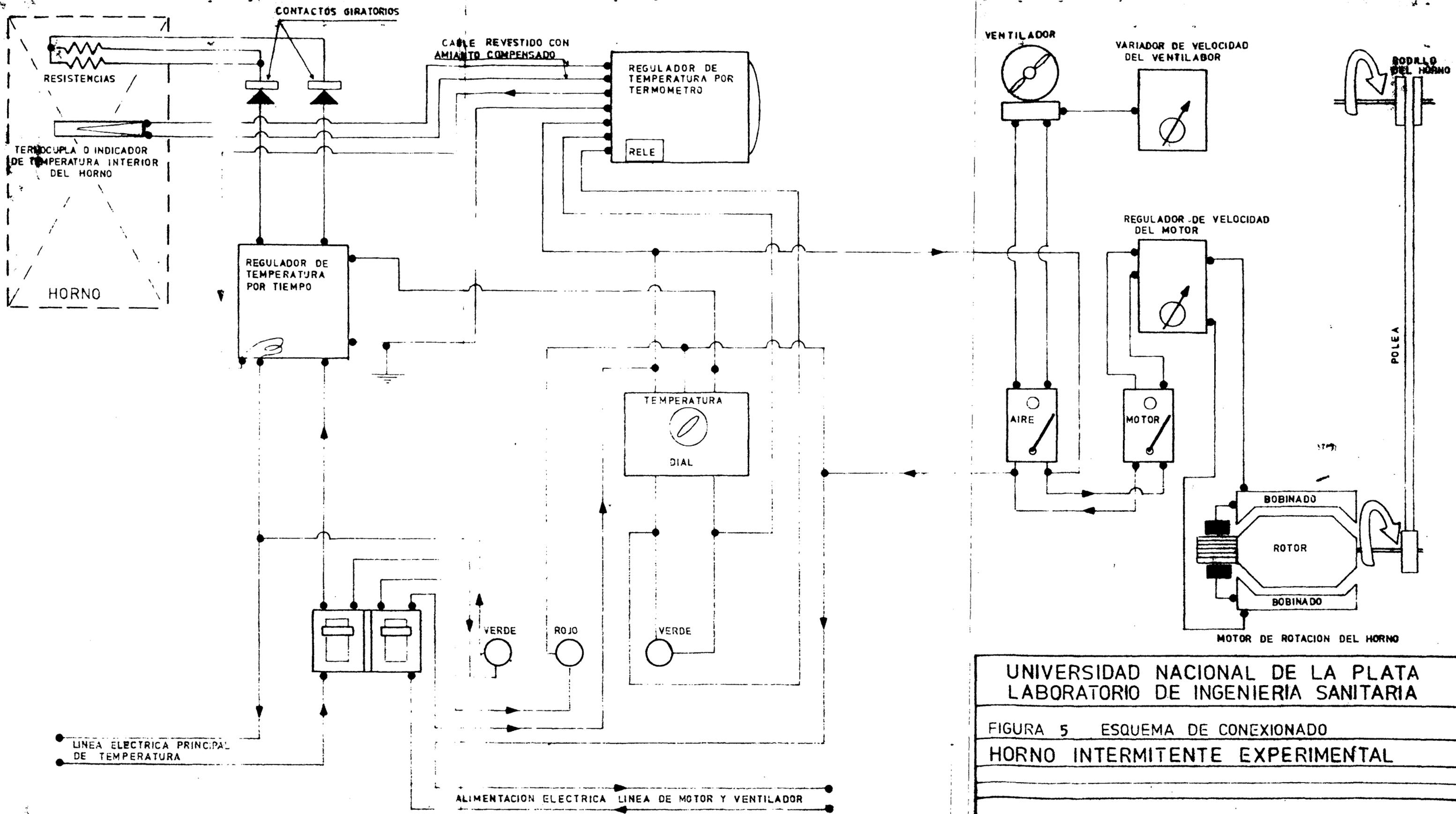
FIGURA 4 PANEL DE COMANDO DEL HORNO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

FIGURAS 1-2-3-4 ESCALA 1/3

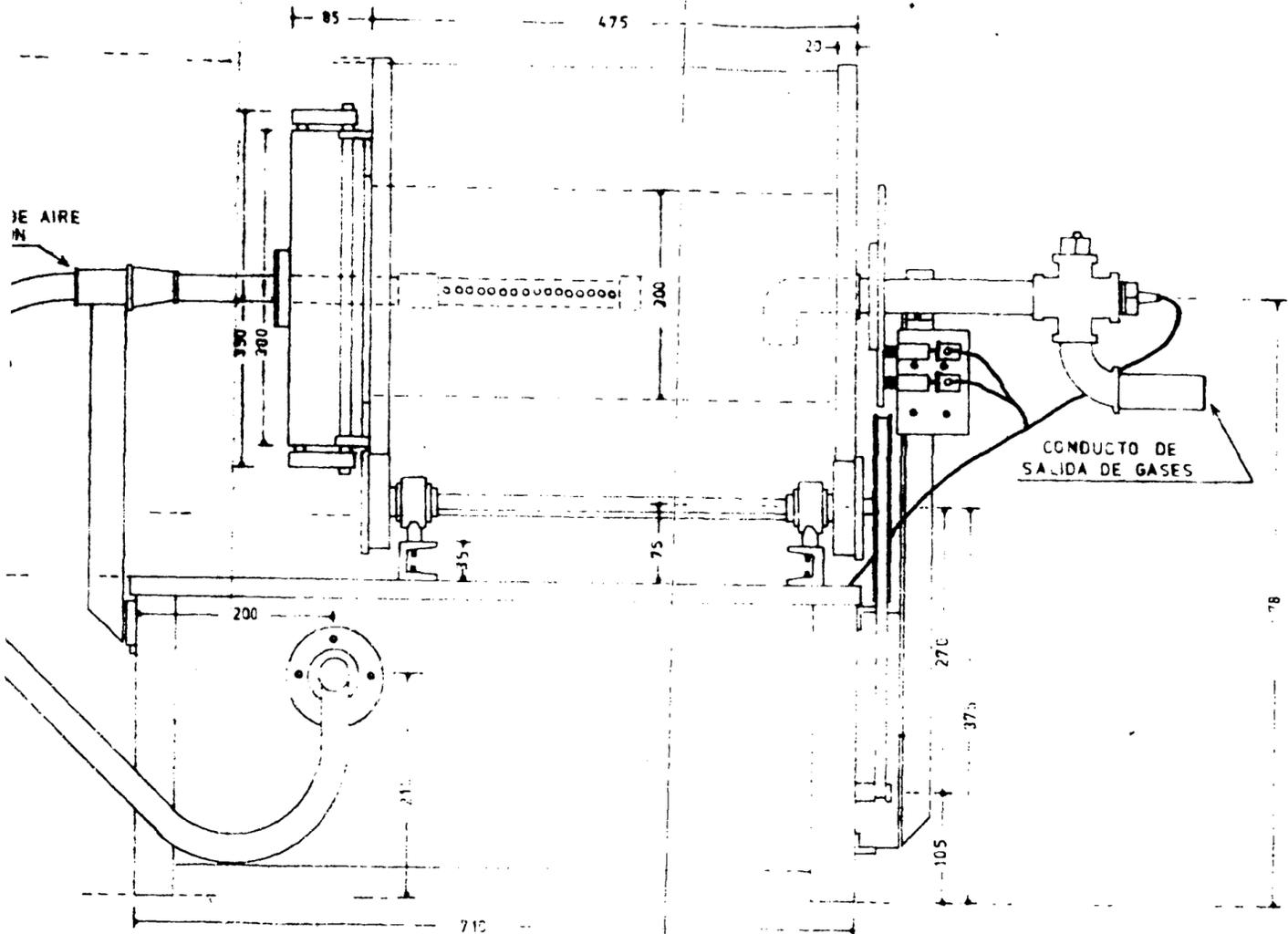
HORNO INTERMITENTE EXPERIMENTAL

El Pasca

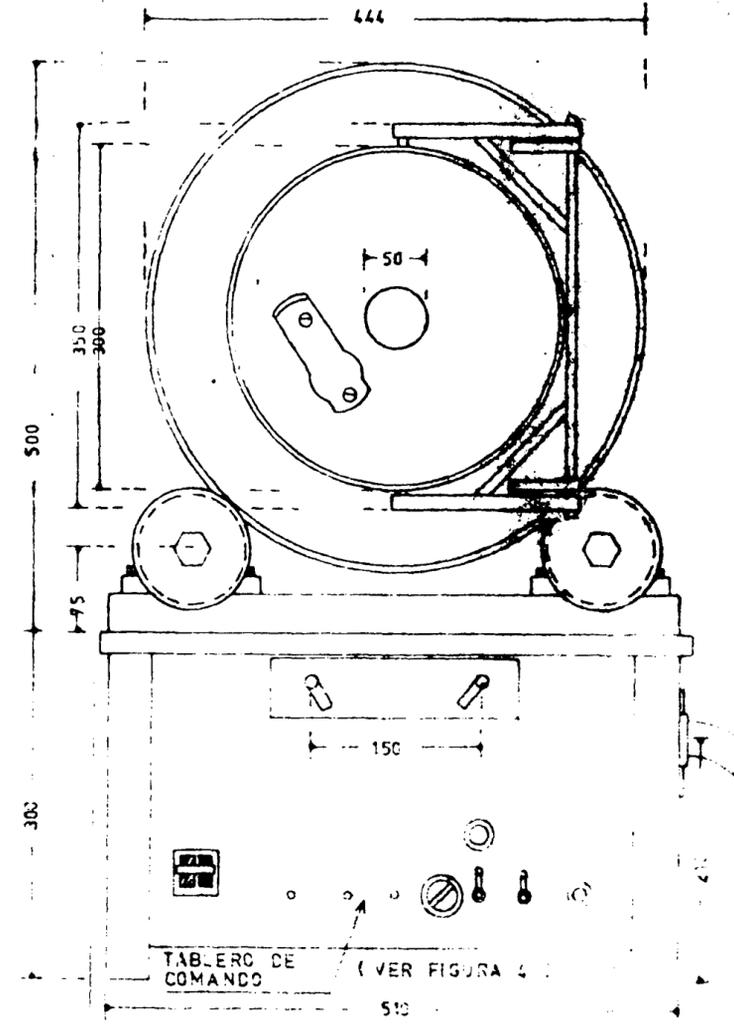


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
 LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

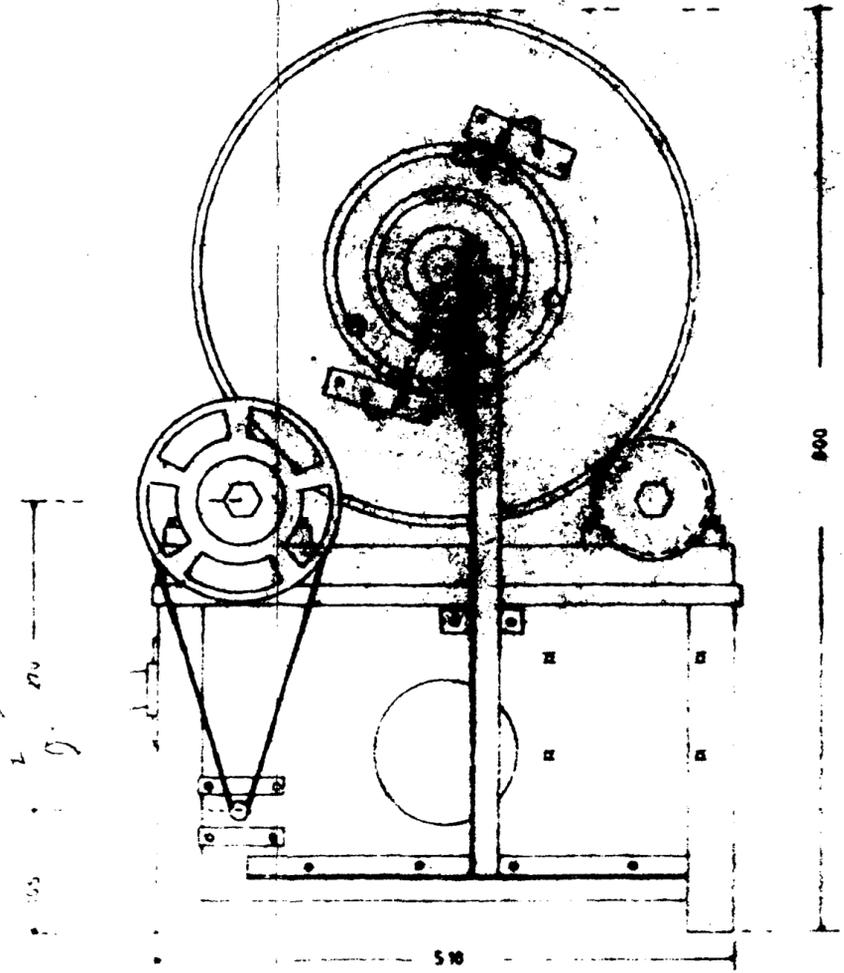
FIGURA 5 ESQUEMA DE CONEXIONADO
 HORNO INTERMITENTE EXPERIMENTAL



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR

NOTA
DIMENSIONES EN MILIMETROS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA	
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA	
VISTAS FIGURA 6	ESCALA 1:5
HORNO ROTATORIO INTERMITENTE EXPERIMENTAL	

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Franz S.Maier: Manual of water fluoridation Practice Mc Graw Hill. 1963.
- 2 - Franz S.Maier: Fluoruración del agua potable O.M.S.-1971.
- 3 - Org.Mundial de la Salud O.M.S. : Normes Internationales applicables a l'eau de boisson.Geneve 1958.
- 4 - State of California: Water Quality Criteria. SWPCB Publication n°3 1952.
- 5 - Deeble B. : Cationic polyanimes as primary coagulants Inst.of water Engineers and Scientists Magazine May 1976.
- 6 - Ember Lois : "The specter of cancer": - Environmental Science and Technology. Vol 9 n°13-Dic.1975
- 7 - Callegaro R.S. y Alvarado E.S.de : -El fluor en las fuentes de agua de la Provincia de Buenos Aires. Excreción y dosaje.
- 8 - Castro José A.: "Efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratógenicos del arsenico" - Acta bioquímica clínica latinoamericana. Vol.XVI-Marzo 1982.
- 9 - Parlatore Antonio C.: Norma sobre "Agua para consumo humano de sistemas públicos de abastecimiento urbano:C.E.T.E.S B. - Brasil 1976.
- 10 - Black A.P. - Ball A.I.-R.A.Boudet : "Effectiveness of polyelectrolyte coagulant aids in turbidity removal": J.A.W.W. A.Feb.1959.
- 11 - Sorg Thomas : "Treatment technology to meet the interim primary drinking water regulations for inorganics-Water technology quality.Feb.1978.
- 12 - Harris R.-Dallaire G. etc. "Are cities doing enough to remove cancer causing chemicals from drinking water" Civil Engineering.Sept.1977.
- 13 - Naumovich Daniel : "Solución técnico-economica para plantas desfluorizadoras a abase de fosfato tricalcico" Santa Rosa-Prov.La Pampa-1971.

BIBLIOGRAFIA
(continuación)

- 14 - Astolfi-Besuschio-Garcia Fernandez-Guerra y Maccagno : "Hidroarsenicismo crónico regional endémico. Año 1982.
- 15 - Gavarotto Marfa Cristina-Marfa D. Mazzola de Martinez - T. Petcheneshky-C. Piliser de Sued. "Contenido de arsénico en aguas de la República Argentina" 6° Congreso Argentino de Saneamiento-21 a 25 de setiembre de 1983.
- 16 - Biagini Roberto E. y Salvador Miguel Angel: "Arsenicismo crónico en la Provincia de Salta" 6° Congreso Argentino de Saneamiento. 21-25 Setiembre - 1983.
- 17 - Logsdon G.S.-Simons S.M. -"Removal of trace inorganic by drinking water treatment unit processes" Cincinnati, Ohio-National Environmental Research Center-1973.
- 18 - Mendoza Gamez G. - Gomez Salas D. "Remoción de arsénico de las aguas naturales" México, Universidad Autónoma de México. 1976.
- 19 - Monti H.S.-Mauro F.O. : "Remoción de arsénico de aguas destinadas al consumo humano" Ingeniería Sanitaria. junio 1976.
- 20 - Trelles R.A. - Gonzalez Pocard A.R.- Ducau E.E.: Ensayos en una planta de eliminación de arsénico en aguas destinadas a la bebida" - Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria. Buenos Aires-Noviembre de 1952.
- 21 - Trelles R.A.-Larghi A.-Paez J.P. : "El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana con contenidos elevados de As -V y F"
- 22 - Instituto de Investigaciones biomédicas. "Boletín de efectos carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos. Vol.1 n°1 "Arsénico" - Universidad Nacional de México. 1979.
- 23 - Drinking Water detoxication: M.T. Gillies-New Jersey U.S.A. 1978-pág. 23 a 24 y pag. 295 a 311.
- 24 - Inorganic Chemical Industry -Processes, toxic effluents and pollution control: 1978, págs. 61-64-148-150.

BIBLIOGRAFIA

(continuación)

- 25 - Greiber Rosa, Gonzalez Ignacio, Puga, Federico: "Estudio epidemiológico y clínico del hidroarsenicismo en Antofagasta" año 1968.
- 26 - Borchichi Ramón, Ramirez Angel C.: "Aguas arsenicales en la Provincia del Chaco" - VII Congreso Nacional del Agua. Resistencia. Chaco, Año 1975.
- 27 - Callegaro R.S.-Deambrosi N. - Cusimano N. - Cotta E.: Arsenico, flúor y Vanadio. Técnicas para corregir su exceso. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. Año 1976.
- 28 - Clifford D., Matson S., Kennedy R.: "Activated alumina rediscovered "adsorbent" for fluoride, humic acids and silica.- Ind. water Engineering Vol. 15 N° 7 - Diciembre de 1978.-
- 29 - O.M.S.: "NORMAS internacionales para el agua potable". Ginebra 1972.
- 30 - Botteri Amadeo B. - Dameri, Aldo B.: " Estudio técnico-económico para la puesta en marcha de plantas de defluoración en la República Argentina". S.N.P. 1968