

70

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE CONTAMINACION AMBIENTAL DEBIDO  
A LA INDUSTRIA METALURGICA DEL CROMO  
EN EL ESTADO DE MEXICO



T E S I S  
QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
PRESENTAN  
DANIEL ESPINOSA ZARATE  
OSCAR GONZALEZ GONZALEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Jurado Asignado:

Presidente Prof.: ALICIA BENITEZ DE ALTAMIRANO

V o c a l Prof.: ALBERTO OBREGON PEREZ

Secretario Prof.: JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA

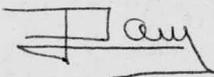
1er Suplente " : FRANCISCO FERNANDEZ NORIEGA

2° Suplente " : ALEJANDRO ESPRIU MANRIQUE DE LARA

Sitio donde se desarrolló el tema:

FACULTAD DE QUIMICA.

Sustentantes:

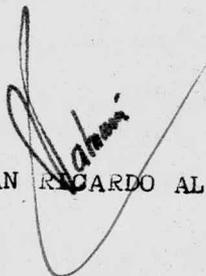


DANIEL ESPINOSA ZARATE



OSCAR GONZALEZ GONZALEZ

Asesor:



I.Q.M. JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA

AL I.Q.M. JUAN RICARDO ALBARRAN LUNA  
POR SU VALIOSA AYUDA.

I N D I C E

1.-	Introducción	pag. 1
II.-	Efecto de la contaminación del cromo en el Ecosistema.	pag. 6
III.-	Principales industrias que manufacturan cromo en el Edo. de México y sus procesos.	pag. 20
IV.-	Evaluación de la contaminación por la industria del cromo en el aire, el agua y el suelo.	pag. 30
a.-)	Diagrama de flujo de la industria tomada como ejemplo.	pag. 31
b.-)	Muestreo.	pag. 33
c.-)	Análisis: Aire, Agua y Suelo.	pag. 43
V.-	Evaluación de los resultados.	pag. 48
VI.-	Recomendaciones.	pag. 55
VII.-	Bibliografía.	pag. 71

CAPITULO I. -

INTRODUCCION.

El desarrollo de la contaminación ambiental en México, ha ido creciendo más conforme pasa el tiempo, es por ello que se quiso hacer un estudio acerca de la contaminación ambiental provocada por la industria metalúrgica por lo que se ha tomado como referencia la gran contaminación que ha alcanzado el cromo en el estado de México.

Antes de empezar a tratar éste problema que -- afecta tanto a los seres humanos como al ecosistema en general, se hará un breve resumen sobre el cromo:

El descubrimiento del cromo se debe a Vauquelin que en el año 1797 lo encontró en el llamado plomo rojo - de Siberia, mineral que ya había sido descrito por Lehmann en 1766. El nombre de cromo, dado por Vauquelin, deriva del griego y significa color; a causa de los diversos matices de las combinaciones de dicho elemento. Al año siguiente del descubrimiento de Vauquelin fue encontrado el cromo por Tassaert en un mineral de hierro, o sea en el hierro cromado, y por Rose en la serpentina. Bunsen en -- 1854, obtuvo por vez primera el cromo elemental electrolizando el cloruro, y Moissan, en 1893, pudo reducirlo en el horno eléctrico mediante el carbón. El procedimiento actual de la obtención del cromo por aluminotermia se debe a Goldschmidt, que lo aplicó a la industria en 1898.

Estado Natural.- El principal mineral de cromo es la cromita o hierro cromado,  $Cr_2O_3 \cdot FeO$ , en el cual el óxido de hierro puede ser sustituido parcialmente por el

de magnesio; es un mineral que cristaliza en octaedros de el sistema regular y de color pardo o negro, muy abundante en Nueva Caledonia, Asia Menor y otras varias regiones

Como ocurre en el caso del Ti y V; el estado de oxidación más alto corresponde al número total de electrones 3d y 4s. Pero si Ti (IV) es el estado más estable del titanio y V (V) solo posee un carácter ligeramente oxidante, el cromo (VI) solo existe en oxo, especies como  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CrO}_4$  y  $\text{CrO}_2\text{F}_2$  y es fuertemente oxidante.

Las especies con Cr (V) y Cr (V<sup>V</sup>) se forman como intermediarios en la reducción de soluciones de Cr(VI) pero se trata de estados de oxidación que no poseen ~~comp~~uestos estables en soluciones acuosas, porque se desproporcionan facilmente a Cr(III) y Cr(VI).

El cromo es un metal blanco, duro, brillante y frágil, que funde a 1890°C aproximadamente. Es extremadamente resistente a los agentes corrosivos ordinarios, lo cual explica sus amplias aplicaciones para formar capas protectoras mediante depósito electrolítico (cromado). El metal se disuelve con cierta facilidad en ácidos minerales no oxidantes, por ejemplo; clorhídrico o sulfúrico diluido, pero no es atacado por agua regia ni por ácido nítrico, ni concentrado ni diluido.

Procedimientos de Obtención.- Para obtener el cromo se parte del hierro cromado, mineral difícilmente atacable, que se convierte en óxido férrico y cromato de calcio y sodio, solubles en el agua, mediante calcinación en contacto del aire con una mezcla de óxido de calcio y

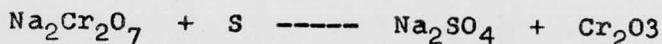
carbonato sódico, verificandose la reacción:



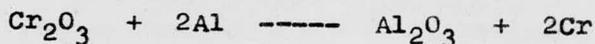
La masa resultante se pone en digestión con bisulfato sódico, que por doble descomposición, forma sulfato cálcico y dicromato sódico soluble:



Se filtra para separar el sulfato cálcico y el líquido se concentra para que cristalice el dicromato sódico, que lo hace en cristales anaranjados con dos moléculas de agua; éste dicromato se mezcla con la mitad de su peso con un reductor, como por ejemplo, el azufre, y se calienta al rojo en un crisol, formandose sulfato sódico y dejando el óxido de cromo en libertad:



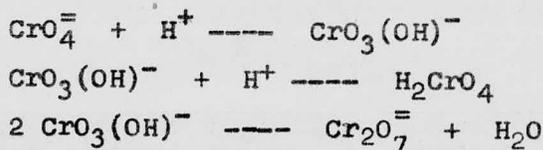
Después de enfriada la masa, se pulveriza, se lava con agua para disolver el sulfato sódico, y el residuo verde de óxido de cromo se deseca para someterlo a la reducción con el aluminio, según el procedimiento de aluminotermia de Goldschmidt; que se ha descrito en el pequeño resumen histórico acerca del descubrimiento del cromo:



El estado de oxidación más alto del cromo es el cromo (VI); y el óxido de éste cromo (VI) es fácilmente soluble en agua, es sumamente venenoso. Por encima de su punto de fusión (197°) no es térmicamente estable, pierde oxígeno para dar  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , después de pasar por una serie de etapas intermedias. Oxida vigorosamente la materia orgánica en todas sus formas; es posible preparar ésteres con -

alcoholes que potencialmente tienen un elevado poder explosivo.

La química de las soluciones acuosas del cromo (VI) es muy importante. En soluciones alcalinas se encuentra el ion cromato  $\text{CrO}_4^{=}$ , tetraédrico, de color amarillo. De estas soluciones se pueden precipitar los cromatos insolubles de  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  y  $\text{Ag}^{\pm}$ . Si se disminuye el pH, las soluciones toman color anaranjado y dan el ion dicromato  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$ . El mecanismo de esta reacción comprende la adición de un protón al cromato para dar  $\text{HCrO}_4^-$ , que luego dimeriza:



Estos equilibrios que dependen del pH del medio son equilibrios lábiles, al agregar cationes que forman cromatos insolubles, precipitan los cromatos y no los dicromatos, las especies que se encuentran dependen además de la naturaleza del ácido empleado.

Con este breve resumen ya se puede pasar a la parte interesante de esta tesis y se estima que es interesante porque la materia de desecho de la industria tomada como ejemplo es un polvo amarillo que contiene al ion cromato que es sumamente venenoso; ya que su ingestión causa dolor abdominal, vómito, choque, oliguria o anuria. El contacto cutáneo produce dermatitis excematosa y úlceraciones que incapacitan, también ocurre ulceración y perforación de la fosa nasal al ser inspirado. Se ha observado

en algunos casos hepatitis aguda.

El examen de orina revela proteinuria y hematuria. La dosis mínima letal de cromato soluble es de 5 gr.

C A P I T U L O 2 .-

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL CROMO EN EL ECOSISTEMA.

Con el nombre genérico de oligoelementos se designa en la actualidad a un grupo de elementos químicos; como por ejemplo, en cobre, cinc, molibdeno, etc., cuya característica común es que solo se encuentran en cantidades pequeñísimas en los seres vivos. Hasta la aparición de la cromatografía y de diversos micrométodos, en los análisis químicos sólo podían determinarse los indicios de éstas sustancias, a causa de la imposibilidad de evaluarlas cuantitativamente. En realidad, el analista se limitaba a señalar la presencia de cantidades pequeñísimas de ciertos elementos, en su mayoría metales con objeto de dar un informe completo, pero sin pensar que tales sustancias pudieran tener gran importancia biológica o de otro tipo.

Esta actitud, sin embargo, ha experimentado un cambio radical en los últimos años. Hoy se estima, en efecto, que los oligoelementos constituyen un factor crítico en los procesos biológicos. Sin embargo, si bien es cierto que muchos de esos elementos son críticos para bien o para mal, en la salud de los seres vivos, no es menos cierto que en algunos de ellos son neutros, al menos mientras su presencia no rebasa el nivel de indicios. En esas condiciones cabe concluir que los oligoelementos no solo pueden ser biológicamente buenos o malos, sino también indiferentes. Por ahora se tratará de estos últimos,

los relativamente inertes, para ocuparse sobre todo de -- los denominados desde hace algún tiempo metales biológi-- cos esenciales y del problema de la toxicidad. Al igual - que muchos medicamentos, algunos elementos esenciales son tóxicos en cantidades excesivas. Por otra parte, algunos metales no esenciales que no siempre se encuentran en el organismo son biológicamente activos en cantidades no tóxicas; tal es el caso, por ejemplo, del Cadmio, el Níquel y el Vanadio.

Los metales biológicos esenciales pueden considerarse como el equivalente inorgánico de las vitaminas. Ahora bien, a diferencia de éstos compuestos orgánicos, - ningún organismo vivo pueden sintetizarlos; por consiguie~~n~~te, es preciso que existan en el medio ambiente desde el punto de vista práctico, en los alimentos o en el agua po~~o~~table las pequeñas cantidades que el organismo necesita, - ya que de ello depende la vida. A este respecto vale la - pena saber que existe una clara relación entre la necesidad de ciertos oligoelementos y la distribución de éstos, tanto en la tabla periódica como en la geografía.

La estructura de los seres vivos está constitui~~d~~da en un 99% por elementos situados en los 20 primeros lu~~g~~ares de la tabla periódica. Schroeder ha afirmado que és~~to~~to quizá se deba a que las primeras formas de vida esta--ban constituidas por los elementos más abundantes, es decir el hidrógeno, el carbono, el nitrógeno, el azufre y - el oxígeno, junto con el sodio, el potasio, el calcio, el silicio, el magnesio y el fósforo. Todos estos elementos-

por supuesto se encuentran en los organismos en cantidades muy superiores a los llamados indicios. El 1% restante de la estructura corporal está constituido por elementos situados entre los lugares 21 y 42 de la tabla periódica. Las cantidades son en este caso mucho más pequeñas.

Desde el punto de vista de la evolución, los primeros en aparecer fueron probablemente el cobre y el hierro, por su función vital en las enzimas oxidativas. Sin esos dos elementos no podría existir ningún animal multicelular de cierto tamaño, suponiendo que el cobre y el hierro fueron los dos primeros metales biológicamente esenciales, lo más probable es que fueron seguidos por el cinc, el manganeso, el cromo, y el cobalto, a medida que los animales se fueron haciendo más complicados y sus órganos más especializados, con las consiguientes necesidades de enzimas dotadas de propiedades que exigían nuevos elementos. X

Teniendo en cuenta que todos estos metales biológicamente esenciales siguen excretándose por el intestino principalmente, es probable que su carácter esencial lo adquirieran en una fase filogenética anterior a la aparición del riñón, en otros términos, antes de que nuestros antepasados marinos pasasen de los océanos al agua dulce o a la tierra. El molibdeno constituye la excepción, por ser el único de los metales esenciales que se excreta principalmente por el riñón, generalmente en forma de anión, mientras que los otros suelen eliminarse por el intestino en forma de cationes. Es posible que el molibdeno haya sido el último metal añadido a la lista, después del

paso del medio marino al terrestre; aunque nunca se podrá estar seguros de esto, el hecho de que el molibdeno tenga el número atómico más elevado de la serie (42) hace pensar que, en efecto, quizá sea un recién llegado. En tal caso, el yodo (número atómico: 53) podría ser el último elemento que se ha hecho biológicamente esencial.

× Sin embargo, se estima que lo aquí señalado demuestra que los oligoelementos constituyen un problema vital para el hombre por su condición de ciudadanos de un mundo cada vez más contaminado.

× Analizando los efectos que pudiera tener el cromo en el ecosistema, se ha dividido en dos grupos; el primero referido a la agricultura y el segundo al ser humano, es este segundo grupo se tratan las lesiones y su tratamiento médico.

Efectos del cromo en la agricultura.- En experimentos realizados en invernaderos con un cierto número de plantas, en donde a la tierra usada en los campos de labranza, le son inspeccionados los efectos de los metales pesados, los síntomas de toxicidad producidos por dichos metales, incluyendo níquel y cromo se dividen en dos tipos

A) Efectos específicos de cada metal

B) Clorosis; causada por una deficiencia de hierro.

En ninguno de los experimentos realizados se encontraron efectos producidos por el punto (A). La Clorosis se presentó en muchos momentos pero este sintoma es también producido por deficiencias nutricionales.

Es obvio que la toxicidad encontrada en estos -- suelos proviene de las tierras utilizadas, pero esta toxicidad no es causada por los metales pesados; por otra parte las plantas recogidas en los campos tienen un contenido bajo de metales pesados, y su crecimiento solo está relacionado con la actuación de las soluciones de magnesio, y no con las de los metales pesados, sin embargo, estas plantas presentan una alta tolerancia a los metales pesados.

La carencia de síntomas de toxicidad por metales pesados detectables en el crecimiento de estas plantas, es una observación importante, ya que las plantas colectadas para estos suelos (maiz, tabaco, etc.) muestran una alta tolerancia a el níquel y algunos grados de cromo. Las plantas cultivadas en estos suelos no presentaron evidencias de toxicidad por metales pesados y solo se tienen algunas explicaciones para ésto: Como solo unas pocas especies fueron investigadas, es probable que el rango de susceptibilidad a los metales pesados no fueran cubiertos en la selección de especies y ésto es comprobado por Huter y Vergnano (1952) y Hwitt (1948) quienes muestran unas especies susceptibles a la toxicidad de los metales pesados.

Existe la posibilidad de que los metales pesados puedan solo raramente ser tóxicos y una fuerza muy importante cause efectos en otros iones, una interferencia con la absorción de fósforo ha sido postulado por Soane y Saunder para el cromo, ésta es una hipótesis muy atractiva la cual explica la no toxicidad de suelos con altos contenidos de metales pesados y por lo cual sustentar una peque

ña vegetación.

Efectos del cromo en el ser humano.- El cromo en el metabolismo de los hidratos de carbono y de los lípidos.- En 1959 un grupo de ratas alimentadas con una dieta experimental a base de levaduras del género torula, presentaron una intolerancia a la glucosa que pudo corregirse administrando a los animales ciertas fracciones de levadura de cerveza cuyo ingrediente activo era el cromo. El cromo solo es metabólicamente activo en la forma trivalente; en la cual parece ser un verdadero metal biológico esencial, con diversos efectos sumamente interesantes.

Las ratas de este grupo presentaron además una reducción del desarrollo y de la longevidad, hipercolesteremia y aumento de los lípidos en el íntimo de la aorta.

✓ En el hombre, las concentraciones de cromo son normalmente elevadas en el cerebro, el pelo, la piel, y la grasa, mientras que son bajas en el corazón. En todos los tejidos tienden a descender con la edad, y este fenómeno - junto con la intolerancia a la glucosa observada en las ratas con una carencia de cromo, ha sido el punto de partida de numerosos estudios sobre el papel de esa carencia en la intolerancia a la glucosa que acompaña al envejecimiento.

Tolerancia a la glucosa.- En los Estados Unidos se han administrado 150 mg diarios de cromo a 10 ancianos - aparentemente sanos, pero con curvas de glucemia anormales al cabo de uno a cuatro meses de recibir este suplemento, - 4 de los sujetos presentaron curvas normales de tolerancia a la glucosa; por otra parte, los que no respondieron al -

suplemento; presentaron un aumento menor de la concentración plasmática de cromo tras la sobrecarga de glucosa que los que dieron buena respuesta. En los diabéticos se observa una reducción de las concentraciones hepáticas de cromo.

No es claro el mecanismo por el que el cromo influye en la tolerancia a la glucosa; sin embargo, se sabe que ese metal actúa sobre diversos sistemas enzimáticos, - entre ellos la Fosfoglucomutasa y ciertos sistemas proteolíticos. A nivel celular el cromo trivalente influye como un cofactor para la insulina, facilitando su acción sobre el catabolismo de la glucosa y sobre la conversión de la glucosa en grasa.

Colesterinemia.- Tampoco se conocen bien los efectos del cromo sobre el metabolismo de los lípidos; sin embargo, los datos disponibles son apasionantes. El interés por éste problema empezó a manifestarse cuando se demostró que el cromo aumentaba la síntesis hepática de la colesteroína y de los ácidos grasos. Más tarde se observó que la carencia del cromo aumentaba la coolesterinemia, la cual descendía de nuevo si se administraban suplementos de cromo que, al mismo tiempo, eliminaban también la hipercolesterinemia que acompaña a el envejecimiento en las ratas cromoprivas. ✕

Las controversias entre hidratos de carbono refinados y no refinados salió de nuevo a la palestra cuando se observó que las ratas alimentadas con azúcar blanca (pobre en cromo) presentaban concentraciones plasmáticas de colesteroína más elevada que las alimentadas con azúcar mo-

rena o no refinada (más rica en cromo) y que esa diferen--  
cia desaparecía cuando se administraban un suplemento de -  
cromo a las ratas del primer grupo.

✕ El cromo tiene una característica común que es -  
la de formar óxidos de carácter ácido. En conclusión se -  
puede decir que el cromo en su forma trivalente se puede  
considerar como un elemento biológico esencial, pero en su  
forma hexavalente no, y por lo cual causar lesiones al ser  
humano que las ingiera.

Lesiones.- Los efectos más comunes de los croma  
tos y dicromatos principalmente alcalinos sobre los traba-  
jadores pueden ser agrupados como sigue:

A) Dermatitis.- De acuerdo con la resistencia -  
individual, el cromo produce dermatitis de severidad varia  
ble. Puede aparecer como una erupción variable difusa en -  
forma de vesículas o en forma de pápulas y suelen estar  
acompañadas de dolor e inflamación. Se localizan principal  
mente sobre las manos, cara y ocasionalmente sobre el to-  
rax y los pies.

B) Ulceras Crónicas.- Estas pueden ser únicas-  
o múltiples y alcanzan piel y tejido subcutáneo, estas úl-  
ceras se desarrollan por lo general cuando hay alguna esco-  
riación de la piel; su desarrollo es lento e indoloro sien-  
do redondas, duras y están cubiertas por una costra, sus -  
bordes son gruesos y redondeados pudiendo estar solo media  
namente inflamados, el centro es profundo.

Si la lesión persiste, puede crecer en amplitud  
a menos que sea tratada; cuando se cura deja cicatriz, la

dolencia está situada generalmente en la raíz de la uña, - los plieguez de las articulaciones y las partes vellosas - de las manos y antebrazos. puede haber infección secundaria posterior; pero son los tejidos circundantes los que se infectan más que la úlcera, gracias a las propiedades bactericidas de los compuestos de cromo.

C) Irritación de las membranas mucosas de las - vías respiratorias.- La inflamación de éstas membranas generalmente se limita a las fosas nasales, las úlceras son indoloras, de crecimiento lento, localizadas en la porción cartilaginosa del Séptum (fosa nasal) , presentandose al - final la perforación de éste; sin embargo, puede suceder - que haya una ligera sensación de irritación en la nariz o que se experimente cierta sensación dolorosa o bien el paciente puede quejarse de hemorragias nasales. El proceso - interno de perforación puede completarse en una semana y - constituirse en perforación permanente. También se han encontrado ulceraciones en las amígdalas, paladar, laringe, - parpados, conjuntiva y córnea.

Efectos generales de la absorción.- La acción - tóxica general de las sales de cromo se expone a continuación:

- 1.- Irritantes del tracto Gastro-intestinal.
- 2.- Sobre el sistema nervioso.
- 3.- Sobre el riñón (esto sucede rara vez como - resultado de exposición industrial.).

Panorama Clínico.- Intoxicación Aguda.- Primera mente el enfermo comienza a sentir mal sabor de boca y ca-

lofrío y posteriormente presenta cianosis. La irritabilidad del tracto gastrointestinal se manifiesta por vómito y diarrea; hay dilatación pupilar y anisocoria, la respiración se hace lenta y puede haber oliguria o anuria, además pueden sobrevenir calambres seguidos de colapso o inconciencia.

Las personas con dermatitis por cromo pueden presentar vómitos, los cuales duran de 5 a 10 min. aproximadamente. Se han reportado casos de reacción alérgica a los cromatos que se manifiestan por asma.

Intoxicación Crónica.- un rasgo característico es dado por los trastornos del riñón que presenta glucosuria. ✚

Tratamiento.- El tratamiento de una herida por sustancias químicas se debe dejar en manos de un médico -- competente. La dermatitis aguda responde rápidamente al tratamiento. Por lo general es suficiente evitar la nueva exposición y aplicar compresas empapadas con loción de calamina. Tan pronto como la irritación ha terminado, por lo general dura dos días, el enfermo puede reanudar su trabajo siguiendo un control médico.

Si la lesión o lesiones, úlceras o agujeros crómicos son pequeñas o superficiales, la superficie dañada puede ser frotada con hiposulfito de sodio al 5%, agua o solución salina normal. El propósito de este tratamiento es separar todo tejido que contenga compuestos de cromo. -

Debido a que el cromo en la carne no es desalojado por el hiposulfito de sodio, se debe aplicar compresas húmedas de

solución de citrato de sodio al 5% ó 10%, Lactato de Sodio o potasio y tartrato de sodio. Estas compresas húmedas deberán aplicarse durante tres a cinco días. Después de este tratamiento la herida se trata como cualquier rosadura o abrasión de grado similar. La supuración ocurre con rareza en las úlceras, pero cuando se presenta puede ser tratada con antisépticos suaves. Es conveniente cambiar al trabajador de sus deberes acostumbrados reduciendo al mínimo las complicaciones durante los primeros días de tratamiento.

Control Médico.- Los trabajadores deberán sustentar dos exámenes médicos:

A) Examen de ingreso para estar seguros de que no hay lesiones en la piel o en las membranas mucosas provocadas por un empleo anterior.

B) Exámenes periódicos que son imprescindibles en las industrias que emplean en cromo hexavalente y que tiene por objeto descubrir a tiempo las dolencias producidas por el cromo para atenuar sus resultados; y al mismo tiempo sirven para darse cuenta de los factores peligrosos de la industria o proceso de trabajo, con el fin de procurar que se modifiquen favorablemente. En estos exámenes médicos periódicos frecuentes, se deberá hacer una inspección de la piel, membranas mucosas de la nariz y de la boca; en resumen, para evitar y reducir la prevalencia de las dolencias producidas por el cromo, se debe tomar nota de cualquier escoriación o cortadura por pequeña que ésta sea y deberá ser cubierta con la pomada protectora y con un emplasto impermeabilizante.

Aspectos médicos legales.- Con los tratamientos especiales expuestos se ayuda al obrero a recuperar pronto su salud, facilitandole el medio de reintegrarse en las mejores condiciones posibles a su ocupación, además, para este tipo de enfermedades profesionales existen variados problemas de carácter legal que requieren un conocimiento amplio y una práctica adecuada del médico que va a ocuparse de ellos.

En este caso particular el tratamiento por lo general detiene el progreso de la lesión y el empleo de medidas preventivas permite al obrero continuar su trabajo.

Las demandas casi siempre son debidas a daño en el olfato por ulceración de la mucosa nasal o perforación del septum. Cuando la demanda es hecha por tumor, deberá ser definitivamente establecida una relación causal.

Hoy en día se siente la necesidad de que por lo menos en los grandes centros industriales, haya especialistas que se dediquen al tratamiento de los casos individuales; como ya existen especialistas para distintas clases de padecimientos. Pero es indudable que la necesidad de estos especialistas es mayor y más apremiante cuando se toma en cuenta no el aspecto individual, sino el colectivo.

La ley del trabajo establece como obligatorio que haya un médico en las fábricas de capacidad determinada y tanto las posibilidades como las responsabilidades de este médico le exigen conocimiento y práctica adecuada. En la Secretaría del Trabajo, así como en el Instituto de Higiene Industrial, hay expertos médicos que se ocupan de los diversos problemas que tienen este carácter y es segu-

ro que con el desarrollo de tan importantes organismos administrativos serán indispensables más médicos para que ésta labor se desarrolle con amplitud y eficacia. Además, los sindicatos requerirán de la cooperación de médicos que tengan la preparación necesaria para servirles de consultores en los variados problemas relacionados con la salud y el bienestar de los obreros.

Como se puede observar, son variados los problemas con que el médico puede encontrarse en la actualidad y son muchas las maneras de abordar los complejos e importantes problemas de la medicina y la higiene en el trabajo. - Por último, ante todo el obrero necesita comprender claramente el valor de la salud y convencerse de que en la gran mayoría de los casos se conserva o se acrecienta fundamentalmente por el esfuerzo personal, así como se pierde o se amengua por las fallas en la conducta de cada uno.

C A P I T U L O 3 . -

PRINCIPALES INDUSTRIAS QUE MANUFACTURAN CROMO  
EN EL ESTADO DE MEXICO Y SUS PROCESOS.

La principal industria que manufactura cromo es la empresa que responde al nombre de Cromatos de México, - S.A..

Cromatos de México S.A. se dedica por completo a la elaboración de dicromatos de sodio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ );- a partir de cromita mineral, produciendose 12 toneladas - diarias en promedio. El producto final se envasa en sacos de 40 kg y se distribuye a los diferentes consumidores.

El dicromato de sodio se utiliza principalmente como agente curtiente y como pigmento, aunque además puede ser usado en las industrias de la galvanoplastia, en la producción de hormonas y como anticorrosivo.

En el funcionamiento de la planta solo tienen - la descarga de los baños, ya que el agua de proceso la re circulan hasta que se consume totalmente.

La planta cuenta con dos pozos dentro de ella, - uno de los cuales no funciona y le fue retirado hasta el equipo de bombeo, el otro está en operación y se encuentra contaminado con cromo lo que no les ha importado ya que - esa agua la usan para su proceso y se abastecen por medio de pipas para el agua de uso sanitario.

Descripción de procesos.- El mineral cromita, - almacenado en grandes cantidades para asegurar la operación continua de ésta empresa. Se somete a un proceso de secado y mezclado con cal y carbonato de sodio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , para pasar posteriormente a un horno giratorio en

el que estos compuestos se aglomeran, formandose el cromato de sodio.

El producto de los hornos es una masa solida que se introduce en agua para lograr la separación del cromato ya que éste es soluble en agua. Esta operación se efectúa mediante la adición de agua en un proceso a contracorriente en el cual, durante cada paso se obtiene un agua con mayor concentración. El efluente final de este proceso, llamado de extracción, contiene aproximadamente 500 gr/lt entre cromato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ), aluminato de sodio --- ( $\text{NaAlO}_2$ ) y óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), el cual se somete a un proceso de hidrólisis mediante la adición de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y mezcla en el tanque destinado a este fin.

Durante el proceso de extracción, se genera un residuo que se recircula integramente a un secador seguido de un molino, para ser nuevamente introducido a la línea de proceso, en el tanque se mezcla con cal y carbonato de sodio, a fin de no desperdiciar materia prima.

El efluente hidrolizado se envía a un filtro-prensa, en el cual se extrae  $\text{Al}(\text{OH})_3$  en forma sólida y se envía a patios de almacenamiento. El hidróxido de aluminio se genera en una cantidad aproximada a 6 ton/día, y existe un proyecto para la elaboración de sulfato de aluminio ( $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ ) a partir del producto de los filtros - prensa ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ).

Una vez que el flujo líquido ha pasado por el - filtro prensa, se somete a evaporación utilizando vapor - generado en las calderas. Durante este primer paso de eva

poración se extrae aproximadamente el 50% del agua que contiene el flujo de proceso para pasar posteriormente a un tanque de almacenamiento, previo a una segunda etapa de evaporación. Durante el período de almacenamiento entre ambas fases de evaporación se obtiene como subproducto el sulfato de sodio, ya que es sólido y se precipita. En promedio se obtienen 6 ton/día de sulfato de sodio, el cual es vendido a fábricas papeleras en su mayoría.

Después del paso de evaporación, se obtiene el dicromato de sodio cristalizado, que se encontraba en solución desde el proceso de hidrolización, el cual se somete a enfriamiento, filtración, centrifugación, y secado para pasar a la sección de envase y distribución. De éste último proceso de filtración se extrae un líquido, llamado aguas madres, el cual se recircula por completo al segundo tanque de evaporación.

En la figura C-1, se muestra un diagrama de bloques del proceso de fabricación seguido a ésta empresa, el cual incluye los puntos de adición de las materias primas diferentes a la cromita mineral.

Demanda, uso interno, y descargas de agua.- Cromatos de México S.A., es una empresa de pequeñas dimensiones en comparación con las grandes industrias químicas, que inclusive presentan una amplia variedad de productos.

Debido a ésto es que existe una baja demanda de agua de primer uso; el agua se utiliza solo en tres puntos o procesos dentro de la fabricación del dicromato de sodio, siendo estos: (1) el proceso de extracción, (2) el -

proceso de filtrado, y prensado posterior a la hidrolización y (3) el proceso de enfriamiento de cristalizados.

El uso que se le da al agua en los tanques de extracción, es de absorber el cromo soluble para separarlo del resto del mineral mezclado y servir como medio de transporte hacia los demás procesos. Toda el agua que se añade se mantiene dentro del proceso hasta la evaporación en donde se extrae gran cantidad de ella, por lo que no se presentan descargas.

Otro proceso que demanda agua de primer uso es el de los filtros prensa, utilizandose ésta como medio de lavado; al igual que para el proceso anterior no existen descargas de agua.

Para el proceso de enfriamiento de los cristales se utiliza agua, que logra este fin sin entrar en contacto directo con el material a enfriar, ya que se utiliza un serpentín interior al tanque cristalizador. El agua que se usa en este proceso proviene al igual que para los demás, de una cisterna de almacenamiento, a la cual regresa en su totalidad una vez que ha cumplido su función.

Como es hasta cierto punto normal en todas las industrias o en la mayoría, una considerable porción del agua que se demanda en forma global, se destina a la generación de vapor. En el caso de esta empresa, cerca de el 50% del agua demandada se somete a tratamiento previo a fin de remover las características no deseables y que en determinadas circunstancias pudieran ocasionar problemas en las calderas. El vapor generado se destina integrá

mente a los procesos de evaporación, recirculándose de nuevo hacia el tanque de almacenamiento de agua para calderas que es de aproximadamente  $36 \text{ m}^3/\text{día}$  de condensados.

Los principales usos del agua en Cromatos S.A. se muestran en el cuadro C-1; cabe señalar que en la columna de descarga se incluyen las pérdidas por evaporación, que son considerables tomando en cuenta el volumen total-demandado, así como las entradas y salidas, indicándose mediante una clave cuando cualquiera de éstos casos ocurre.

Las calidades del agua de extracción se muestran en el cuadro C-2.

Ahora se proporcionan cifras acerca de la cantidad de agua que se emplea en ésta planta:

Actividad:	Fabricación de productos químicos
	Bicarbonato de sodio.....3,600 ton anuales.
	Sulfato de sodio.....2,000 ton anuales
	Hidróxido de aluminio..... 650 ton anuales

Agua para el proceso: El agua la toman de un pozo profundo, siendo una cantidad anual de  $20,000 \text{ m}^3$ . Las aguas se tratan previamente con cal-carbonato en caliente las razones de ello se deben a que parte de ésta agua se usa en calderas como se dijo.

Uso del agua:	Calderas.....6000 $\text{m}^3$
	Proceso industrial....14000 $\text{m}^3$

El agua se descarga por infiltración superficial:  
Area de infiltración.....20 m<sup>2</sup>  
Espesor medio de la lámina de infiltración...5 cm  
Profundidad del nivel freático.....60 m  
Altura sobre el nivel del mar.....2,253 m

Análisis de la descarga:

ph.....6.9  
Temperatura.....22°C  
Tono.....300mμ  
sólidos totales.....3395 mg/l  
sólidos totales suspendidos....2800 mg/l  
Alcalinidad.....195 mg/l  
Cromo hexavalente.....5 mg/l

A ninguna de estas aguas se le da un tratamiento en la -  
descarga.

CUADRO C-1.-

Uso del Agua en:	Demanda		Descarga		Recirculación	
	(m <sup>3</sup> /día)	(m <sup>3</sup> /ton)	(m <sup>3</sup> /día)	(m <sup>3</sup> /ton)	(m <sup>3</sup> /día)	(m <sup>3</sup> /ton)
<b>1° Procesos</b>						
Tanques de extracción:	32	2.7	-	-	-	-
Filtros Prensa	6	0.5	-	-	-	-
Evaporación	-	-	38(1)	3.1	35(c)	3.0
Enfriamiento(2)	10	0.8	-	-	10(s)	0.8
<b>Suma:</b>	<b>48</b>	<b>4.8</b>	<b>38(1)</b>	<b>3.1</b>	<b>46</b>	<b>3.8</b>
<b>2° Calderas</b>						
Tratamiento	40	3.3	4	0.3	36(e)	3.0
Calderas	--	--	3.2	0.3	72(s)	6.0
Suma	40	3.3	7.2	0.6	(3)	(3)
<b>3° Servicios</b>	5	0.4	5	0.4	--	--
<b>Total:</b>	<b>93</b>	<b>7.7</b>	<b>12,2</b>	<b>1.0</b>	<b>--</b>	<b>--</b>

Simbología cuadro C-1.-

- (') Utilizando una producción diaria de 12.0 toneladas de dicromato de sodio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- (1) Pérdidas por evaporación
- (2) Recirculación completa en enfriamiento sin-contacto directo (estimado).
- (3) Vapor a procesos
- (c) Condensados recirculados
- (e) entrada de agua recirculada
- (s) salida de agua a recirculación o pérdidas - por evaporación.

CUADRO C-2.-

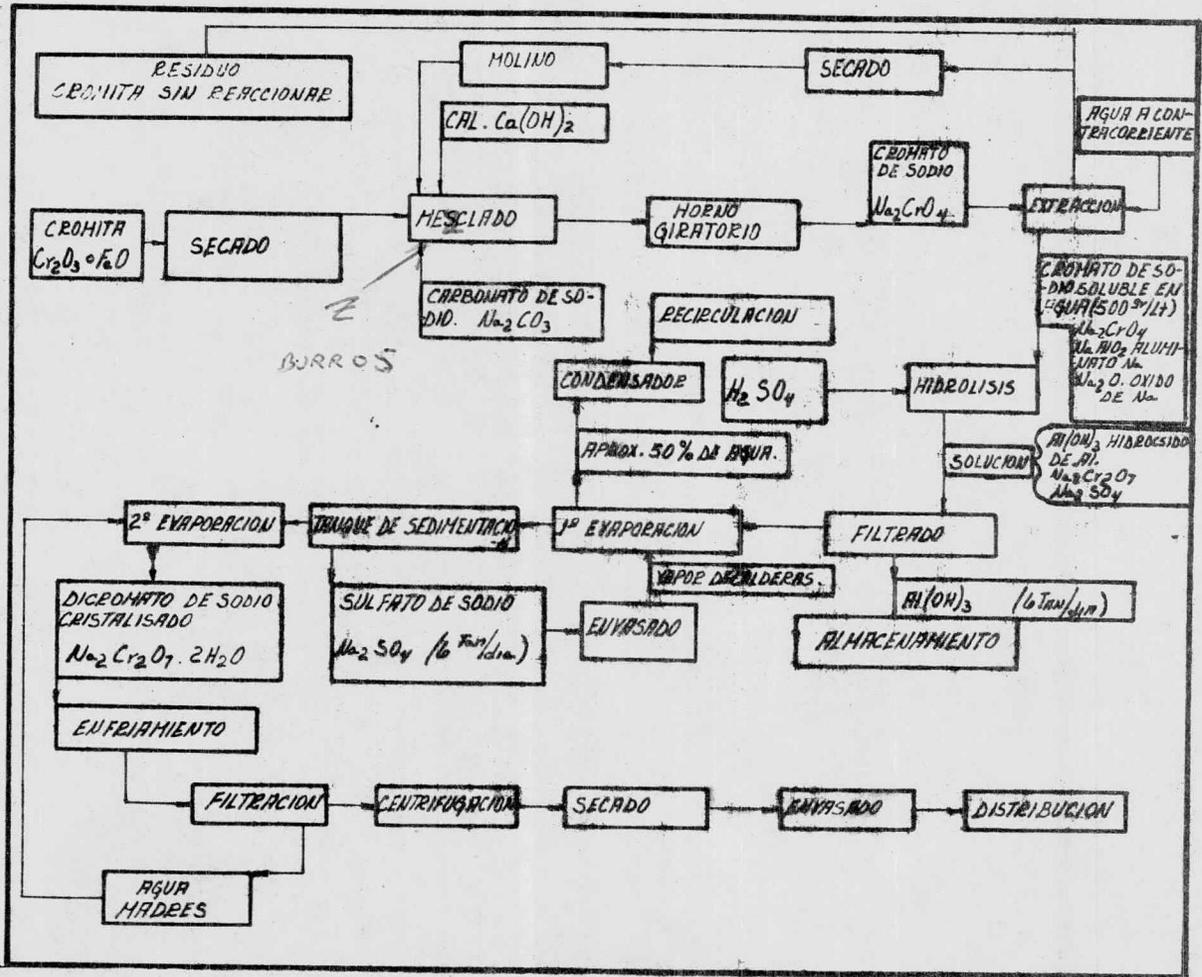
DATOS DE CALIDAD DEL AGUA DE PRIMER USO:

PARAMETRO	CONCENTRACION (mg/l)
$\text{Na}_2\text{CrO}_4$	114
$\text{SO}_4^{\equiv}$	600
$\text{Cl}^-$	200
$\text{SiO}_2$	50
Dureza total ( $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ )	1000
pH	6.9
$\text{NO}_3^-$	0.5

C A P I T U L O 4 . -

EVALUACION DE LA CONTAMINACION POR LA INDUSTRIA  
DEL CROMO EN EL AIRE, AGUA Y SUELO.

A) Diagrama de flujo de la Industria tomada co  
mo ejemplo:



### B) Muestreo.- Control de cromo en el aire:

En la industria el obrero no sólo está expuesto a las consecuencias resultantes de las malas condiciones en que se encuentran los centros de trabajo, sino principalmente a las que se derivan del manejo de los materiales y substancias particularmente nocivas que se elaboran o se emplean en determinado proceso industrial. éste caso se presenta en las industrias en las que se trabaja con cromo hexavalente.

El cromo hexavalente se caracteriza por sus efectos tóxicos e irritantes sobre los trabajadores en aquellas industrias donde hay manipulación de soluciones o aspiración de polvos del ácido dispersado o de cromatos solubles. El ácido crómico, los crómatos y dicromatos principalmente alcalinos son los más tóxicos e irritantes debido a su mayor solubilidad. Estos compuestos son empleados en muchas industrias originando diferentes padecimientos en los trabajadores, principalmente úlceras, perforación del septum nasal y dermatitis.

Con el propósito de controlar los efectos nocivos del cromo en el aire, se deben tomar muestras de éste y analizarlas posteriormente para averiguar si la concentración máxima de cromo excede o no el máximo permisible. La concentración máxima de cromo hexavalente como  $\text{CrO}_3$  en el aire es de  $0.1 \text{ mg/m}^3$ .

Los aparatos diseñados para el muestreo de pol-

vos, están basados en varios principios físicos tales como la condensación, la sedimentación, la depositación, la floculación electrostática y los métodos que utilizan el principio del impacto (impingement).

Para poder estimar como representativas las --- muestras tomadas, es necesario rotar los días y sitios de éstas tomas.

Los métodos para el muestreo se pueden dividir en dos tipos:

- 1) Métodos para tomar muestras atmosféricas.
- 2) Métodos para tomar muestras interiores.

1) Métodos para tomar muestras atmosféricas.- - El método que se describe se basa en la sedimentación y - deposito de las partículas de polvo.

Este dispositivo fue creado por Ives, y consiste en un embudo conectado a un frasco por medio de un tubo de hule; el embudo permanece en el exterior a una altura de 1.20 mts. sobre el techo, y el frasco queda en el - interior del cuarto, y esto es por motivos de seguridad. De ésta manera se deja el dispositivo por un tiempo dado, aproximadamente una semana, al final del cual el embudo y el frasco se lavan con agua destilada, el frasco se cierra y se remite al laboratorio para su análisis.

La desventaja que presenta éste método es que - la estimación no puede hacerse por cuenta de partículas.

Filtro de aire automático de Owens.- Este aparāto utiliza el principio de la filtración. Consiste en un disco de papel filtro de 18 cm de diámetro que gira por -

medio de un mecanismo de reloj y da una revolución completa en 24 horas; con intervalos de 10 min. se hacen pasar  $2 \text{ dm}^3$  de aire por una abertura redonda de  $1/8$  de pulgada. Con lo que quedan las manchas correspondientes, las cuales se comparan con una serie de manchas patrón.

Otro método sería el que utilizará el principio de la sedimentación y depósito de partículas de polvo. - Consiste en colocar alrededor de la fábrica que se esté muestreando, charolas con un diámetro de 20 cm con agua, y se dejan por un tiempo, después del cual se cierran dichas charolas y se mandan al laboratorio para su análisis.

## 2) Métodos para tomar muestras del interior.-

Métodos basados en la floculación electrostática.- las partículas de polvo del aire pueden flocular y precipitar por medio de una alta diferencia de potencial.

Precipitador electrostático.- El modelo grande consiste en un tubo en el cual está centrada una broca de acero dorada que sirve como electrodo, el modelo pequeño tiene en su lugar un alambre de oro o platino. El electrodo exterior está hecho de malla de metal de hoja delgada o de alambre de cobre enrollado espiralmente alrededor del tubo. El colector de polvo colocado en el interior del tubo es una hoja delgada de celuloide o de papel filtro. El muestreo se lleva a cabo midiendo un volumen determinado de aire con un medidor de flujo accionado por un eyector de aire comprimido o con una aspiradora de mano y pasándolo, a través del tubo precipitador a una velocidad de  $50 \text{ dm}^3$  por min hasta que se obtenga un depósito visible de polvo

la hoja delgada de celuloide o papel filtro se retiran del tubo y se remiten al laboratorio.

Métodos que utilizan el principio del impacto (impingement).- Los instrumentos que han tenido más éxito en la determinación de polvos en el campo de la higiene industrial son los basados en el principio del impacto; en estos dispositivos, el polvo se hace chocar contra una superficie preparada o contra un medio tal como el agua, donde es atrapado. Entre los instrumentos que hacen uso de éste principio se tiene el Conímetro, el contador de polvo de chorro de Owens y el impactor de Greenburg-Smith y sus modificaciones.

Contador de polvo de chorro de Owens.- En éste método se utilizan los principios de proyección y condensación; está constituido por una cámara humedecedora comunicada por una pequeña abertura a una bomba de émbolo colocada en ángulo recto con la cámara. Al frente de la abertura se coloca un cubreobjetos, se llena la cámara con el aire a analizar y se conecta a la bomba que tiene el émbolo metido, se hace succión con lo cual el aire pasa por la abertura a alta velocidad disminuyendo por ésta causa su presión y su temperatura; esto último hace que la humedad existente se condense en pequeñas gotitas que rodean al polvo y van a adherirse junto con él en el cubreobjetos colocado al frente; posteriormente se evapora el agua y el polvo queda sobre el vidrio en forma de una cinta de 1 cm de largo y 0.2 a 0.4 mm de ancho.

Impactor de Greenburg-Smith.- Este aparato tra-

baja proyectando las partículas de polvo sobre una placa de vidrio sumergida en un líquido absorbente; el tubo de entrada de aire es todo de vidrio de 32 cm de largo por 13 mm de diámetro, terminando en una punta de 2.3 mm de diámetro. Enfrente de éste orificio y a una distancia de 5 mm se encuentra una placa de 25 mm sostenida al tubo por tres brazos de vidrio, esté tubo se coloca en un cilindro o un frasco de boca ancha de dimensiones convenientes y se cubre con el absorbente hasta una altura de 3 cm; para proyectar el aire con suficiente velocidad se emplea una bomba de succión de aire comprimido o algún dispositivo de succión a mano. La velocidad de muestreo es de un pie<sup>3</sup>/min; y una presión de mercurio negativa de 3 pulgadas; la abertura del tubo así como la distancia a la ya señalada aseguran la velocidad óptima.

Impactor pequeño (Midget impinger).- Para el muestreo de cromo en ambiente se utiliza por lo general, éste tipo de impactor que difiere del impactor de Greenburg-Smith en que muestrea a una velocidad de flujo 10 veces menor que éste y que el dispositivo de succión de éste es una bomba manual.

El muestreador está constituido por un tubo de 11 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, con un brazo lateral de 1 cm de diámetro doblado hacia arriba en un ángulo de 45°. El tubo muestreador está graduado a intervalos de 5 hasta 30 ml; tiene además una marca de 5 mm al fondo del frasco para colocar el tubo de entrada de los gases que tiene un mm de diámetro; para llevar a cabo el muestreo

treo se emplean dos tubos muestreadores con el objeto de que uno de ellos reciba el aire contaminado y el otro los vapores que no lograron ser absorbidos en el primer tubo.

Para operar se colocan en los tubos 10 ml de potasa cáustica 0.05 a 0.1 N que es la sustancia absorbente. A continuación se conecta una bomba de succión manual al brazo lateral del tubo muestreador por medio de un tubo de hule, se debe poner atención en que la boquilla o tubo de entrada de los gases se encuentre a la altura adecuada y haciendo succión a una presión negativa de 12 pulgadas de agua se toma el tiempo con un cronómetro.

La velocidad de muestreo es de  $0.1 \text{ pie}^3/\text{min}$  equivalentes a  $0.0283 \text{ m}^3$  en 10 min. El tiempo estandar de muestreo es de 10 min, pero cuando las concentraciones son muy bajas puede duplicarse y si son altas el tiempo de muestreo se puede reducir a 5 min.

La solución problema contenida en el tubo muestreador se lleva al laboratorio para su análisis.

En el presente estudio se trato de muestrear los polvos emitidos por la empresa seleccionada, colocando charolas con agua alrededor de la planta y se tuvo el problema de los vientos; es decir, las corrientes de aire van a depositar partículas de polvo provenientes del suelo, el cual esta constituido por material de desecho, el cual se uso como relleno, y en estas condiciones el muestreo no fue representativo.

Teniendo ésto como base se recomienda un estudio más específico del cromo en el aire, contando siempre

con la colaboración de la empresa, y así tener un estudio más específico del cromo en el aire, y más exacto ya que el muestreo se llevaría a cabo en el tiro de la chimenea, y así tener una protección contra el problema del viento.

Control del cromo en el agua.- El cromo puede existir en el abastecimiento de agua tanto en un estado hexavalente como en el trivalente, aunque como cromo (VI) se encuentra en mayor proporción en los abastecimientos de agua potable. Sin embargo, sus concentraciones pueden verse alteradas por diversos residuos industriales arrojados al agua.

Las sales de cromo se usan ampliamente en los procesos industriales de galvanoplastia, cerámica, pinturas, anilinas, tenerías, minas y también como inhibidores de la corrosión.

Es de gran importancia conocer la concentración de cromo, principalmente en estado hexavalente, en un abastecimiento de agua, pues se considerará un tóxico potente para el hombre, peces y vegetales, en concentraciones tan pequeñas como 0.1 mg/l; además se cree que es carcinógeno potencial, por lo que el máximo permisible de dicho cromo en el agua potable es de 0.05 mg/l.

Muestreo y almacenamiento.- El muestreo se lleva a cabo directamente de los pozos para evitar que ésta agua pueda aumentar o disminuir el contenido de partículas desde su nacimiento hasta donde se toma la muestra, al poner en marcha la bomba del pozo se deja funcionar un min. después del cual se procede a tomar la muestra. Además de

estas precauciones usuales en el muestreo, se necesita tener especial cuidado para reducir la absorción del cromo en las paredes del recipiente muestreador. La muestra debe analizarse al día de su recolección y acidularse en el sitio de muestreo con  $\text{HNO}_3$  (5ml por cada litro de muestra)

No se recomienda dar un almacenamiento mayor a 2 ó 3 días de la muestra.

Este muestreo se llevó a cabo sin ningún problema en un gran número de pozos de la zona.

Control de cromo en la tierra.- Este tipo de análisis es tierras está todavía a nivel experimental, ya que no se sabe hasta que punto afectan las altas concentraciones de metales pesados y en este caso el cromo en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Se tienen algunas teorías acerca de la influencia que pudiera llegar a tener la presencia del cromo en las tierras de labranza mencionadas oportunamente; el muestreo de los suelos se llevó a cabo a diferentes profundidades, pero nuevamente se topó con el problema de que el suelo alrededor de la planta fue rellenado con desechos de la planta que tienen un alto contenido de cromo.

Lista de pozos muestreados.-

- 1.- POZO San Juan
- 2.- POZO N°2 de Hooker
- 3.- POZO N°1 de Hooker
- 4.- POZO San Francisco Chilpan
- 5.- POZO de Cromatos
- 6.- POZO N°1 de Good Year
- 7.- POZO N°2 de Good Year
- 8.- POZO N°3 de Good year
- 9.- POZO de CEAS
- 10.- POZO N°1 de Conasupo
- 11.- POZO N°2 de Conasupo
- 12.- POZO de Bacardi
- 13.- POZO N°3 de Altos Hornos
- 14.- POZO de Lecheria
- 15.- POZO N°1 de Buenavista
- 16.- POZO Particular
- 17.- POZO de Santa María Coatepec
- 18.- POZO Ciudad Labor
- 19.- POZO N°2 de Buenavista
- 20.- POZO Unidad Morelos
- 21.- POZO Granja San Pablo
- 22.- POZO de Rincón Izcalli



C) Análisis.- El método colorimétrico de la difenilcarbazida es el más aplicable en la determinación de cromo hexavalente ya que además de ser el más exacto es el más rápido y por lo cual se analizan un mayor número de muestras. Por éstas ventajas, esté método es usado como norma para el análisis de cromo hexavalente en aguas naturales y tratadas.

Norma.- Determinación de cromo hexavalente en aguas

1.- Objetivo.- Está norma oficial establece el método colorimétrico con difenilcarbazida, para la determinación de cromo hexavalente en agua.

2.- Campo de aplicación.- Esté método es aplicable para aguas naturales y residuales, principalmente industriales

3.-Fundamento.- El cromo hexavalente reacciona con la difenilcarbazida en medio ácido para dar un complejo de color violeta, de composición desconocida; el cual se cuantifica a  $540 \mu\text{m}$ .

4.- Referencias.- Está norma se completa con las normas oficiales mexicanas en vigor; son las siguientes:

4.1.- DGN-AA-3.- Métodos de muestreo de aguas residuales.

4.2.- DGN-AA-8.- Determinación del valor del pH.

4.3.- DGN-AA-14.- Método de muestreo en cuerpos receptores superficiales.

5.- Reactivos y Materiales.- Los reactivos deben ser grado analítico, cuando se hable de agua se debe entender -- agua destilada y deionizada.

5.1.- Solución madre de cromo.- Disolver 141.4 mg de dicromato de potasio anhidro ( $K_2Cr_2O_7$ ) en agua destilada y diluir a un litro. un ml de esta solución equivale a 50- $\mu$ g de cromo.

5.2.- Solución patrón de cromo.- Diluir 10.0 ml de la solución madre de cromo en 100 ml de agua . 1 ml de esta solución equivale a 5  $\mu$ g de cromo.

5.3.- Acido sulfúrico 1:1 ( $H_2SO_4$ ).

5.4.- Acido Fosfórico 85% ( $H_3PO_4$ ).

5.5.- Solución de difenilcarbazida.- Disolver 0.200 gr de 5-difenilcarbazida (también conocido como 1,5- difenilcarbhidrazida) en 100 ml de alcohol etílico o isopropílico al 95%, agregar una solución ácida previamente preparada, mezclando 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado en 360 ml de agua -- destilada. Un cambio de color desde incoloro hasta canela o café rojizo no afecta la utilidad del reactivo. Debe refrigerarse para mantener su estabilidad durante un mes.

6.- Aparatos y equipo.-

6.1.- Espectrofotómetro para usarse a 540  $m\mu$ , provisto de un paso de luz de un cm.

6.2.- Material común de laboratorio.

7.- Preparación y conservación de la muestra.

7.1.- La alícuota necesaria para hacer el análisis de la muestra debe estar lo más clara posible, por lo que antes de empezar el método debe filtrarse a través de una membrana de 0.45  $\mu$ m.

7.2.- Si el análisis no se efectúa inmediatamente, la muestra puede conservarse hasta por seis meses; pero se -

recomienda que el análisis se efectuó lo más pronto posible para un mejor resultado.

7.3.- Las muestras deben ser colectadas en frascos de polietileno y conservadas entre 4°-5°C.

8.- Interferencias.-

8.1.- El molibdeno hexavalente y las sales de mercurio reaccionan dando color con la difenilcarbazida, pero las intensidades son mucho menores que las del cromo, concentraciones de molibdeno y mercurio menores de 200 mg/lt -- pueden ser toleradas.

8.2.- El vanadio reacciona dando color con la difenilcarbazida pero más fuertemente, aunque el color desaparezca después de 10 min.

8.3.- El ion férrico forma compuestos amarillentos o café amarillentos que pueden interferir.

9.- Procedimiento.-

9.1.- Preparación de la curva de calibración.- Medir volúmenes de la solución patrón de cromo en el ámbito de 2.0-20 ml, y pasarlos a matraces aforados de 100 ml, agregar, 2.0 ml de  $H_2SO_4$  1:1 y 5 gotas de  $H_3PO_4$  y diluir a 100 ml agregar 2.0 ml de la solución de difenilcarbazida, mezclar y dejar reposar 5 min para que se desarrolle totalmente el color, medir la absorbancia a 540 m . Usar agua como testigo y corregir las lecturas de absorbancia de los patrones, restando la absorbancia del testigo.

Para construir la curva de calibración se grafica la absorbancia contra  $\mu g$  de cromo hexavalente.

NOTA.- Se debe construir una nueva curva de calibración -

cada vez que se usen nuevos reactivos.

9.2.- Análisis de la muestra.

9.2.1.- Se filtra la muestra y se toma la alícuota dependiendo de las características físico-químicas de la misma la alícuota para muestras muy claras será de 90 ml que es la máxima alícuota que se debe tomar.

9.2.2.- Agregar 1.0 ml de  $H_2SO_4$  1:1 y 0.3 ml de  $H_3PO_4$  pasar la solución a un matraz volumétrico de 100 ml; añadir 2.0 ml de la solución de la difenilcarbazida, aforar, mezclar y dejar reposar de 5 a 10 min, para el completo desarrollo del color.

9.2.3.- Medir la absorbancia a 540 m $\mu$  utilizando una celda de 1 cm, corregir la lectura, restando la absorbancia del testigo, hecho con agua destilada.

NOTA.- Si la solución es turbia después de diluir a 100 ml tomar la absorbancia antes de la adición de la difenilcarbazida y corregir la absorbancia medida previamente.

9.2.4.- De la absorbancia corregida, determinar los  $\mu g$  de cromo hexavalente presentes, teniendo como referencia, la curva de calibración.

10.- Cálculos.-

10.1.- La concentración de cromo hexavalente se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{mg/l de Cr}^{6+} = \frac{\text{mg de Cr}^{6+} (\text{leído en la curva})}{\text{ml de muestra}}$$

11.- Recomendaciones.-

11.1.- Se recomienda el uso de las celdas limpias libres de rayaduras y previamente enjuagadas con la muestra an--

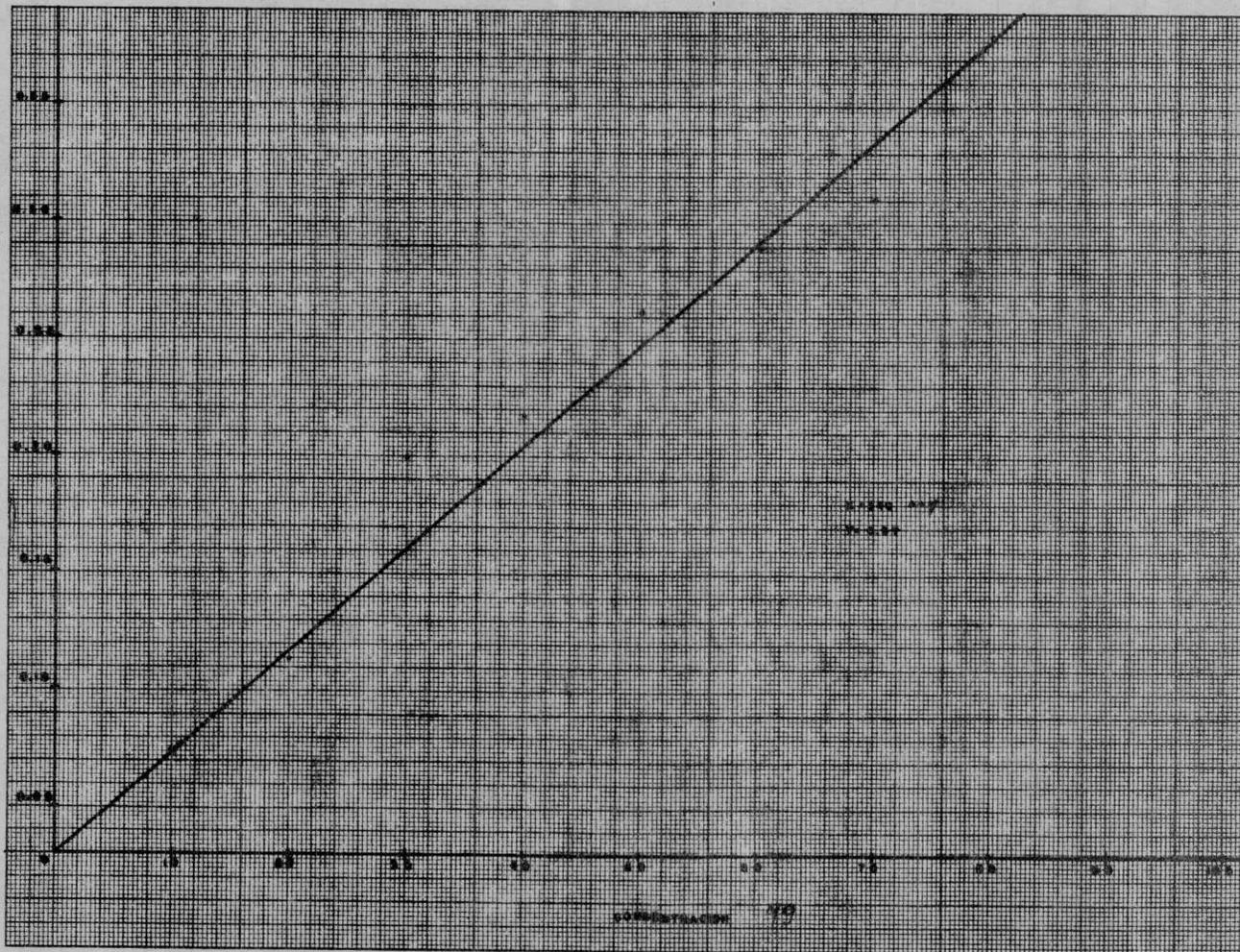
tes de efectuar la lectura.

El análisis de las muestras de aire, agua, y -- suelo se llevan a cabo por el método anteriormente descrito, sólo el análisis de los suelos requiere de una preparación que consiste en poner 10 gr del suelo a analizar -- tamizado a 60 mallas, se le agrega una cucharadita de hidrogenzeocarb 215 (resina intercambiadora) y 100 ml de -- agua destilada se mezcla y se deja reposar 24 horas.

La resina va a combinarse con la muestra y es la vada con HCl y después secado; se agregan 50 ml de HCl 8N y se agita con 10 ó 15 ml de éter isopropílico para la separación del hierro.

A la capa formada se le agrega 1 ml de ácido nítrico concentrado y se seca. Al residuo formado se le agrerega 1 ml de  $H_2SO_4$  6N y se diluye hasta 30 ml con agua destililada y la solución se lleva a ebullición, se le agregan -- 1.5 gr de persulfato de amonio y 0.5 ml de nitrato de plata al 2.5% y se deja hervir 3 min más, se le agrega 2.5 g de NaCl y se calienta hasta la precipitación y se filtra. El cromo se determinará en el filtrado por el método de -- la difenilcarbazida.

ABSORBANCIA



C A P I T U L O 5 . -

EVALUACION DE LOS RESULTADOS.

El muestreo que se llevó a cabo en los 22 pozos mencionados duró seis meses, (tres de Enero de 1977 - al treinta de Junio de 1977). Durante estos seis meses el muestreo se llevó a cabo en diferentes días de la semana y hora del día. Los pozos que no mostraron variaciones son mencionados, y aquellos que presentaron estas variaciones debidas a la presencia de cromo hexavalente, son gráfícados para su mejor apreciación.

NOTA.- El máximo permisible de cromo hexavalente en el agua potable es de 0.05 mg/lt.

1.- Pozo San Juan.- Este pozo durante el tiempo que duró el muestreo siempre presentó la misma concentración de cromo hexavalente que es menor de 0.01 mg/lt.

2.- Pozo N°2 de Hooker.- Este pozo presentó la concentración de cromo hexavalente igual o menor de 0.01 mg/lt.

3.- Pozo N°1 de Hooker.- Al igual que los anteriores su concentración fue menor de 0.01 mg/lt.

4.- Pozo de San Francisco Chilpan.- En este pozo la concentración de cromo hexavalente fue menor de --- 0.01 mg/lt.

5.- Pozo de Cromatos.- Se apreciará en la gráfi ca.

6.- Pozo N°1 de Good Year.- Se apreciará en la gráfica.

7.- Pozo N°2 de Good Year.- Se apreciará en la

gráfica.

8.- Pozo N°3 de Good Year.- Se apreciará en la gráfica.

9.- Pozo de CEAS.- La concentración que presentó este pozo fue menor de 0.01 mg/lt.

10.- Pozo N°1 de Conasupo.- La concentración de cromo hexavalente fue menor a 0.01 mg/lt

11.- Pozo N°2 de Conasupo.- En este pozo la concentración de cromo hexavalente es menor a 0.01 mg/lt.

12.- Pozo de Bacardi.- Este pozo presenta una concentración de cromo hexavalente de menos de 0.01 mg/lt.

13.- Pozo N°3 de Altos Hornos.- La concentración de cromo hexavalente en este pozo es menor de 0.01 mg/lt.

14.- Pozo de Lecheria.- La concentración de cromo hexavalente fue de menos de 0.01 mg/lt.

15.- Pozo de Buenavista.- Este pozo presenta una concentración de cromo hexavalente menor a 0.01 mg/lt.

16.- Pozo Particular.- Este pozo se encuentra situado a 20 mt. del anterior y presenta una concentración de cromo hexavalente menor de 0.01 mg/lt.

17.- Pozo de Santa María Coatepec.- Este pozo está ubicado en el interior de una escuela, y presenta una concentración de cromo hexavalente menor a 0.01 mg/lt.

18.- Pozo Ciudad Labor.- La concentración de cromo hexavalente es menor a 0.01 mg/lt en este pozo.

19.- Pozo N°2 de Buenavista.- En este pozo se tiene una concentración de cromo, menor a 0.01 mg/lt.

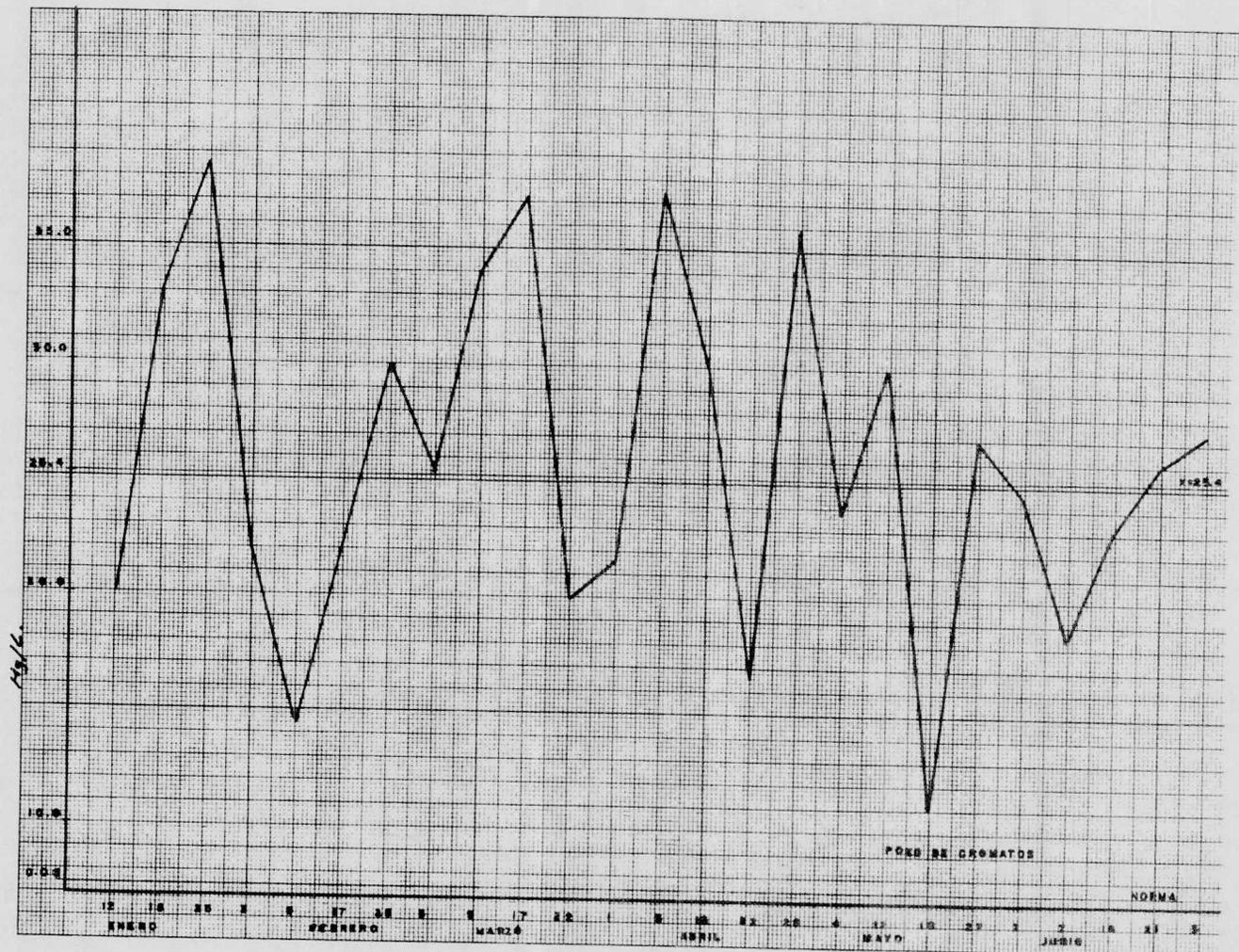
20.- Pozo Unidad Morelos.- Este pozo presenta -

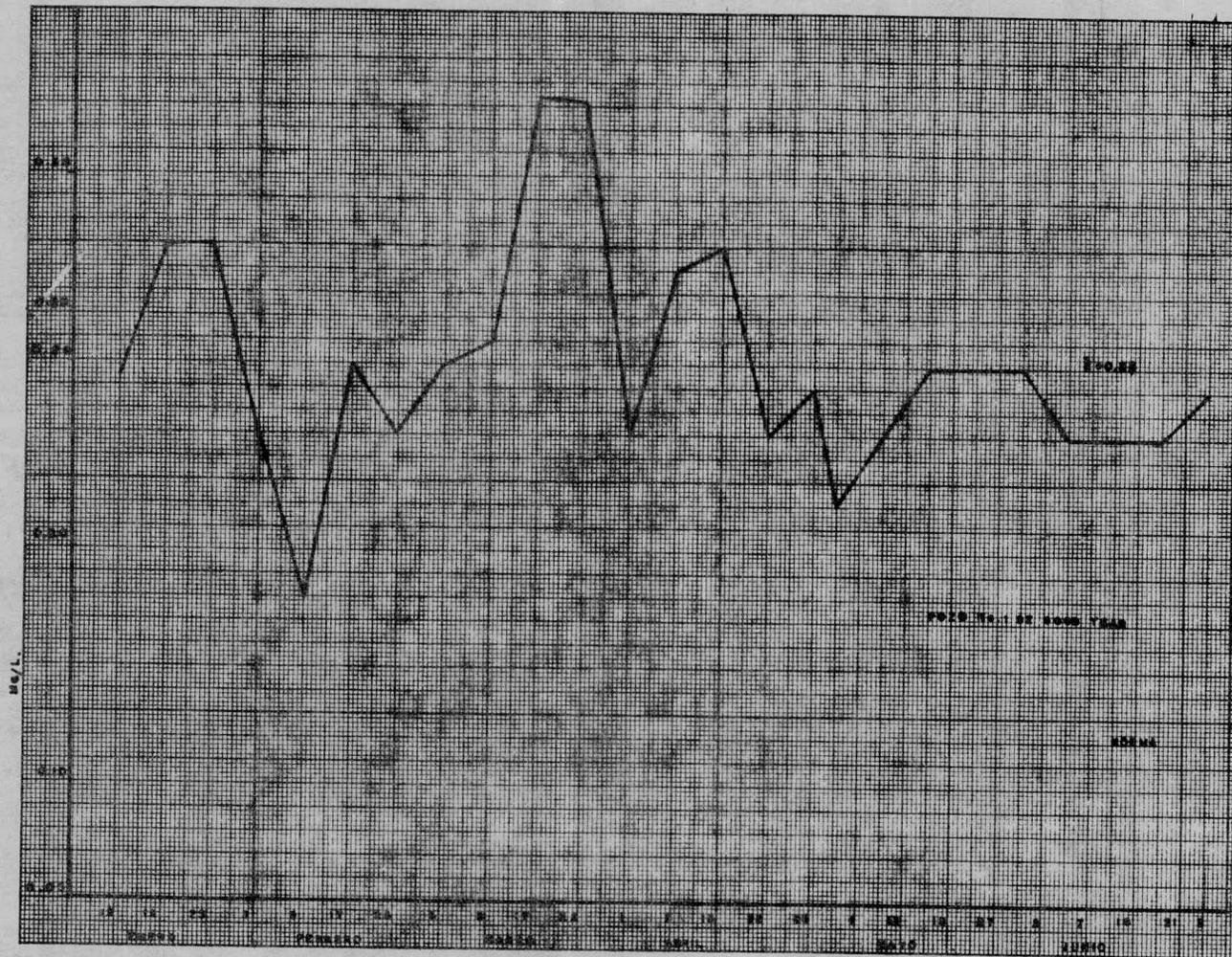
una concentración de cromo hexavalente menor a 0.01 mg/lt.

21.- Pozo Granja San Pablo.- La concentración de cromo hexavalente es menor a 0.01 mg/lt.

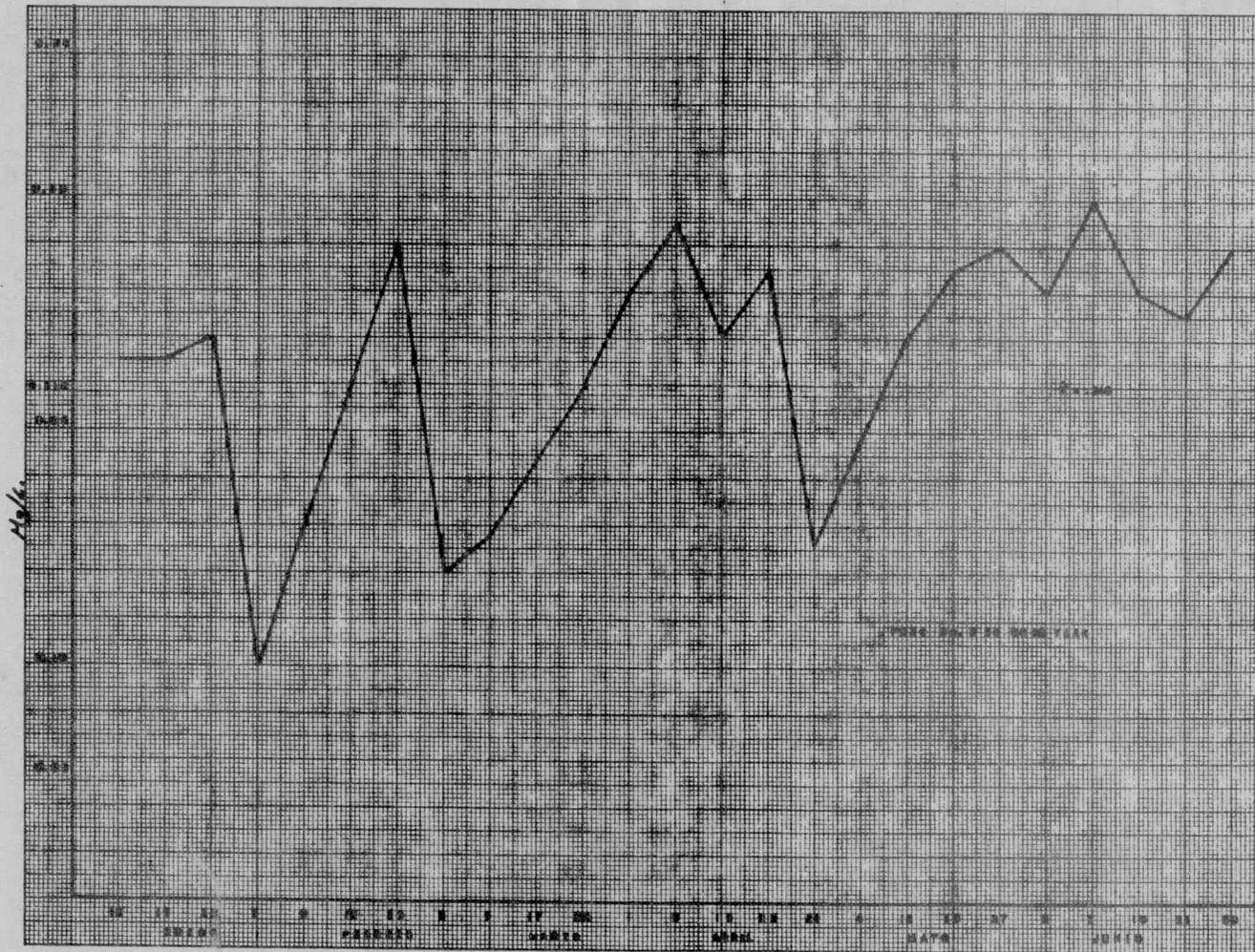
22.- Pozo de Rincón Izcalli.- La concentración de cromo hexavalente es menor a 0.01 mg/lt en este pozo.

Los pozos que presentaron cromo hexavalente es tán situados relativamente cerca uno de otro, el resto de los pozos están situados en un radio no mayor de 6 Km al área de la planta tomada como ejemplo.









C A P I T U L O 6 . -

RECOMENDACIONES.

La solución de este problema se ha dividido en dos puntos; el primer punto consiste en evitar que la industria continúe siendo la fuente de contaminación. El segundo punto es una solución a largo plazo, ya que en sí se considera que es el problema a atacar, y consiste en eliminar toda la contaminación que la industria arrojó -- tiempo atrás.

Las medidas técnicas que la planta esta realizando para controlar la contaminación son las recomendadas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, y consisten:

1.- "Deberá presentar, dentro del termino de 15 días las alternativas para definir sobre las soluciones del material de desecho, actualmente depositado en el área de la empresa."

El programa de soluciones para los depósitos actuales de desecho almacenados en el área de la planta preve las siguientes medidas que más adelante se especifican con más detalle:

1.1.-"Concentrar los desechos sólidos, actualmente almacenados en áreas extensas, en áreas reducidas de depósitos muertos."

1.2.- "Aislar estas áreas de depósitos contra infiltraciones de aguas, sellandolos de manera adecuada."

1.3.- "Sellar el área que se desocupa cuando se efec

túe la concentración de desechos, para evitar infiltraciones de aguas pluviales."

1.4.- "Aislar las áreas de almacenamiento que se requieran en los proximos 18 meses para depositar los residuos rostizados que salgan del proceso de fabricación."

1.5.- "Aislar aquellas áreas de almacenamiento que se requerirán en los proximos 18 meses para depositar el hidróxido de aluminio que salga del proceso de fabricación"

Vale la pena mencionar aquí, que cromatos de México, S.A. proyecta cambiar su proceso de fabricación en forma total para enero de 1978, y así ya no trabajar con ninguno de los desechos contaminantes (estó se tratará -- más extensamente en el punto 3).

Sin embargo, las medidas anticontaminantes propuestas en el programa que aquí se presenta, son ejecutadas para eliminar las actuales fuentes de contaminación.

El programa detallado de las obras previstas -- que se realizan por los cinco puntos antes citados es el siguiente:

1.1.- Movimiento de los residuos actualmente almacenados en las áreas 1 y 2 del plano, al área marcada con el número 3.

Movimiento de residuos actualmente almacenados en el área 5 al área número 4.

1.2.- Dentro del área 3 ("depósito muerto" de residuos-rostizados) se ejecutarán las siguientes obras:

Construcción de muros de aislamiento para que el material sea depositado en forma piramidal.

Sellamiento del piso actual del área con capa -  
asfáltica impermeable.

Compactación del material de desecho.-

Construcción de una capa encima del depósito, de 4 aguas-  
compuesta por:

Tepetate de 20 cm<sup>2</sup>

Bentonita

Grava de 10 cm

Capa asfáltica compactada de 5 cm

Construir un sistema de drenaje para aguas plu-  
viales, dentro del área 5 ("deposito muerto" de hidróxido  
de aluminio) se ejecutan las siguientes obras:

Los muros actuales de aislamiento y contención-  
se completarán mediante la construcción de un muro de ais-  
lamiento y contención al norte de está área para así cons-  
truir un cajón de residuos.

El material almacenado después se cubrirá con u-  
na capa de tepetate. Se nivelará y se dará una pendiente-  
adecuada. Se dará una capa impermeable de bentonita y de-  
asfalto. Se construirá un drenaje circunferencial para --  
aguas pluviales.

1.3.- Una vez removidos los residuos actualmente al-  
macenados en el área 1 , se procede a localizar la anti--  
gua fosa de recolección de desagües; está área se sellará  
debidamente contra filtraciones subterráneas y se locali-  
zará en ésta parte del terreno la planta de tratamiento -  
de aguas con su tanque de recolección.

El terreno liberado de desechos se compacta y -

nivela; se cubre con una capa asfáltica. Se construye un sistema de canales de drenaje perimetrales para aguas pluviales y para impedir la entrada de aguas que se depositen en terrenos adyacentes.

1.4.- Una vez removidos los residuos actualmente almacenados en el área 2, se cubre esta área de tepetate. - Se nivela y se compacta el terreno; se asfalta toda la superficie con una capa asfáltica de 10 cm; se construyen muros y taludes de aislamiento, se construye un sistema adecuado de drenaje para aguas pluviales.

NOTA.- Esta área marcada con el número 2, será la que se utilizará durante los próximos 18 meses para recibir los residuos tostados con contenido contaminado.

Una vez cambiado el proceso de fabricación para ya no tener residuos contaminantes, esta área se sellará mediante el mismo procedimiento mencionado en el punto 1.2, convirtiéndose en "depósito muerto" sellado, al igual que los depósitos en el área 3. El material ya no contaminado que quedará como residuo del proceso una vez cambiado el método de producción, se almacenará en el área 1.

1.5.- Una vez removidos los residuos de hidróxido de aluminio actualmente almacenados en el área 5; se construirá un piso de concreto resistente al efecto químico de los residuos. Se encerrará el área con muros, se techará esta área para evitar emisiones de polvo y filtraciones de agua.

Se construye un sistema adecuado de drenajes para esta área, tanto para los escurrimientos del material-

de residuo que sale del proceso con un alto contenido de agua, como por separado para las aguas pluviales que caen sobre el techo.

2.-"Deberá presentar, dentro del término de 15 días el proyecto de instalación de la planta de tratamiento de desecho industrial, que incluya el control de los escurrimientos canalizados de los almacenamientos, con el objeto de que las aguas que abandonan la planta, no contengan -- una concentración de cromo total que exceda de 1 mg/lt o cromo hexavalente que exceda de 0.05 mg/lt."

La instalación de una planta de tratamiento para limpiar las aguas que abandonan la planta, se proyecta dentro del marco de un programa integral para la eliminación general de desagües contaminados que puedan infiltrar al subsuelo en las áreas de la planta, de los almacenamientos, y de los depósitos de desechos. El programa se compone de los siguientes proyectos:

2.1.- "Sellar las áreas anteriores de almacenamiento que se desocuparán en la creación de depósitos muertos. - De ésta manera no habrá filtración de aguas pluviales ni filtración de aguas depositadas en terrenos adyacentes."

2.3.- "Introducir un sistema integral de recirculación y uso dentro del proceso de fabricación, de las aguas contaminadas que se originan por:

- a) Escurrimiento en la misma planta;
- b) Escurrimientos y aguas pluviales en el área de almacenamiento de residuos rostizados;
- c) Aguas pluviales en el área de la fabrica misma."

2.4.- "Construir fosas de recolección para:

a) Aguas de escurrimiento y pluviales de la planta de fabricación;

b) Almacenamiento "de pulmón" para la planta de tratamiento de aguas, especialmente en temporada de lluvias;

c) Aguas de aseo de los trabajadores."

El conjunto de éstas medidas tendría las siguientes características:

1) Mediante el sellado completo de grandes superficies (área 1, 3, 4, 5) ya no habrá infiltraciones, ni por aguas pluviales ni por otra clase de escurrimientos, ni por entrada de aguas desde terrenos adyacentes.

Por consiguiente, y mediante la construcción de un sistema completo de drenajes para estas superficies, las aguas pluviales ya no tendrán contacto alguno con sustancias contaminantes en éstas áreas.

2) Las aguas de escurrimiento en el proceso de fabricación se recirculan para uso dentro del propio proceso. ( Actualmente el consumo de agua en el mismo proceso es de 40,000 litros diarios; el total de escurrimientos dentro del área de fabricación no asciende a más de 2000 litros). Para tal fin las dos áreas de escurrimientos operativos tendrán su propio sistema de drenajes, recolección y bombeo. (los escurrimientos normales dentro de la planta representan menos del 5% del volumen total de agua de proceso que se usa diariamente). También se saneará el piso de éstas áreas para evitar filtraciones.

3) Las aguas pluviales que caen sobre la planta

misma y que pueden tener contacto con polvos o material - contaminado, se recolectarán mediante una red de canales- de drenaje y colectores hacia una fosa de recolección. De ésta fosa se bombea el agua que se requiere para el proce so y el excedente va a la planta de tratamiento de agua.

4) Las aguas pluviales que caen sobre el área 2 (almacenamiento de residuos rostizados) cuyo piso, se recordará se habrá sellado contra filtraciones mediante un- piso asfáltico impermeable, serán recolectados en canales de drenaje que conducen el agua directamente a la planta- de tratamiento.

5) Las aguas provenientes del aseo de los traba- jadores serán llevadas, en tubería separada, directamente a la planta de tratamiento.

6) La planta de tratamiento tendrá un tanque de recolección de aguas suficiente para captar el máximo vo- lumen de aguas pluviales que según análisis estadísticos- podrían caer y requerir de tratamiento (2,400 m<sup>3</sup>).

En cuanto a la planta de tratamiento, los linea- mientos propuestos son los siguientes:

La planta de tratamiento tendrá las siguientes- características:

a) Proceso a utilizar.- El proceso de tratamien- to químico seguirá los siguientes pasos:

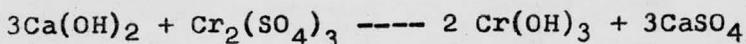
- 1) Reducción de cromo hexavalente a trivalente.
- 2) Neutralización y precipitación de cromo trivalen- te.

En la reducción del cromo hexavalente con sulfi

to de sodio y ácido sulfúrico se producen las siguientes reacciones químicas:



La neutralización con cal química se desarrolla según ésta fórmula:



El proceso contempla la utilización de un tanque doble de reducción y un reactor-precipitador así como tanques y tolvas de almacenamiento para ácido sulfúrico, sulfito de sodio y cal, y aditamentos para agitar y mezclar.

Los remanentes sólidos del proceso de purificación se secarán y concentrarán mediante un filtro prensa.

b) Dimensión de la planta y de su tanque de almacenamiento.- Asumiendo una capacidad determinada de la planta de tratamiento de aguas, se pueden calcular las capacidades de almacenamiento de agua que se requieren en función

de los volúmenes pluviales de la zona.

Según datos estadísticos de los años 1970-1975, proporcionados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos para la zona donde está ubicada la fábrica, el volumen diario máximo de precipitación fué de 52.4 mm/día (26 sep. 74), el período de 10 días de máximas lluvias continuas - arrojó un total de 94.5 mm.

Las superficies expuestas a lluvias con potencial de contaminación son:

a) Las áreas de la fábrica misma	7700 m <sup>2</sup>
b) El área de almacenaje N°2	2000 m <sup>2</sup>
c) Otras áreas	1300 m <sup>2</sup>

Además, habrá que tratar las aguas jabonosas provenientes del aseo de trabajadores (20 m<sup>3</sup>/día) que no se pueden reprocesar.

Los escurrimientos en las áreas de operación de la planta sólo ascienden al 5% del volumen diario de agua que se requiere para el proceso de fabricación en la planta, o sea que éstas aguas siempre se reprocesarán, máxime que su concentración de cromo hace ventajosa su reutilización.

El volumen diario de consumo de agua en el proceso es de 40,000 litros, los escurrimientos actuales dentro de la planta (que ya se recolectaron en gran parte) - son de 2,000 litros por día, y el contenido de agua en el residuo de hidróxido que se captará en los drenajes del área 5 es de máximo 1500 litros por día.

Tomándose en consideración los factores arriba-

mencionados y con amplios márgenes de seguridad, se está proyectando construir una planta de tratamiento con capacidad diaria de 150,000 litros y con una fosa de almacenamiento para 2400 metros cúbicos (aprox. 25 m x 25 m x 3.8 m).

El reactor-precipitador se adquiriría de una firma especializada, también el tanque para ácido sulfúrico. Los otros tanques se construirán utilizando tanques grandes que ya se tienen en depósito.

3.- "Presentar, dentro del término de 15 días, el proyecto para eliminar adecuadamente, o en caso, del tratamiento previo de sus desechos sólidos".

Cromatos de México, S.A. ha obtenido la asistencia técnica de la Bayer AG de Alemania para un programa integral de cambio total del proceso de fabricación para dicromatos de sodio y de potasio, según patentes y prácticas utilizadas en las instalaciones de Bayer en Alemania. Este programa se proyecta ejecutar dentro de un plazo que no exceda de Enero de 1978, ya que implica no solamente cambios radicales de instalaciones y equipos, sino también una serie de pruebas tanto a nivel de laboratorio como de fabricación piloto. El programa de trabajo para tal cambio fué definido durante una visita de los expertos de la Bayer a Cromatos del 15 - 23 de Junio de 1976.

Está eliminación se proyecta obtener mediante los siguientes cambios de proceso:

3.1.- Eliminación del hidróxido de aluminio como residuo del proceso químico.

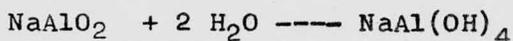
3.2.- Reducción química y neutralización de los residuos rostizados del proceso (solo factible en combinación simultánea con el cambio de proceso que elimina el hidróxido de aluminio).

El cambio implica la eliminación de cal como ingrediente de la mezcla de reacción.

Item 3.1.- El nuevo proceso de fabricación de dicromato de sodio se desarrollará como sigue:

$2 \text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 3.5 \text{O}_2 \text{ ---- } 4\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{CO}_2$   
y también:

$2 \text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 4 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 5 \text{O}_2 \text{ ---- } 4 \text{NaAlO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4 \text{CO}_2$   
en el siguiente paso del proceso:



La que, mediante adición de ácido sulfúrico se transforma en sulfato de sodio ( $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ ) y  $\text{Al(OH)}_3$ , materias no-contaminantes.

Item 3.2.- Para el material rostizado, remanente final del nuevo proceso, se construirá una planta de reducción y neutralización con las siguientes reacciones:

$4 \text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaHSO}_3 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ---- } 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$   
y en la neutralización:



También eliminando totalmente las sustancias contaminantes El cambio de proceso, utilizado por las patentes de la Bayer, implicará los siguientes pasos:

(1).- Construcción de un horno piloto de cuarzo para la ejecución de las pruebas químicas a nivel laboratorio.

(2).- Determinar niveles de mezcla de reacción sin -

utilización de cal.

(3).- Transponer resultados al proceso de fábrica - ción, durante un período largo de experimentación; las - condiciones exactas de mezcla, temperaturas de reacción, tiempos de reacción, etc. no se pueden definir previamente y en teoría ya que la combinación de factores operativos depende, en cada caso individual, del diseño de los hornos y otros equipos y de la calidad y composición de - la materia prima.

(4).- Diseño de una planta de filtros rotatorios que sustituyen a los actuales tanques de reacción.

(5).- Diseño de la planta re reducción de residuos.

(6).- Cambios en dimensiones y modo operativo de los hornos rotatorios y cámaras de polvo.

Se estima que el período necesario para implantar el nuevo proceso será de 18 meses (Enero de 1978).

4.- "Proceder al aislamiento de las zonas de - vertimiento de residuos, impidiendo la filtración de las - aguas que se depositan en los terrenos adyacentes a trá vez de los materiales residuales, para suprimir por esté- concepto, el arrastre de cromo hexavalente al subsuelo".

El programa de obras para el aislamiento de las zonas de vertimiento de residuos consistirá en lo siguien te:

4.1.- Concentración de los residuos actuales en zo-- nas más reducidas para permitir un aislamiento eficaz con tra filtración de agua.

4.2.- La ejecución del conjunto de medidas listadas-

bajo los numerales (1.1 a 1.6), mencionados.

4.3.- Construcción de un sistema de canales de drenaje alrededor de las áreas de almacenamiento de residuos, tanto de las áreas que anteriormente se ocupaban para desechos como de las áreas nuevas de depósitos muertos y almacenamiento. Estos drenajes, si son perimetrales, se -- construirán de tal manera que impidan la entrada y filtración de aguas de terrenos adyacentes.

5.- "Realizar las obras e instalaciones que impidan el encharcamiento de aguas pluviales, sobre las -- áreas de residuos y su coneccuente filtración".

Las obras para evitar el encharcamiento de aguas pluviales son las que se detallan bajo los numerales (1.2) a(1.5) mencionados.

6.- "Al configurar el depósito de residuos antiguos, deberá limpiarse de ellos, el resumidero que se encuentra al norte de está área , protegiéndolo de filtraciones subterráneas".

Ejecutando las obras de concentración de resi-- duos, el área de escurrimiento ubicado al norte del área actual de almacenamiento se limpiará. Según informes de antiguos trabajadores de la planta, está zona corresponde a la ubicación de una antigua fosa de recolección de --- aguas negras.

Una vez destapada está zona, se investigará la posibilidad de ubicar allí la planta de tratamiento de - aguas con su fosa de recolección, una vez bien sellada el área para impedir cualquier filtración subterránea.

7.- "Deberán ser drenados los almacenes de residuos en escurrimientos hacia la fosa de tratamiento químico, para efectuar la reducción, precipitación y neutralización de sus contenidos de cromo hexavalente, hasta obtener las condiciones inócuas".

El sistema de drenajes se detallan en los incisos del capítulo 1, de éstas recomendaciones, y los detalles de la planta de tratamiento de aguas se encuentran bajo el numeral (2).

8.- "Drenar las aguas residuales procedentes -- del aseo de los trabajadores hacia la fosa de tratamiento químico, para efectuar en ellas el mismo proceso citado -- en el índice (4). El servicio de aseo de los trabajadores deberá ser individual y ajeno a los servicios sanitarios".

Se tomarán las siguientes providencias:

8.1.- Separación total de los drenajes de las aguas procedentes del aseo de trabajadores para conducir las a la planta de tratamiento de aguas.

8.2.- Separación de los servicios sanitarios tanto de los trabajadores como de las oficinas, de las aguas de aseo, construyendo drenajes separados.

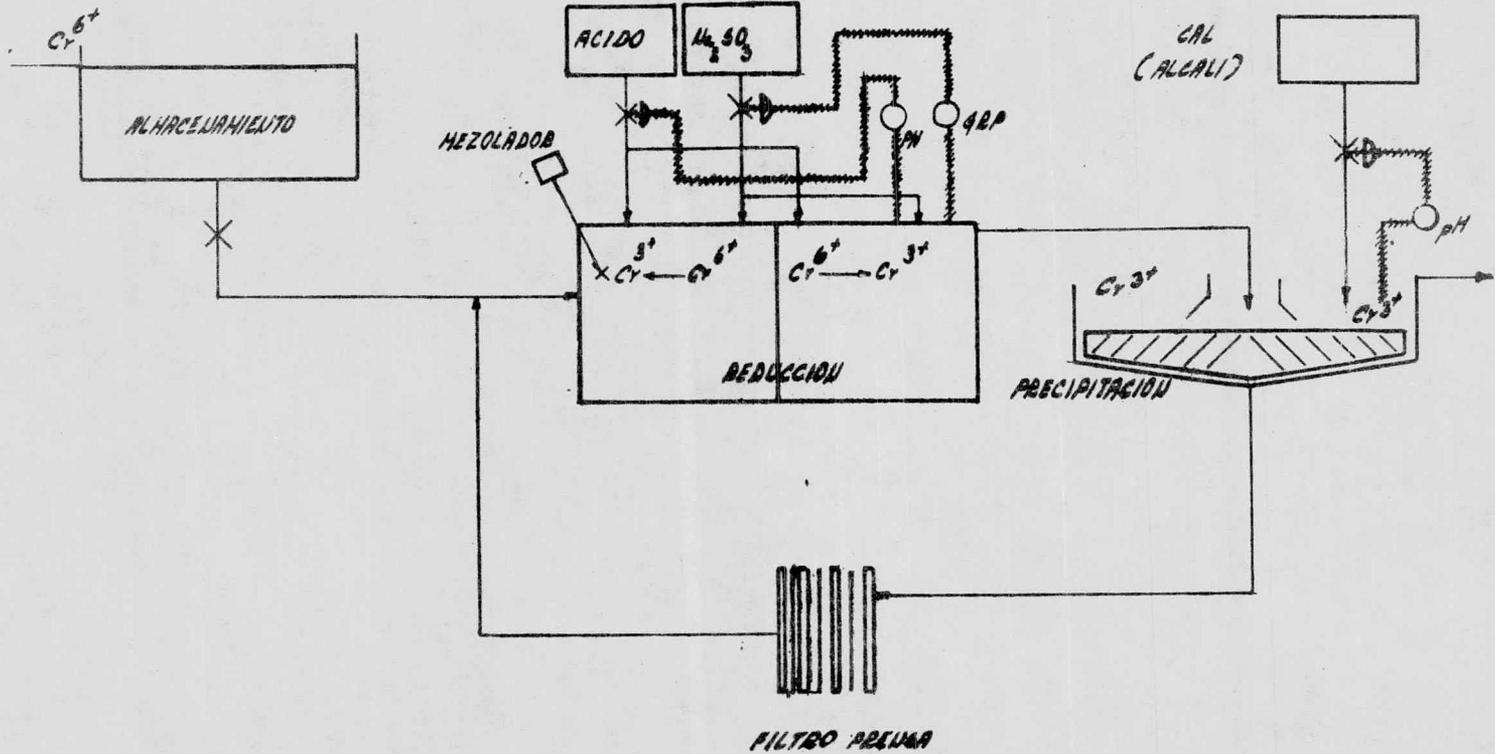
8.3.- Construcción de una fosa séptica para todos los servicios sanitarios de la planta, desconectando toda comunicación actual con la red municipal sanitaria.

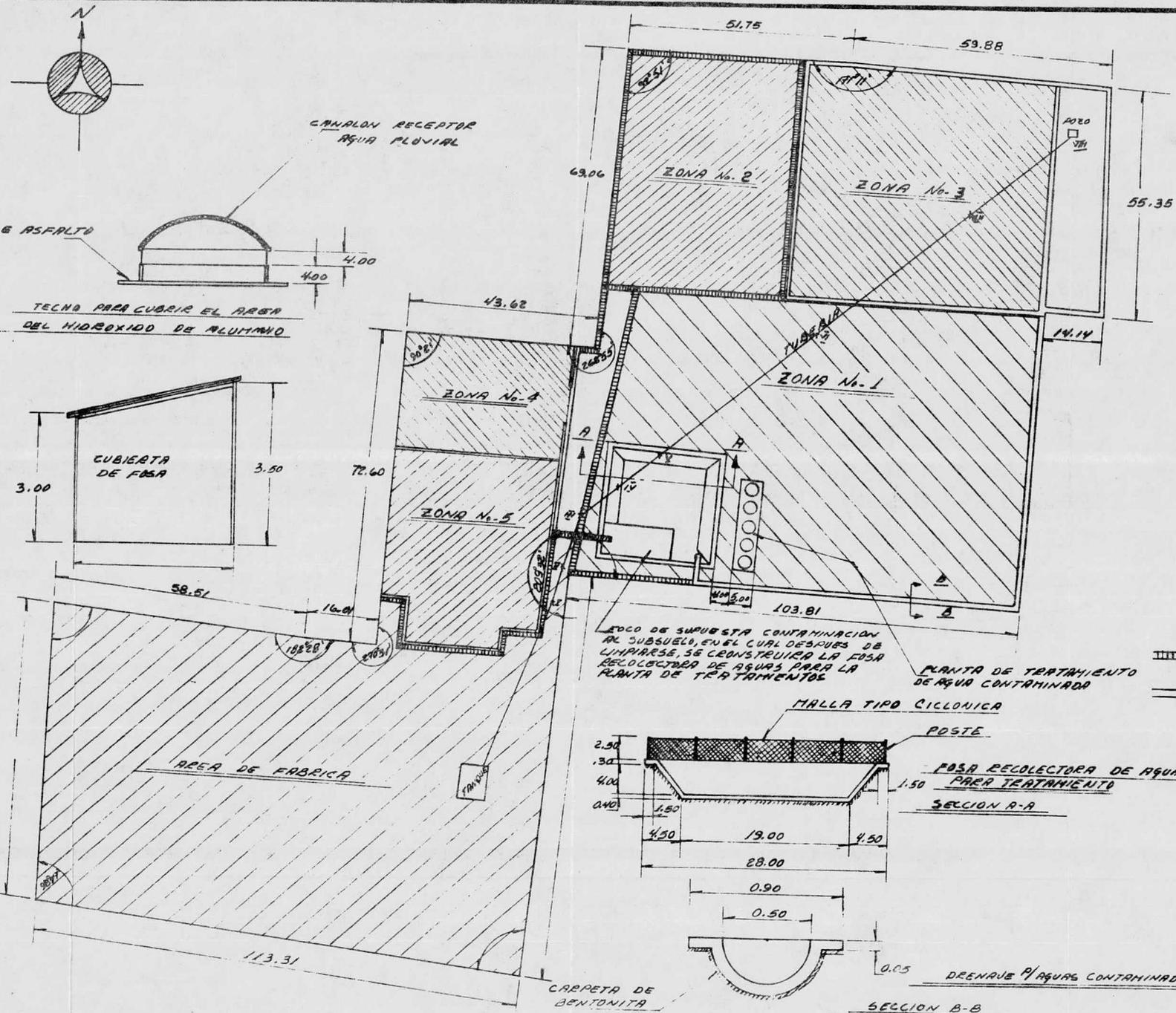
Algunas de éstas obras ya se encuentran funcionando y otras están en construcción, así como algunas todavía no se ponen en marcha las obras, es recomendable -- que para un más rápido restablecimiento de las zonas afec

tadas por la contaminación que estas obras se concluyan - lo antes posible, así como las aguas tratadas en la planta no sean nada más para consumo de ésta, sino también de la población en general que en este caso es la más afecta da.

El otro punto que complementa a el anterior, se ría ir removiendo de donde se fueron depositando desechos de la planta con el fin de emparejar terrenos, así como - sellar el terreno donde se vaya a construir una casa habi tación removiendo todo el material a los depósitos muer-- tos.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.- DIAGRAMA DE FLUJO.

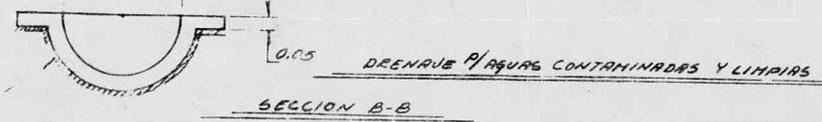
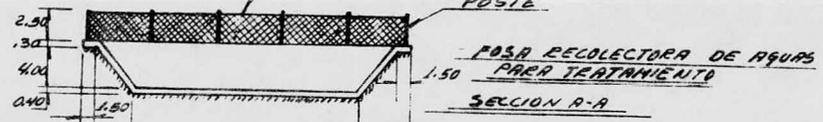




- ZONA No. 1  
SUPERFICIE = 46.90 m<sup>2</sup>
- ZONA No. 2  
SUPERFICIE = 2014 m<sup>2</sup>  
ZONA REPARADA PARA RECIBIR RESIDUO FUTURO.
- ZONA No. 3  
SUPERFICIE = 2304 m<sup>2</sup>  
LUGAR ACOMODAR EL MATERIAL EXISTENTE DE ZONA 1 Y 2 ACTUALMENTE.  
ELEVACION CALCULADA POR EL ACUMULAMIENTO DE RESIDUOS DE LAS ZONAS 1 Y 2 = 3.75 mts.
- ZONA No. 4  
AREA TECHADA PARA RECIBIR HIDROXIDO DE ALUMINIO.  
SUPERFICIE = 1053 m<sup>2</sup>  
BARRA PERIMETRAL = 3.5 m DE ALTURA CONSTRUIDO CON CONCRETO RESIDUAL CAPACIDAD DE 3085 m<sup>3</sup>.
- ZONA No. 5  
SUPERFICIE = 1466 m<sup>2</sup>  
FOSA DE CONCRETO PARA ENCEBBAR HIDROXIDO DE ALUMINIO.

LEGO DE SUPUESTA CONTAMINACION AL SUBSUELO, EN EL CUAL DESPUES DE LIMPIARSE, SE CONSTRUIRA LA FOSA RECOLECTORA DE AGUAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CONTAMINADA



DRENAJE AGUA CONTAMINADA  
 DRENAJE AGUA LIMPIA



C A P I T U L O 7 . -

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Cotton A. y Wilkinson C.  
Química Inorgánica Avanzada  
Ed. Limusa-Waley  
México (1971).
- 2.- Soane B. D. and Saunder D. H.  
Nickel and Chromium Toxicity of serpentine soils -  
in Southern Rhodesia  
Journal Ecology (1971).
- 3.- American Public Health Association  
Standard Methods, for the Examination of Water and  
Wastewater.  
1015 Eighteenth Street N.H. Washington D. C. 20036,  
13 edition (1971).
- 4.- Environmental Protection Agency Technology Transfer.  
Methods for Chemical Analysis of water and Wastewater  
U. S.  
Washington D. C. (1974).
- 5.- Inland Waters Directorates Water Quality Branch-  
Analytical Methods Manual.  
Ottawa Canadá (1974).

- 6.- Dreisbach Robert H.  
Intoxicaciones
  
- 7.- Efecto de los oligoelementos en la Actualidad.  
Revista Ciba Septiembre (1974).  
Volumen I, pagina 3
  
- 8.- Peterson P. J. and Shewey P. R.  
Distribution of Chromium and Nickel in Plants and  
Soil from Serpentine and Others Sites.  
Journal Ecology (1976).
  
- 9.- Bray J.  
Non Ferrous, Production Metallurgy.  
Editorial Wiley and Sons  
Second Edition New York (1956).
  
- 10.- Proctor John  
The plant Ecology of Serpentine.- The Influence of  
High Magnesium/Calcium, Ratio and High Nickel and  
Chromium Levels in Some British and Swedish Serpentine  
soils.  
Journal Ecology (1971).
  
- 11.- Chaussin C. y Hilly G.  
Metalurgia  
Editorial Vemo Bilbao (1971).

- 12.- Millar E. A. and Spence D. H. N.  
An Experimental Study of the Infertility of a She-  
tland Serpentine Soil.  
Journal Ecology (1973).
  
- 13.- E.P.A. Environmental Protection Agency.  
Muestreo en Aire.  
Washington D. C. (1974).
  
- 14.- Helpern, González, Vance.  
Medicina Legal y Toxicología  
México (1954).
  
- 15.- Comisión de Aguas del Valle de México.

Esta Tesis se imprimió en Febrero de 1978  
empleando el sistema de reproducción Foto-Offset,  
en los Talleres de Impresos Offsali-G, S. A., Av.  
Colonia del Valle No. 535 (Esq. Adolfo Prieto),  
Tels. 523-03-33 y 523-21-05 México 12, D. F.