

PIGMENTACION DE MOR-  
TEROS Y HORMIONES.

PROFESOR GUIA: SR. FRANCISCO AEDO.  
AYUDANTE: SRA. RAQUEL VIDAL.  
ALUMNO: CARMEN PAÑELLA



S  
69153  
P191

PROGRAMA DE SEMINARIO

TEMA: " Pigmentación de morteros y hormigones".-

Alumno: Carmen Pañella M.  
Profesor-guía: Sr. Francisco Aedo C.  
Ayudante: Sra. Raquel Vidal.

*Trabajo de curso*  
INSTITUTO DE EDIFICACION EXPERIMENTAL

I.- GENERALIDADES.-

- 1.- Introducción.-
- 2.- Evolución del color en la arquitectura.-
- 3.- La decoración y el color.-
- 4.- Recursos técnicos del color.-
- 5.- Significado de los estucos.-

II.- EL CEMENTO Y EL HORMIGON DE CEMENTO.-

- 1.- Química del cemento.-
- 2.- Morfología del hormigón de cemento.-
- 3.- Pigmentación:-
  - a.- Pigmentación del cemento.-
  - b.- Pigmentación de los morteros.-
  - c.- Pigmentación del hormigón de cemento.-
- 4.- Límites técnicos y costo.-

III.- PARTE EXPERIMENTAL.-

## INTRODUCCION.

Al abordar este seminario, el alumno no pretende estudiar las posibilidades de usar la técnica de pigmentar los hormigones en masa para conseguir dar color a los edificios en su fábrica.

Si observamos las diferentes partidas de un presupuesto, es notorio que revestimientos y pinturas, ambos son bastante altos dentro del costo total, al reemplazarlos o más bien dicho suprimirlos es obvia la economía, ya que disminuiría el tiempo de ejecución, materiales, mano de obra, etc.

Donde esta técnica tendría su mayor éxito, sería en la industria de elementos de hormigón prefabricados, puesto que dicha industria controla científicamente tanto características como granulometría y usa sistemas de ejecución mecanizados.

Este trabajo constará de dos partes: la primera de antecedentes y estudios sobre hormigones, pigmentación y color y, la segunda de experiencias ejecutadas en el Instituto de Edificación Experimental y controladas por éste, sujetas al siguiente programa.

## PROGRAMA DE EXPERIENCIAS.

### 1.- Cemento puro más pigmento:

- a.- Con porcentaje de pigmento obtenido por la capacidad colorante del mismo.
- b.- Experimento de resistencia a la intemperie.
- c.- Clasificación de pigmentos por eliminación.

### 2.- Mortero más pigmento:

- a.- Morteros con los pigmentos clasificados en adiciones anteriores.
- b.- Tratamiento de las arenas en caso de eflorescencias.

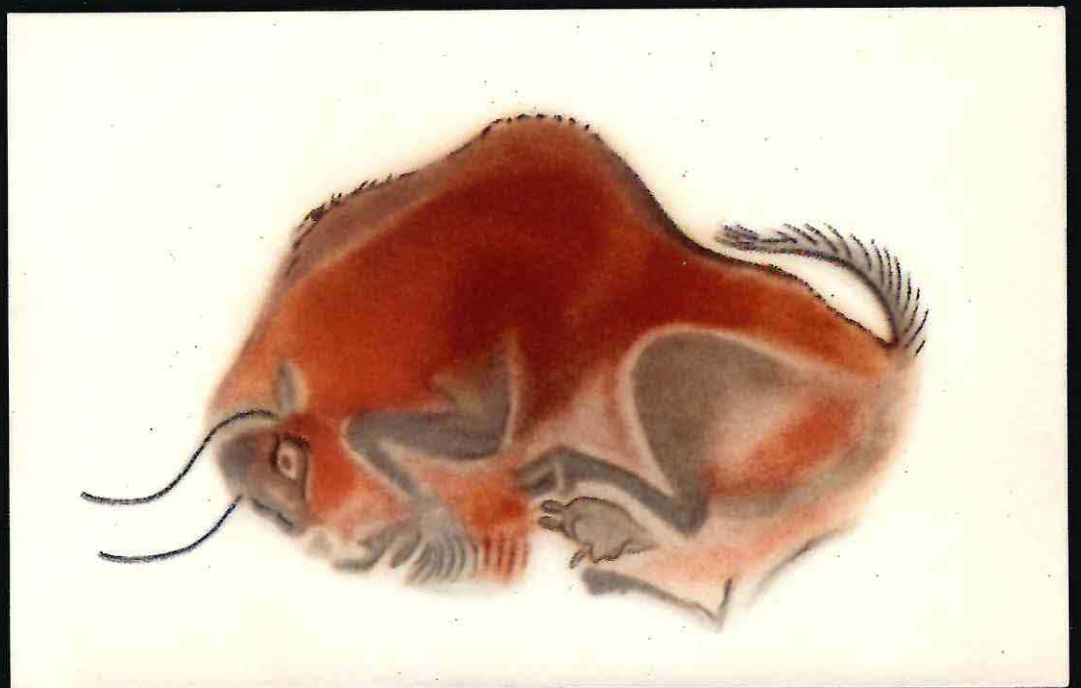
### 3.- Concreto más pigmento:

- a.- Concreto pigmentado, aridos chancados.
- b.- Concreto pigmentado, arena del estero de Viña del Mar.
- c.- Sistema de fraguado.
- d.- Tiempo de fraguado.
- e.- Ensayo de resistencia.
- f.- Determinación de porcentaje máximo de pigmento.

Nota: Estas experiencias se repetirán con cementos Melón: tipo A. y Extra. Cemento Polpaico 40.

### 4.- Impermeabilidad:

- a.- Diseño con estudio de granulometría.
- b.- Adición de hidrófugos a la masa del hormigón.
- c.- Aplicación de hidrófugos a la superficie del hormigón.
- d.- Uso de cemento impermeable.
- e.- Prueba de absorción de agua de los hormigones pigmentados.



Una de las primeras manifestaciones de color. Cuevas de Altamira, Santander(España).Policromía de H. Breuil.

EVOLUCION DEL COLOR EN LA ARQUITECTURA

Como decíamos en la introducción: revisaremos generalidades sobre pigmentación y el uso del color en la arquitectura pero, para esto último, no podemos dejar de lado lo que la historia del arte nos puede decir a través de exponentes de la arquitectura. Desgraciadamente la documentación sobre el uso del color es escasísima, aunque los esteticistas e historiadores nos hablan de la forma, textura, planimetría de los edificios, pero la observación sobre color es casi nula. Es así que este intento puede resultar de poco interés.-

Partiremos de la prehistoria y veremos al hombre preocuparse de la ornamentación y del color, prueba de ello son los pocos ejemplos que conocemos, el más nombrado es el de las cuevas de Altamira.-

En los diferentes períodos históricos cada región tiene colorido y

técnicas propias. En regiones de mucha luminosidad, el arquitecto no se preocupó del color exterior pero sí de los interiores, para lograrlo recurrió a las técnicas que tenía a su alcance: los caldeos policromaron los interiores con mosaicos de arcilla vitrificada destacándose los colores amarillos, negro y azul intensos. El exterior estaba dado, como dijimos, por el color propio del material.-

Esto también se observa en los países mediterráneos, así, los griegos sólo usaron algunos colores con el fin de realzar relieves o conseguir efectos óptimos de luz y sombra: pintaron los fustes de sus columnas de color amarillo para destacar y realzar sus formas sobre el color sombra del muro de fondo.

Los romanos introdujeron la técnica del mosaico pero con un colorido más débil, dado por los matices de la región. Al heredarlos los bizantinos, cambia el colorido dominando el azul y el dorado como base de su policromía. Estas formas de expresar el color se esparcen, con el Islam, por todas las costas del Mediterráneo cambiando, solamente, los trazados de figuras vivas por geométricas: algunos ejemplos son

Las Termas de Caracalla en Roma, Santa Sofía en Constantinopla, el Alhambra en Granada, San Vitale y la tumba de Galia Placidia en Ravena.-

En el norte de Europa donde el clima es riguroso y de poca luminosidad, el Gótico alcanza mayor auge. Los arquitectos, a pesar de la necesidad de colorear el exterior, no lo lograban por el atraso de las técnicas y sólo policromaban partes muy protegidas de la intemperie, para conseguir una mayor luminosidad usaron el color oro, ejemplo: el Hotel de Ville de Bruselas y sus dos edificios adyacentes, Según Violet le Duc, Notre Dame de París presentaba en la fachada principal toques precisos de oro y negro en todas aquellas partes protegidas. Para los interiores nace una nueva técnica, que alcanza su mayoría de edad en esta época, el vitral que al dejar pasar la luz policroma los interiores con un brillo nunca alcanzado hasta entonces, la estructura parece no existir, un ejemplo muy representativo y hermoso es la Santa Capilla de París.

Por el contrario, en Rusia cuyo clima es más riguroso y su paisaje monótono, la arquitectura, de gran influencia oriental, aplica el color a

los exteriores con profusión, contrasta volúmenes con diferentes colores, por lo general violentos. Como la luz es débil y no produce sombras, tratan de producir el efecto de volúmen pintando figuras geométricas de diferentes colores. Las técnicas usadas son pobres, por lo general pinturas, no el color del material, no les interesa su permanencia. Ejemplo típico de esta decoración lo tenemos en el Refectorio del Convento de Zagorsk, al norte de Moscú.-

Es curioso observar como en los grandes estilos italianos como el renacimiento, no interesan las estructuras y las fachadas aparecen planas, toman importancia las figuras geométricas, la decoración borra todo vestigio de elementos arquitectónicos: un típico ejemplo de ello es la Catedral de Siena. Es probable que esta manera de decorar sea heredada de los árabes pues nos recuerda el interior de la Mezquita de Córdoba. Quizás este abuso se debió al grado de perfeccionamiento de la técnica de la maquetería en piedra y a la riqueza en mármoles negro, rosado y verde que obtenían de las canteras de la Toscana.-

En el Barroco, por su idea de infinitud y dinamismo, se cubre el total de los paramentos con aquellos coló-

res que dan sensación de celeridad y producen con estos fines el efecto de luz y sombra; estos colores son brillantes y aumentan la perspectiva por medio de espejos. Su idea principal es de no limitar el espacio.-

Después de estos grandes estilos, se puede decir que la idea o diseño del color no varía, son las técnicas las que avanzan.-

En el siglo pasado la industrialización de la pintura al óleo y el perfeccionamiento en su uso conduce a aberraciones tales como la imitación del mármol pintado sobre la madera. El color deja de ser representativo del material, este puede ser falseado fácilmente.-

El movimiento artístico del "Art and Graft" en Inglaterra, continuado por "Art Nouveau" en Bélgica y la "Escuela de Viena", considerados como los precursores de la arquitectura "racional-funcional", comienza la búsqueda de la simplicidad en la forma ornamentación y color. El "cubismo" también influye sobre la arquitectura, tratando de producir contrastes de volúmenes con claro-oscuro, preconizan los grises, el material debe conservar su color., el hormigón debe quedar a la vista, es decir, sin revestimiento,

la gama es siempre la misma: "el gris"; un ejemplo muy conocido es el colectivo de Marsella, de Le Corbusier, en que el Hormigón y la madera están a la vista en su color natural, y sólo el acero está pintado, por necesidad de protegerlo, pero su colorido va del negro al blanco pasando por los grises.-

Tenemos, hoy día, que la tan ponderada "arquitectura orgánica" cambia y se vale del color, toma planos o cubos en los que dominan los colores primarios, destaca estructuras en una tonalidad diferente que sus partes de relleno, a veces, tomando la policromía por armonía, otras, por oposición. Se nota una gran influencia de los "Gift" siendo tal vez Mondrian el más seguido.-

La policromía más audaz se encuentra, contrariamente a lo dicho anteriormente sobre el clima y su influencia en el color, en países o regiones de gran luminosidad como sucede con la nueva arquitectura venezolana e israelí.-

Nuestra arquitectura ha sido un reflejo de todo lo acontecido en Europa, tal vez con un poco de atraso. Ni en nuestra época colonial, que por razones de distancias y atraso en la técnica, podíamos haber tenido colorido propio, puesto que pre-

dominaban el rojo de las tejas y el blanco de los muros tratados a la cal.-

Posteriormente aparecieron los colores amarillo, rojo y blanco tratados con los escasos materiales que había a disposición. El azul era considerado un lujo, por no existir en el país. Según algunos tratadistas esta policromía era influencia del Barocco andaluz.-

Santiago, hasta hace 5 o 6 años era una ciudad gris. Se construía con materiales que era necesario cubrir y en su gran mayoría se recurría al estuco y éste era siempre gris aunque fuera pigmentado. La construcción en materiales nobles, como piedra y mármol era muy escasa.

Es probable que con el avance técnico en nuestra industria en lo que se refiere a materiales de color, ya sea pinturas, cerámicas, mosaicos (gres, muranite), pigmentos, etc. se ha podido realizar el cambio que podemos constatar.-

Si bien es cierto que en los edificios importantes o arquitectura oficial representativa los diseñadores son prejuiciosos y muy cautelosos en el uso del color, se puede decir que dan expansión a sus inquietudes cuando la arquitectura trata los ambientes en que el individuo desarrolla su propia vida como son: las escue-

las, los estadios, viviendas; locales  
de esparcimiento y religiosos.-

LA DECORACION Y EL COLOR

El color ha sido siempre uno de los recursos más socorridos para la decoración, quizás ello se deba a que el mundo que nos rodea nos muestra una extensa gama de colores o a las reacciones psicológicas que el produce en cada ser humano.-

Se ha teorizado sobre la capacidad psicológica del color y es así como se ha establecido que existen colores fríos o cálidos, exitantes o deprimentes, brillantes u opacos, etc. Según algunos autores: el rojo produce euforia y, el verde tranquilidad. Goethe en su "Teoría del color" atribuye al rojo y amarillo ser colores de las multitudes, etc.

El color, aplicado de distintas maneras, produce distintos efectos: tanto ópticos como psicológicos.-

Un material coloreado, al exterior donde la luz es intensa, estará sujeto a mayor número de variaciones, por el efecto de ésta, que si estuviera al

interior donde la luz es controlada y dirigida. El efecto buscado dependerá de su superficie: ya sea ésta pulida o rugosa, brillante u opaca, clara u oscura, etc. y de su ubicación y orientación. Tanto su efecto plástico, como los efectos que ella provoque dependerán, pues, de su textura y coloración.-

Es por esto que el arquitecto recurre al color para conseguir una extensa variación de efectos y expresiones, tales como: destacar volúmenes; aumentar o disminuir el tamaño de un recinto; variar psicológicamente, la temperatura de un ambiente; relacionar espacios; definir formas; acentuar el carácter de un edificio, destacar sus divisiones; conseguir acentos locales, etc. Esto no quiere decir que el uso de estos recursos sea apropiado para corregir un mal diseño arquitectónico. El programa debe contemplar la aplicación de color, solamente, para acentuar efectos de composición, relación de los diferentes ambientes y dar acentos locales.-

El uso del color en una composición arquitectónica puede llevar, ópticamente hablando, a un desequilibrio de sus partes, si se ha hecho uso inadecuado de éste. Steen Eiler Rasmussen en su

libro "EXPERIENCING ARCHITECTURE" dice:  
"El uso del color depende esencialmente de la sensibilidad artística del individuo que lo usa, no depende del grado de belleza de un color ni de que sea el color preciso ya que combinados erróneamente pueden producir una mala composición".-

Será de responsabilidad del arquitecto la elección de coloración de una composición arquitectónica puesto que, aquí entrarán en juego tanto su temperamento y sensibilidad artística como sus preferencias y técnicas personales, pero regido por una voluntad directiva y organizada esta elección será más o menos limitada, por una parte, por los materiales que aporta la región como recursos naturales y, por otra parte, la industria con sus productos elaborados. Estas limitaciones unidas a razones de clima, conveniencia sencillez podrán, a su vez, guiar al diseñador.-

No debemos olvidar que un artista necesita, además, de su sensibilidad y espíritu creador, de conocimientos técnicos, físicos, fisiológicos, psicológicos, etc. los cuales lo guiarán para conseguir una buena composición.-

RECURSOS TECNICOS DEL COLOR

Si consideramos el color como proveniente de tres fuentes principales: color propiamente tal, luz coloreada y color propio del material. Debemos diferenciar, también, las técnicas de su aplicación.-

Así, el color propiamente tal se ha tratado y aplicado de distintas maneras desde que el hombre lo adoptó para su decoración. La mayoría de las veces ha sido aplicado como pintura sobre superficies previamente preparadas.-

La luz coloreada es una técnica moderna que requiere de conocimientos muy especiales para su uso puesto que, según fuente luminosa, produce efectos distintos sobre un material coloreado determinado.-

El color propio del material tiene gran importancia para nosotros, ya que podemos decir que las formas arquitectónicas y su coloración son un arte

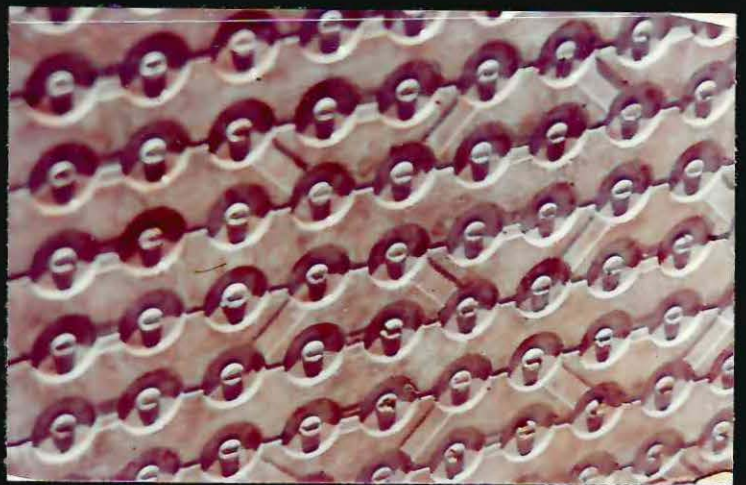
visual, por lo tanto, hablar de "color" nos lleva a hablar de "material", pues no podemos hacer caso omiso de la fuerte relación existente entre el material mismo y su color.-

Materiales diferentemente coloreados pueden combinarse, siempre que esta combinación no se oponga a la lógica constructiva, y aportar su efecto de enriquecimiento y diferenciación. Así, la acción del color se manifestará por la utilización de materiales: petreos, cerámicos, metálicos, plásticos, maderas, vidrio, etc.; cuyo efecto se podrá localizar en el total de la composición o en sectores determinados de ella.-

En arquitectura no se han explotado todas las posibilidades del color del material estructural, ya sea por limitaciones económicas del mercado, de mano de obra o composición misma de éste. Casi siempre se ha recurrido a cubrirlo. Desgraciadamente, esto fué aplicado al hormigón, un material sin "tradición" que nació con sus propias técnicas y como decíamos en el capítulo anterior, fué la arquitectura racional-funcional quién empezó a preocuparse porque el hormigón presentara su textura y, en la actualidad, es frecuente su realización. Si a esto agre-

gamos la posibilidad de poseer color, significa que tenemos un material ideal: de forma, color y textura controlables a voluntad.-

Esta nueva técnica sería una combinación del color propiamente tal y el color gris del hormigón que daría, por resultado, un material con todas las características de éste último y además con el color deseado. El material de color consiste en pigmentos sintéticos, de los cuales hay gran variedad y existen, en nuestro mercado a precios relativamente bajos. De esto último trataremos en extenso en la segunda parte de nuestro estudio.-



Hormigón pigmentado con tratamiento de su superficie. ( trabajo del alumno ).

## QUIMICA DEL CEMENTO.-

No trataremos aquí, la química propiamente tal, revisaremos solamente lo que se refiere a composición y procesos químico-físicos de curado y fraguado del cemento.

### Composición:

El componente principal de los cementos que actualmente se producen en el mundo recibe el nombre de Klinker. Según sea las propiedades que se deseen obtener, a este Klinker se agregan otros ingredientes, generalmente, de composición similar, pero obtenidos por otros procedimientos térmico-mecánicos. Cabe citar entre estos, como los más conocidos, las escorias de alto horno. También conviene citar las puzolanas, que son tierras de origen volcánico, compuestas principalmente por sílice, en el caso de las nuestras, y cuyo óptimo en calidad está en el kiselgur o tierra de infusorios.-

Cualquiera que sea el tipo de cemento que se fabrique, el Klinker debe cumplir con determinadas especificaciones químicas, así como también, con determinado comportamiento físico y mecánico.-

En cuanto se refiere a la composición real del cemento, algunos autores, co-

mo Julio R. Castiñeira, clasifica sus componentes en cuatro sustancias principales:

"  $C_3S$  que es el silicato tricálcico --

"  $3CaOSiO_2$

"  $C_2S$  que es el silicato bicálcico

"  $2CaO SiO_2$

"  $C_3A$  que es el aluminato tricálcico

"  $3CaO Al_2O_3$

" C AF que es el alumino-ferrito

tetracálcico ...  $4CaO Al_2O_3Fe_2O_3$

y además pequeñas proporciones de Oxido de Calcio, Oxido de Magnesio, Alcalis y otras sustancias".-

El  $C_3S$  y el  $C_2S$ , según Kleinlogel, controlan la resistencia y el calor de fraguado de los hormigones. En conjunto deben constituir entre el 70 y 80% del clínker para que el cemento resultante sea bueno desde este punto de vista.-

La naturaleza de las influencias producidas por el  $C_3S$  son distintas. El  $C_3S$  es un determinante de la resistencia inicial junto con el  $C_3A$ . Esto significa que altas cantidades de  $C_3S$  producen altas resistencias iniciales.

Generalmente las altas resistencias iniciales van acompañadas de mucho calor de fraguado, lo cual es controlado en los cementos modernos por los otros ingre-

dientes que componen el klinker. El aumento de la dosis de  $C_2S$  a costa del  $C_3S$  produce menos resistencia inicial y menos calor de fraguado.-

El  $C_3A$  en los cementos Portland clásicos era un factor negativo por muchos motivos: disminuían la robustés estructural, determinaba tendencia a agrietamiento, lo debilitaba frente a los sulfatos, y fomentaba el desarrollo de calor durante el fraguado. Actualmente los ingredientes que se agregan al klinker controlan todos estos defectos y permiten aprovechar las ventajas de su presencia, que se manifiestan con más elevadas resistencias. También es posible controlar los defectos del  $C_3A$ , según la tecnología antigua de fabricación de cemento, agregando a los ingredientes del klinker, antes de su calcinación, Oxido de fierro; este procedimiento tiene el inconveniente de introducir un elemento inerte o semi-inerte que es el  $C_4AF$  que no contribuye con nada o con muy poco a las propiedades estructurales del cemento.-

Entre los constituyentes menores se ha puesto en moda, últimamente, el  $N_2O$  o sea, la sumatoria alcalina. Se recomienda que este álcali no sea mayor que el 1% cuando el cemento va a ser ocupado en zonas

en donde los ripios y/o las arenas sean reactivos, o sea, que se combinan con dichos álcalis formando geles de Sodio o Potasio (vidrio soluble). Geles que por absorción de agua se hinchan y terminan por reventar los concretos destruyendo las obras en plazos que fluctúan entre los 5 y 20 años. También los cementos modernos se elaboran con ingredientes distintos del klinker que inhiben esta reacción álcali-ácido.-

El C y el M también son componentes poco deseables porque dan origen a dilataciones internas que pueden deteriorar prematuramente los hormigones o los morteros.-

MORFOLOGIA DEL HORMIGON DE CEMENTO.-

En este capítulo vamos a hacer algunas observaciones referente a la estructura física y visible del hormigón de cemento y su relación con la pigmentación.-

El ingeniero español Fernández Casado dice en su libro "Resistencia" : "El hormigón es un material esencialmente heterogéneo; en el caso ideal, se van ordenando tamaños sucesivos del árido, cada uno de los cuales rellena los huecos del anterior, llegando por último a la pasta aglomerante que da cohesión al conjunto".

"La resistencia de morteros y hormigones es función, por un lado, de la cohesión de la pasta aglomerante y de los áridos; y por otra parte, de su adherencia mutua; por consiguiente, la estructura íntima peculiar del hormigón es la del cemento endurecido".

En el capítulo anterior vimos el proceso de formación de esa estructura del cemento endurecido, para explicar lo cual existen dos teorías fundamentales: la que supone la formación de precipitaciones cristalinas y la que supone la for-

mación de un gel rígido que al cabo de varios años se solidifica tomando estructura cristalina (teoría coloidal).-

Según el mismo autor: "La diferencia entre ambas teorías radica únicamente en el tamaño de las partículas producidas inicialmente".-

Valgan estas líneas anteriores para dejar estampado el principio de la heterogeneidad del material, ya que la compacidad perfecta es imposible de conseguir, a lo menos, a la escala microscópica. Sea a través de geles o de cristales, las esferas inertes de los áridos siempre quedarán cogidos en una estructura intersticial surcada por canalículos o espacios libres semejantes a los que quedan al juntar un volúmen de redes.-

Ahora bien, al buscar los métodos de incorporación de colores artificiales a la masa de hormigón, la compacidad es posible de conseguir, y la heterogeneidad de sus componentes y de su estructura microscópica no son problema ya que el material, ante las solitudes mecánicas, se comporta como un sólido homogéneo.

La incorporación de color debe ser acompañada de una perfecta terminación o acabado superficial del hormigón, lo que es posible de conseguir gracias al fenómeno, mediante el cual, la pasta de cemento, además de envolver

a cada grano el árido envuelve también a toda la pieza del hormigón. Si esto no sucediera, la posibilidad de coloración uniforme de las superficies sería imposible, ya que los pigmentos no afectan las superficies del árido y sólo consiguen su objetivo de dar color al ser tomados por la pasta de cemento e incorporados a la masa inerte en la red intersticial que constituye la estructura de éste.-

La perfección superficial del concreto es conseguida con una tecnología y fabricación adecuadas, que contemplen rigurosidad en la dosificación, mezcla, transporte, colocación, compactación y curado de las piezas, sin dejar de lado la calidad y lubricación de los moldajes y la ubicación y cuantía de la enfierradura en el caso del hormigón armado.-

Se advierte en probetas coloreadas ya ensayadas a ruptura, que la capa de pasta de cemento que forma la superficie de las seis caras del cubo, a veces no más gruesa que medio milímetro, y en el interior los áridos semi-cubiertos de pasta, pero sin muestras de haber asimilado químicamente los pigmentos.-

Puede observarse, también, el hueco dejado por los áridos que fueron despegados de un sector de la pasta, al romperse ésta con la carga del tester, en esas concavidades la coloración es perfecta.-

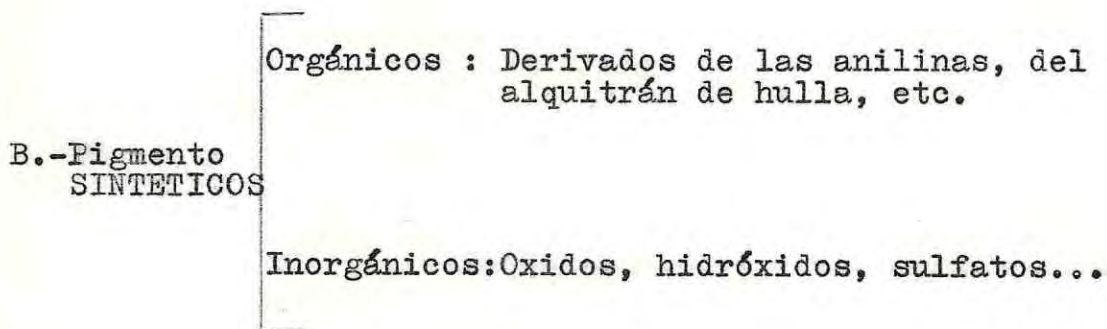
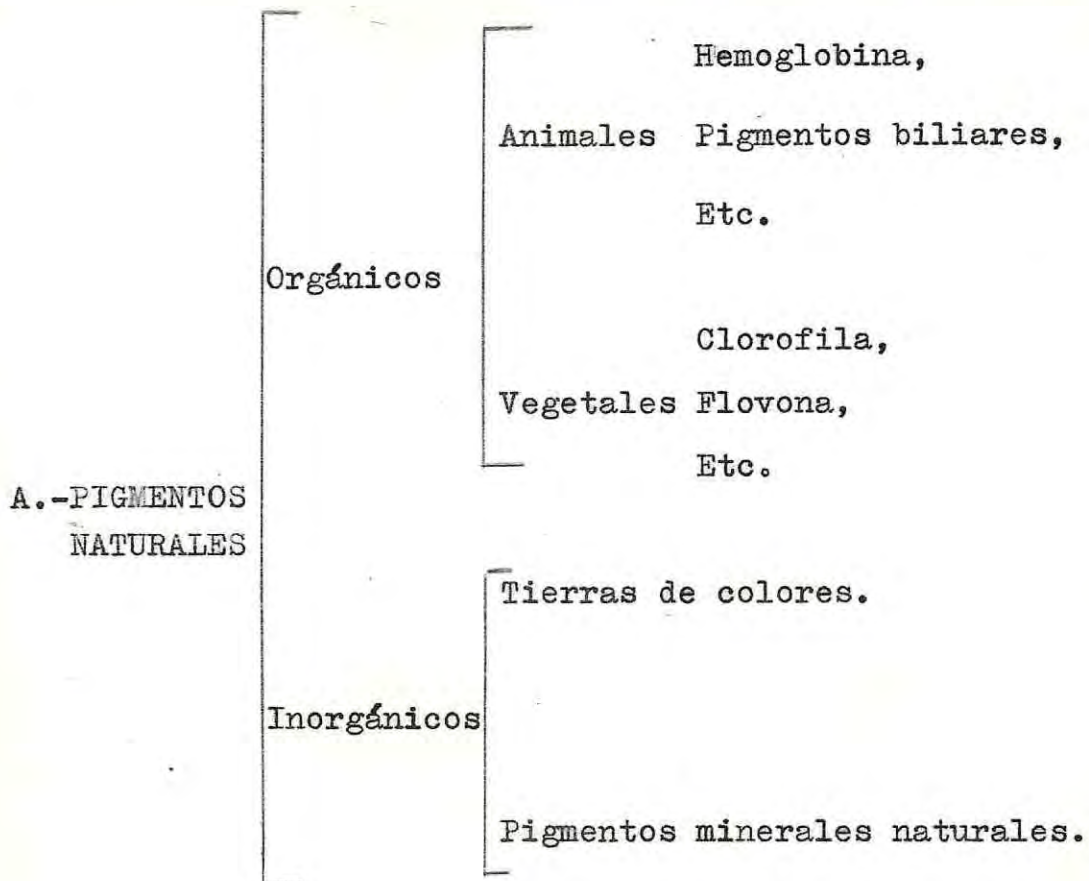
## PIGMENTACION

Erroneamente se confunde por pigmentar el hecho de colorear un material, siendo que pigmentar es dar color por medio de partículas no solubles en el aglomerante y colorear consiste en el uso de sustancias solubles en agua o disolventes orgánicos y por lo general, estos colores son poco resistentes a la luz solar y al agua. Las anilinas y sus derivados se encuentran entre los colorantes.

En este estudio solo interesan los pigmentos y en particular los inorgánicos. Según Joachin Shumpelt: "Pigmentos son materias sólidas finamente pulverizadas y practicamente insolubles en el aglomerante, que muy finamente repartidas en él, le dan una determinada coloración.

El grado de pureza de un color depende de la forma de cristalización de la molécula del pigmento que debe ser homogénea, uniforme y de color acentuado.

Podemos clasificar los pigmentos según su origen en:



**Pigmentos Naturales:** Son aquellos que se encuentran en la Naturaleza y que, para ser usados, se someten a procedimientos mecánicos ya sea lavado, molienda, calcinación o precipitación, etc.

**Pigmentos Sintéticos:** Son los que se obtienen por síntesis química

que reproduce la composición y propiedades de los Naturales, dando además la misma intensidad de color.

Pigmentos  
Orgánicos:

Hasta hace poco, los textos no recomendaban el uso de los pigmentos orgánicos para cemento porque son hidrófugos o sea que repelen el agua por lo que no quedan homogéneamente repartidos en sistemas hidráulicos y en general se decoloran con los efectos de la luz solar.

Actualmente las industrias se han dedicado a producir pigmentos orgánicos para cemento por su clara tonalidad y luminosidad, no conseguidas con los inorgánicos.

La Farben Fabriken G. Siegle y Co. fabrica algunos pigmentos orgánicos para cemento y, según sus propias indicaciones, que no hemos tenido oportunidad de experimentar, cumplen con las mismas condiciones que los inorgánicos: son resistentes a la cal y al cemento, insolubles en agua, resis a los efectos de la luz solar y de alto poder colorante.

No nos ocuparemos de estos pigmentos en este seminario porque no son usuales en nuestro país. En cambio, tenemos grandes cantidades de pozos y mantos de pigmentos in-

orgánicos distribuidos a lo largo del territorio y se cuenta con fabricas que lo elaboran desde antiguo.

Pigmentos minerales Naturales:

Son minerales que han estado durante siglos en constante contacto con los agentes atmosféricos debido a lo cual son de gran firmeza de color. El color y composición de estos pigmentos puede variarse por medio de calcinación a baja o alta temperatura, por mezcla de dos o más pigmentos o por adición de alguna materia colorante artificialmente. Casi todos estos pigmentos deben pasar por un proceso de molienda y tamizado antes de su colocación en el mercado.

Entre estos pigmentos podemos citar el lapislázuli ( $\text{Na}_4\text{S}_2\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}$ ) tectosilicato de sodio y aluminio de color azul: es un mineral muy duro que por medio del molido y tamizado se obtiene de él el Azul de Ultramar. Su uso es poco frecuente debido a la escasez mundial de este mineral; fué uno de los primeros en reemplazarse por los sintéticos.

Otros pigmentos minerales naturales son: el Grafito (negro); La Baritina o Espato pesado ( $\text{Ba SO}_4$ ), sulfato de bario, de color blanco; la Creta ( $\text{Ca CO}_3$ , carbonato

de calcio); Caliza blanca. molida y reducida a polvo; Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) de color rojo; etc.

Tierras de  
Colores:

Son minerales naturales que se han formado por la acción de los agentes atmosféricos sobre determinados tipos de rocas; se caracterizan por su estabilidad de color y por estar mezclados con otras sustancias, generalmente arcillas.

Las tierras se encuentran en depósitos arcillosos pulverulentos y también formando masas petreas, duras y quebradizas. La mayor parte de las tierras de colores están formadas por óxidos de fierro, óxidos de manganeso, silicatos de fierro, sulfatos ferrosos y materias carbonáceas.

El tono de la tierra de color varía, en un mismo yacimiento, según sea la capa de explotación que se esté extrayendo.

Estas tierras, lo mismo que los pigmentos minerales naturales, deben ser sometidas a procesos especiales antes de su colocación en el mercado.

tierras rojas: En su mayoría deben su coloración al óxido férrico, que contienen en distintas proporciones. En la pizarra y esquistos se encuen-

tra en poca cantidad mientras que en la hema-  
tita existe entre 80 y 95% de  $Fe_2O_3$ . También  
se obtienen pigmentos rojos de la calcinación  
de la limonita ( óxido de fierro hidratado  
 $Fe_2O_3 \cdot 4 ( H_2O )$  ) de color amarillo, que da ó-  
xido de fierro amarillo anhidro,  $Fe_2O_3$ , o de  
la calcinación del sulfato férrico ( ~~$Fe_2$~~   $SO_4$ )

tierras amarillas  
u ocres:

Estos materiales de aspecto terroso deben su  
su color al hidrato férrico ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ), su  
pureza de tonalidad depende de la ausencia  
de otros óxidos, especialmente de los óxidos  
de manganeso. En algunos casos la coloración  
del ocre amarillo se debe a la presencia del  
sulfato básico de fierro. La proporción del  
óxido de fierro varía, en estas tierras, des-  
de el 15 al 60%.

tierras marrones: Están formadas por hidrato férrico muy pu-  
ro, conteniendo de un 50 a un 80% de óxido  
de fierro y pequeñas cantidades de óxido de  
manganeso.

tierras verdes: La coloración de estas tierras se debe, prin-  
cipalmente, al silicato de fierro mezclado  
con álcalis y magnesia.

tierras pardas o  
de sombra:

Están compuestas de óxido de manganeso, óxi-  
do de fierro y arcilla, conteniendo de 7 a  
14% de óxido de manganeso ( $MnO$ ) y 50% de  
óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ), el resto es carga.

tierras grises: Estas tierras son muy escasas y uno de los pocos pigmentos grises naturales es un esquisito arcillosa llamado gris pizarra.

Pigmentos minerales Sintéticos:

Generalmente son precipitados de reacciones químicas procedentes de metales, sales metálicas, etc. Se caracterizan por su color puro, uniformidad de grano y calidad constante por prepararse en grandes cantidades.

Es aconsejable no usar los pigmentos obtenidos de sub-productos porque no se encuentran puros: ejemplo el rojo de Bauxita que se obtiene de la fabricación del aluminio.

En Chile se fabrican: el azul ultramar, el amarillo de óxido de fierro y el rojo de óxido férrico.

fabricación del pigmento azul de ultramar:

Este pigmento se obtiene por la mezcla de:

Caolín.....	100 partes
Carbonato de soda .....	9 "
Sulfato de soda.....	120 "
Carbón .....	25 "
Azufre.....	16 "

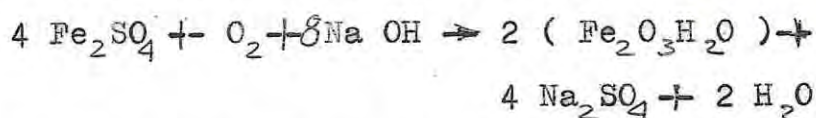
Esta mezcla se calcina a 1.500°F. durante 24 horas enfriandola, luego, muy lentamente, a continuación se lava cuidado

samente, para extraer las materias solubles en agua tales como el sulfato de sodio, etc. Por último se seca y se muele.

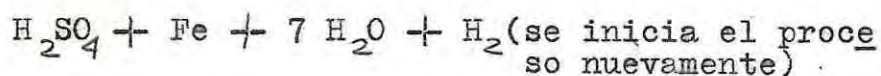
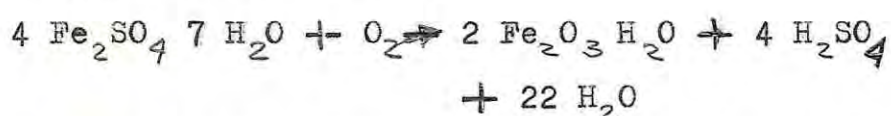
Su formula varía según el tono que se quiera obtener; lo mismo sucede con su peso específico.

fabricación del

pigmento amarillo: Para obtener el pigmento de óxido de fierro precipitado hidratado, en Chile, se usa el siguiente procedimiento: se ataca el sulfato de fierro con soda cautica, en presencia de aire:



En otro recipiente se sigue el proceso que se indica a continuación:

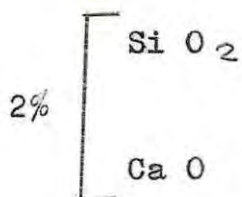


El  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  en el proceso de oxidación produce  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que reacciona con los desechos de fierro, previamente colocados en el recipiente, produciendo  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  adicional como reacción progresiva. El hidrato férrico coloidal, añadido al principio del proceso, actúa como un nucleo para la formación de las partículas de pigmento.

El pigmento así obtenido se lava para purificarlo, se seca, se muele y se tamiza, quedando con:

86% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

12% de  $\text{H}_2\text{O}$



Peso específico 4

Producción mensual hasta 50 toneladas.

fabricación del pigmento rojo:

Este pigmento es óxido de fierro y se obtiene por el mismo procedimiento que el amarillo, la diferencia de color reside en que al calcinar el  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$  a una temperatura de  $700^\circ\text{F}$ . se obtiene  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con evaporación de agua.

Este pigmento contiene:

96% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

2,3% de  $\text{Si O}_2$

0,5% de pérdida por ignición

Peso específico 5.

Producción mensual : 50 toneladas.

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE TIERRAS DE COLORES MAS IMPORTANTES EN CHILE

PIGMENTO	NOMBRE	FORMULA	ESTADO	TRATAMIENTO	COMPOSICION	YACIMIENTO	PROVINCIA Y LEY
Ocre Rojo	Hematita	$Fe_2O_3$	limonita $Fe_2O_3 \cdot 4(H_2O)$	Calcina $\acute{c}$ ion de la limonita (a amarillo) da Hematita.-		Mantos	Atacama, Santiago, Coquimbo 33% $Fe_2O_3$ .-
Rojo	Oxido Rojo de Hierro			Triturado y Tamizado.-	Oxido de Hierro y arcilla	Bolsones	Antofagasta 82,5% Coquimbo 53% $Fe_2O_3$ Stgo. 78%, Linares Bio-Bio.-
Amarillo	Limonita	$Fe_2O_3 \cdot 4(H_2O)$		Triturado y Tamizado	Hidroxido de fierro y sulfato b $\acute{a}$ sico de Fierro.-	Bolsones	Atacama, Coquimbo, Santiago 50% $Fe_2O_2$ Linares y Bio-Bio.-
Marrones	Sienas	$Fe_2O_3 + MnO$		Triturado y Tamizado	Oxido de fierro y peque $\acute{n}$ as cantidades de $o$ xido.-	Mantos	Aconcagua 76% $Fe_2O_3$ y 13,78% $H_2O$ .-
Verdes				Triturado y Tamizado	Silicatos de fierro mezclados con Alca- lis.-		

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE TIERRAS DE COLORES MAS IMPORTANTES EN CHILE

PIGMENTO	NOMBRE	FORMULA	ESTADO	TRATAMIENTO	COMPOSICION	YACIMIENTO	PROVINCIA Y LEY
Pardas	Tierra de Sombra				Oxido de Magnesio y Fierro y Arcilla.-		7 a 14% Oxido de Mn. 50% Oxido férrico.-
Grises	Gris Pizarra.-				esquistos arcillosos		
Negras			Grafito Carbón en polvo. Pizarras negras.-				Antofagasta Aconcagua Concepción.-

DATOS OBTENIDOS DEL LIBRO "RIQUEZAS MINERALES NO METALICAS DE CHILE".- TOMAS VILA.-

PIGMENTOS MAS USADOS EN ESTUCOS DE CEMENTO Y HORMIGONES

COLOR	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION
Verde	Verde ultramar	Mineral Sintético	Compuestos sílico-alumínicos con azufre.-
Pardo	Pardo de Oxido de hierro	Mineral Sintético	Oxido férrico con 188,7 96,2% de y 2,4 7,3
Negro	Negro de Oxido de hierro	Mineral Sintético	Oxido férrico puro.-
Negro	Negro de Humo	Mineral Sintético	Se obtiene de la destilación seca de los huesos y, además, de las finas partículas de carbono; también contiene fosfato cálcico.-

PIGMENTOS MAS USADOS EN ESTUCOS DE CEMENTO Y HORMIGONES

COLOR	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION
Blanco	Dióxido de titano	Mineral Sintético	Dióxido de titano puro.
Blanco	Blanco de titano	Mineral Sintético	Dióxido de titano más espato pesado.-
Blanco	Blanco fijo	Mineral Sintético	Sulfato bárico precipitado.-
Amarillo	Amarillo de óxido de fierro	Mineral Sintético	Hidróxido férrico con 98% de
Amarillo	Amarillo de Cadmio	Mineral Sintético	Sulfato de Cadmio
Rojo	Rojo de óxido férrico	Mineral Sintético	Oxido férrico con 78% de 90% de
Rojo	Rojo Inglés	Mineral Sintético	Oxido férrico de productos de descomposición en que existe fierro, los pigmentos se hallan mezclados con materiales de carga o relleno; contiene yeso por lo que no debe mezclarse.-

PIGMENTOS MAS USADOS EN ESTUCOS DE CEMENTO Y HORMIGONES

COLOR	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION
Azul	Azul cobalto	Mineral Sintético	Aluminio y cobalto
Azul	Azul coelín	Mineral Sintético	Estannato de cobalto
Azul	Azul de Manganeso	Mineral Sintético	Sulfato manganato de bario
Azul	Azul Ultramar	Mineral Sintético	Compuestos sílico-aluminosos con azufre.-
Verde	Verde de Oxido de Cromo.	Mineral Sintético	Oxido de cromo puro.
Verde	Verde de Hidróxido de Cromo.	Mineral Sintético	Hidróxido de cromo.
Verde	Verde Permanente	Mineral Sintético	Mezcla de verde de hidróxido de cromo y espato pesado.-

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO ANTE LOS AGENTES QUIMICOS DE LOS PIGMENTOS

Como hemos dicho en el capítulo de pigmentación, los pigmentos son productos de compuestos minerales, por lo que se hace necesario conocer la influencia que estos ejercen sobre el cemento. Esto se ha conseguido a través de múltiples experiencias de laboratorios dedicados al estudio del cemento.-

Oxido de fierro:

En pequeñas cantidades y dentro de los límites específicos determinados por experimentación, normaliza los cementos ricos en aluminato tricálcico, pero aumenta el aluminato ferrito tetracálcico en desmedro de los silicatos, aumentando la durabilidad a costa de la resistencia mecánica.-

Maldonado.-

Oxido de plomo:

En cantidades muy pequeñas retrasa el fraguado del cemento. En cantidades superiores al 1% destruye dicho proceso. No deben usarse los pigmentos: Rojo de Minio  $Pb_3O_4$ , el anaranjado de plomo  $Pb_2O_3$  y el rojo de cromo  $CrO_4Pb_2O$ .-

Kleinlogel.-

#### Sulfatos:

Se combinan con la cal hidratada y con el aluminato cálcico hidratado de la pasta de cemento, formando sulfato de calcio con la primera y sulfo-aluminato cálcico con la segunda. Los compuestos de azufre son siempre perjudiciales para el hormigón puesto que pasan fácilmente, a sulfatos por oxidación. El verde ultramar es un compuesto silícico-alumínico con azufre por lo que debe evitarse su uso, lo mismo que el hollín.-

Vierheller.-

#### Silicatos:

Los silicatos no poseen influencias perjudiciales para el hormigón, por el contrario, se agrega a éste para acelerar el proceso de fragua y curado y para hacer más impermeable el hormigón.-

#### Reacciones químicas del cemento y los pigmentos.-

Son difíciles de conseguir dada la composición compleja del cemento por lo que hay que recurrir a la experiencia y establecer su ley en cada caso.-

#### Conclusiones:

De lo expuesto en este capítulo podemos deducir que, para pigmentar cemento, tenemos algunas limitaciones:

- 1.- No todos los pigmentos minerales que se venden en el mercado son aptos para

pigmentar cemento.-

- 2.- La cantidad en pigmento está limitada por los efectos que éste produce sobre el cemento.-
- 3.- El tipo de trabajo a que será sometido un hormigón o mortero condiciona una limitación para la pigmentación.



Muestras de pasta de cemento pigmentado.

PIGMENTACION DEL CEMENTO.-

De lo expuesto en los capítulos de pigmentación y química del cemento podemos determinar las condiciones que debe cumplir un pigmento para ser usado con el cemento, ellas son:

- a.- Ser de naturaleza inorgánica.-
- b.- Que el hidrato cálcico que se desprende durante el fraguado del cemento, no altere su color.-
- c.- Ser insolubles en agua, por definición.-
- d.- No debe tener sales solubles en agua, puesto que producen manchas.-
- e.- No contener materias que perturben el fraguado y curado del hormigón.-
- f.- Ser inalterables a la luz solar.-
- g.- Tener menos del 15% de su peso en sulfato de calcio porque éste se combina con la cal hidratada destruyendo los hormigones (Kleinlogel).-
- h.- La finura de molienda del pigmento debe ser menos que la del cemento para lograr una pigmentación homogénea.- (Kleinlogel).
- i.- Ser inalterable ante la cal del cemento.-
- j.- Ser de fácil dispersión.-

Al tener un pigmento que cumpla con estos requisitos, podemos aplicarlo al cemento, pero tomando algunas precauciones para obtener una pasta homogénea pigmentada, libre de grietas, manchas y eflorescencias.-

Precauciones para  
mezclar pigmento  
y cemento:

- 1.- La mezcla debe hacerse siempre en seco puesto que el pigmento no es soluble en agua.-
- 2.- La mezcla debe ser lo más homogénea posible, por lo que se recomienda el uso de una mezcladora mecánica para grandes cantidades.-

Para cantidades pequeñas se puede usar un cubo de madera que gire en torno a un eje que lo atraviesa en diagonal por dos de sus aristas.

- 3.- Comprobar que el pigmento esté homogéneamente repartido en el cemento, para lo cual se comprime, una muestra de la mezcla entre dos vidrios. Si aparecen vetas

de color, significa que el color no está uniformemente repartido.-

- 4.- En lo posible debe prepararse la mezcla del pigmento con el cemento de una sola vez para una obra determinada, para evitar cambios de tono.-
- 5.- El agua debe cumplir con las mismas exigencias que para todo trabajo con cemento, o sea, no contener sólidos en suspensión (limo o arcilla) materias orgánicas ni substancias minerales en disolución, como álcalis, cloruros, sulfatos, etc.-
- 6.- El curado debe ser igual al de cualquier pasta de cemento.-

PIGMENTACION DE MORTERO DE CEMENTO.-

Para obtener un mortero pigmentado, valen todas las condiciones establecidas para la pasta de cemento más aquellas que se exigen al árido fino. (arena).-

Para morteros pigmentados el árido fino debe ser:

- a.- La arena no debe contener fierro bivalente ni carbono, puesto que con el oxígeno del agua y del aire tienden a cambiar de color, lo que para nuestro caso sería lamentable, si quisiéramos tratar un paño pigmentado a la martelina, chorro de arena, etc.-
- b.- Además el árido debe estar libre de arcillas, materias orgánicas, sales, etc.-
- c.- No deben existir sulfuros en la arena, puesto que con la humedad pueden convertirse en sulfatos, que producen sublimaciones, las cuales, en la mayoría de las veces, provocan exfoliaciones en el Hormigón.-

NO

PIGMENTACION DE HORMIGONES DE CEMENTO.-

Componentes del Hormigón:

El hormigón está compuesto por: cemento, áridos (arena y ripio), agua y aire.-

No hablaremos del cemento, arena y agua por haberlos tratado con anterioridad.-

Los áridos gruesos deben cumplir con:

- a.- Estar libres de polvo.-
- b.- Ser de granulometría distinta.-
- c.- Estar libres de compuestos minerales que ataquen al cemento y a los pigmentos, tales como sulfatos, sales alcalinas, etc.-

Proporción agua-cemento:

Fuera de las condiciones para un buen hormigón, debe agregarse que para pigmentarlo, éste debe ser seco, para evitar que el agua sobrante arrastre el pigmento.-

IMPERMEABILIZACION DE MORTEROS Y HORMIGONES PIGMENTADOS.-

Impermeabilidad y  
Permeabilidad.-

La propiedad de los morteros y hormigones para resistir filtraciones de agua a presión es lo que llamamos IMPERMEABILIZACION y Permeabilidad la facultad de impregnación de morteros y hormigones, que dependería de la cantidad de huecos o vacíos susceptibles de ser llenados por el agua.-

Según Boden: "Los poros interiores pueden comunicarse entre ellos, dando lugar a la permeabilidad y también pueden estar aislados unos de otros en la masa en que la porosidad puede ser elevada y la permeabilidad nula".-

Tenemos entonces, un hormigón impermeable cuando no existen poros comunicantes en su masa, sabemos que para obtener un hormigón con el mínimo de poros comunicantes, debemos ser acuciosos en su dosificación; amasado, transporte, colocación, asentamiento, fraguado, curado, etc.-

Impermeabilización  
Natural:

Un hormigón bien compactado tendrá menos huecos que se comuniquen entre sí, es aquí donde, un diseño cuidadoso se hace necesario, tanto en el cemento, como en la granulometría de los agregados pétreos y la cantidad de agua de amasado, además de las precauciones exigidas para la buena ejecución del hormigón.-

Cemento:

" La cantidad de cemento debe ser suficiente para que el total de árido fino quede envuelto por la pasta, y a su vez, los áridos finos queden envueltos por el mortero. El contenido mínimo de cemento para garantizar la impermeabilidad del hormigón, en las pruebas de laboratorio y cumpliendo con las prescripciones, es de 180 Kg/m<sup>3</sup> de hormigón terminado. Contando con las eventualidades de la práctica, corrientemente se admite un contenido mínimo de cemento de 220 a 240 Kg/m<sup>3</sup>. A menudo se requiere mayor cantidad de cemento, debido a la clase de los áridos, destino del hormigón, piezas de poco espesor, etc. "Kleinlogel".-

Los cementos que producen mucho calor de fraguado dotan al hormigón de fisuras milimétricas por las que circula el agua.

Aridos:

La forma granulométrica y la composición del árido también influye en la impermeabilidad. Aridos redondeados facilitan la trabajabilidad de éste y evitan que el agua circule por sus caras produciendo canalículos y poros donde se estanca, si el apisonado no es cuidadoso.-

No deben usarse los áridos permeables como la escoria de lava, piedra pómez, etc.

La granulación de los áridos influye en la calidad del hormigón, siendo la más recomendable aquella que se compone de tamaños distintos y de proporciones convenientes, en lo posible de granulación continua, siguiendo una línea de criba que va desde una dimensión máxima disminuyendo progresivamente.-

Normas I.N.D.I.T.E.C.N.O.R. N° 30-37.

Calidad y Composición Granulométrica de los Agregados Pétreos para Hormigones.-

Agua:

La cantidad de agua de amasado depende de la cantidad y calidad de cemento, de la composición granulométrica y procedencia de los agregados pétreos por lo tanto no hay reglas que la determinen.-

Según Kleinlogel: "La cantidad de agua necesaria para la hidratación del cemento es de 10 a 30% del peso del cemento". El resto del agua necesaria para facilitar la faena de amasado queda rellenando los poros, durante el asentamiento del hormigón ésta se desplaza hacia la superficie dejando una red de canaliculos y poros en la masa del hormigón.-

Pigmentos:

Se usarán los pigmentos seleccionados en la etapa de experiencias de este seminario considerándose que la incorporación

de pigmentos supone una alteración en la línea de criba de los áridos, lo que nos daría un límite para su uso, determinada por métodos experimentales.-

Precauciones y defectos:

No basta el que nos preocupemos de los materiales para conseguir un concreto impermeable, también debe preocuparnos que todos los materiales sólidos queden homogéneamente repartidos durante las faenas de amasado y vibrado para evitar zonas peligrosas en cuanto a mala distribución del agua de amasado.-

El fraguado y curado del hormigón deben ser cuidados con esmero para evitar fisuras ávidas de agua.-

Es conveniente fijar la cal libre que se desprende en el proceso químico del fraguado, por medio de productos que contengan silicatos, el sílice se combina con la cal libre para dar lugar a compuestos más estables.- Cuando este fenómeno se hace presente, el agua-lluvia arrastra la cal creando nuevos poros y fisuras.-

Aditivos.-

Cualquier aditivo que tienda a disminuir la cantidad de agua de amasado, para una plasticidad dada, aumentará la impermeabilidad del hormigón. Los plastificadores,

por ejemplo, tienen la propiedad de disminuir del 8 al 15% la cantidad de agua de amasado para una misma plasticidad. Lo mismo ocurre con los incorporadores de aire, puesto que las burbujas de aire hacen el efecto de un lubricante, facilitando la faena de amasado y por lo tanto exigen menos agua.-

#### IMPERMEABILIZACION ARTIFICIAL.-

Para mejorar la impermeabilidad de morteros y hormigones podemos recurrir al A.- Método externo de impermeabilización, que consiste en utilizar productos de impregnación que producen películas protectoras superficiales; B.- Método interno de impermeabilización agregando productos químicos al cemento o agua de amasado que impermeabilizan al hormigón o mortero.-

Los productos comerciales de impermeabilización de morteros y hormigones deben presentar las siguientes cualidades:

- 1.- No alterar las características mecánicas de morteros y hormigones.-
- 2.- No alterar los procesos químicos de fragua y curado del cemento.-
- 3.- Cumplir con su función de impermeabilizar .-
- 4.- Ser de acción duradera.-
- 5.- Proteger a morteros y hormigones de los efectos de envejecimiento.-

## Hidrófugos.-

Son sustancias que se agregan a morteros y hormigones para mejorar su impermeabilidad, según su acción sobre los cementos podemos clasificarlos en:

a.- Productos hidrófugos que llenan los poros de los morteros y hormigones que comprenden:

1.- Productos a base alquitrán de hulla.-

No reaccionan químicamente y son insolubles en agua. Se usan como emulsiones o como llenadores en la arena. Son buenos impermeabilizadores pero por los crisoles y fenoles que contienen se produce, a veces, disminución de la resistencia a la adherencia.-

2.- Productos a base de bitumen natural o de brea de petróleo o derivados del petróleo.-

Parafina, vaselina, etc. son buenos impermeabilizantes, pero la presencia de ácidos nafténicos descompone los carbonatos. A pesar que los distintos productos comerciales se ven coloreados por el bitumen no transfieren su color al concreto.

### 3.- Jabones.-

Son estearatos, oleatos o estearatos de cal o estearatos de amonio (con el 11 al 23% de ácidos grasos). Estearato de sodio con el 11% de ácido graso. El uso de jabones da, con frecuencia, impermeabilizaciones pasajeras y además disminuye, en parte la resistencia a la compresión.-

### 4.- Aceites.-

Aceites vegetales y animales cuyos ácidos grasos se combinan con la cal para formar los jabones de calcio. La glicerina que queda libre no daña al cemento, pero disminuye su resistencia a la adhesión. Los aceites minerales no son tan peligrosos pero disminuyen la resistencia considerablemente.-

### 5.- Polvos inertes.-

Solamente sirven para mejorar la granulometría del árido, cuando en ésta escasea el grano fino. Los polvos más usados son:

- a.- Sulfato de bario agregado directamente a la arena o producido por la doble descomposición del aluminato de bario y el sulfato de cal en los morteros.
- Harina silícica fósil (kieselguhr) usada a razón de 13% del peso del cemento, se agrega especialmente para aumentar la plasticidad del cemento.-

- b.- Sílice pulverizado o polvo de gres a razón del 5 al 10%. -
- c.- Arcilla coloidal que se presente como mantos de polvo volcánico. Deben usarse con moderación para no disminuir la resistencia puesto que su uso exige mayor cantidad de agua de amasado. Su distribución en el cemento o cemento y arena debe ser muy homogénea. -
- d.- Polvos activos: son del tipo de las puzolanas, tras, etc. fijan la cal desprendida en el proceso de fragua; el hidrato de cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se usa como plastificador para hacer más dóciles los hormigones, su proporción máxima es del 10% del peso del cemento. Según los ensayos del Bureau des Standards, todos estos polvos disminuyen la permeabilidad solamente en los tres primeros meses después la permeabilidad es mayor que la de los testigos. -

b.- Productos hidrófugos de adición que llenan los poros de los morteros y hormigones. -

Pero que disminuyen su resistencia a las acciones agresivas y cambian eventualmente la propiedad hidráulica del cemento. Citaremos:

a.- Los fluoratos de magnesia. -

$\text{SiF}_6\text{Mg}_6\text{H}_2\text{O}$  soluble en 0,5 partes de agua con el hidrato de cal que se produce en el proceso de amasado del con-

creto, forma fluoratos de calcio y de magnesia, sílice y desprendimiento de agua. Los tres primeros compuestos químicos son precipitados insolubles en agua y muy resistentes a las acciones químicas. Su función es llenar los poros de los morteros aumentando así, su impermeabilidad.-

#### Fluo-silicato de calcio.-

De reacción semejante a la anterior aunque más solubles, son buenos impermeabilizantes pero muy caros.-

Fluosilicato de zinc. Si  $F_6$  Zn: soluble en agua, en contacto con el cemento se forma hidrato de zinc, fluorato de calcio y silicato de cal, productos químicos insolubles que tapan los poros, además aceleran el fraguado.-

#### Silicatos de Sodio y de Potasio.-

Solubles en agua. Se agregan al agua de amasado y en contacto con los hidratos alcalino-terrosos u otros productos que facilitan la alcalinidad de los silicatos se forma silicato de cal o de aluminio y además precipitaciones de ácido sílico que taponan los poros. El álcali que ha quedado en libertad por esta reacción acelera el fraguado. Es recomendable el uso de silicatos que contengan el mínimun posible de

álcali para evitar una disminución de resistencia en los morteros.-

### IMPERMEABILIZACION USANDO PRODUCTOS DE IMPREGNACION

Estos hidrófugos son verdaderas pinturas, generalmente incoloras, que por simple aplicación a brocha o pistola pueden proteger de la humedad las fachadas de los edificios. Su efecto no es duradero por lo que se recomienda renovar la película cada 4 o 5 años.

Estos productos son fluoratos y silicatos, aplicados sobre el hormigón ya curado. También se usan productos a base de alquitrán que dejan una película negro-opaco en la superficie y por lo tanto no podemos usar para nuestros hormigones pigmentados.-

Impermeabilización, Hormigones y Morteros pigmentados.-

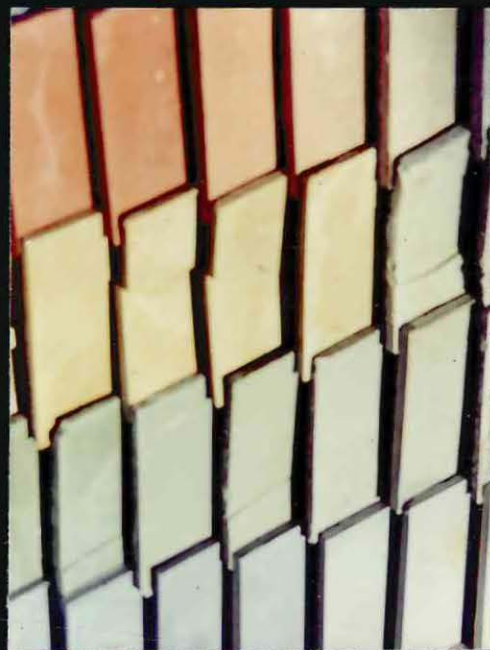
Ya hemos visto los distintos métodos y productos de impermeabilización de hormigones y morteros corrientes.-

Para nuestros hormigones y morteros pigmentados podemos usar, sin que se nos presente problema alguno, el método de impermeabilización natural detallado al comienzo de nuestro capítulo.

Para usar métodos de impermeabilización artificial debemos recurrir a la práctica, pues es difícil deducir a priori, a pesar del alcance hecho en este capítulo, los resultados que podemos obtener con el uso de los distintos hidrófugos, por lo tanto, nuestro único recurso es elegir un producto del mercado, del que conozcamos su composición, y hacer pruebas pigmentadas usando dicho hidrófugo comprobando luego si éste altera o no el color y si el pigmento influye en sus cualidades de impermeabilización.-

NOTA.-

La información para el desarrollo de este capítulo fué tomada del artículo "Etanchete" de la Revista - Techniques et Architecture (5/6/1946).-



Muestras de pasta de cemento pigmentada con pigmentos sintéticos.

PARTE EXPERIMENTAL.

La parte experimental se dividió, de acuerdo a la composición de las probetas, en las siguientes etapas:

1.-Probetas a base de cemento puro más pigmento.

En esta primera etapa se trabajó a base de pasta de cemento y pigmento para poder, así, seleccionar los pigmentos que podían usarse con este aglomerante, sin que variaran de color al dejarlas en contacto con la intemperie.

Primeramente se hizo una probeta piloto de pasta de cemento para determinar si el agua contenía sales en disolución, que pudieran producir manchas de eflorescencia en la superficie de la muestra. Afortunadamente, no aparecieron manchas.

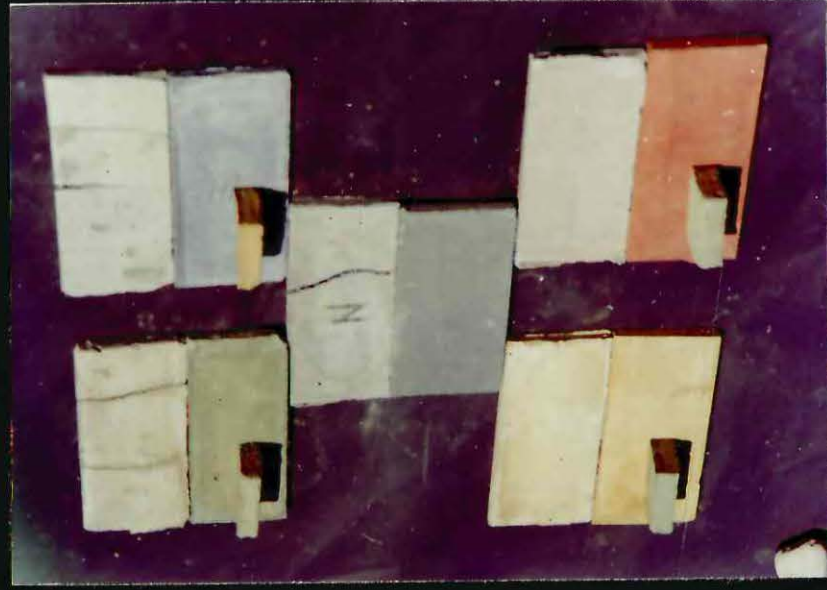
Las siguientes probetas se hicieron a base de pasta y pigmento. Entre los pigmentos naturales se usó: tierras roja, amarilla y ocre rojo de óxido de fierro procedentes

de los yacimientos del Cajón del Maipo, que son las más ricas en óxido de fierro( 78% ); tierra de siena con un porcentaje del 76% de óxido de fierro procedente de la provincia de Aconcagua; tierra de sombra de fierro y manganeso. De los pigmentos sintéticos se usó : rojo de óxido de fierro, amarillo de hidróxido de fierro, azul de ultramar, verde ultramar, verde cobalto, amarillo de cadmio, negro de hierro y verde de hidróxido de cromo.

- Procedimiento:
- 1.- El pigmento, cualquiera que sea su origen, no es soluble en agua por lo tanto hay que mezclarlo en seco con el cemento.
  - 2.- Como se usaron pigmentos naturales y sintéticos, se hizo necesario obtener una forma rápida y segura de diferenciarlos, para ello nos basamos en el tacto: las impurezas y deficiente calidad de molido de las tierras de color nos dan al tacto la sensación de aspereza, en cambio, el pigmento sintético nos da la sensación de estar palpando un polvo graso sin aspereza alguna.
  - 3.- Debido a que el peso específico de los pigmentos varía, según el pigmento, y no es el mismo que el del cemento, hay que calcular los porcentajes en peso y no en volúmen.

- 4.- El pigmento debe quedar homogéneamente repartido en el cemento antes de agregar el agua necesaria para obtener una pasta compacta y lo suficientemente plástica como para adaptarse a la forma del molde.
- 5.- Se hace necesario lubricar el molde con una sustancia incolora, en lo posible, soluble en agua, para facilitar el desmolde.
- 6.- Una vez terminado el fraguado, se procede al curado de la probeta, que se logra sumergiéndola en agua, cubriéndola con arena mojada, regándola periódicamente, o manteniéndola en un ambiente húmedo, etc.
- 7.- Terminado el curado tenemos las muestras definitivas, en las que se verán los resultados positivos o negativos.

A continuación se insertan los cuadros resumen de los ensayos ejecutados con distintos pigmentos.



Diferencia de color entre probetas á pasta de cemento pigmentadas con 5% de tierra de color y otras con 5% de pigmentos sintéticos.



PROBETAS A BA SE DE PASTA DE CEMENTO EL MELON Y PIGMENTO SINTETICO AZUL ULTRAMAR.

6

Probeta	Porcentage	agua	Fragua	Observaciones.
1 M.	0,5%	100 c.c.	4 hrs.	Colorido homogeneo tanto superficial como interno.
2 A	1,0%	100 c.c.	4 hrs	"
3A	2,0%	120 c.c.	4 hrs.	"
4 A	4,0%	130 c.c.	4 hrs.	"
5 A	6.0%	140 c.c.	5 hrs.	"
6 A	8,0%	160 c.c.	6 hrs.	"
7 A	10,0%	175 c.c.	14 hrs	Se forma una película de color puro en la superficie de la probeta.
8 A	12,0%	185 c.c.	24 hrs	"
9 A	14.0%	200 c.c.	24 hrs.	"

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO DE EL MELON Y PIGMENTO SINTETICO DE HIDROXIDO DE FIERRO? AMARILLO.

Probeta	Porcentaje	Agua	Fraguado	Observaciones.
1 C	1%	150 c.c.	6 hrs.	Colorido homogéneo tanto superficial como interiormente
2 C	2%	150 c.c.	6 hrs.	"
3 C	4%	175 c.c.	8 hrs.	"
4 C	6%	180 c.c.	8 hrs	"
5 C	8%	190 .c.c.	10 hrs	Se forma una película de pigmento puro en la superficie.
6 C	10%	200 c.c.	14 hrs	"
7 C	12%	210 c.c.	19 hrs.	"

CUADRO RESUMEN DE PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO Y TIERRAS DE COLOR.

Probeta	Pigmento	Porcentaje	Cemento	Agua	Fragua
1 T	Tierra roja	10%	Melón Tipo A	140 c.c.	24 hrs.
2 T	Tierra amarilla	10%	Melón Tipo A	140 c.c.	24 hrs.
3 T	Tierra de siena	10%	Melón Tipo A	140 c.c.	24 hrs.
4 T.	Tierra Marrón	10%	Melón Tipo A	140 c.c.	24 hrs.
5 T	Tierra naranja	10%	Melón Tipo A	140 c.c.	24 hrs.

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO Y PIGMENTOS NACIONALES

PROBETA	PIGMENTO	PORCENTAJE	CEMENTO	AGUA	FRAGUADO	OBSERVACIONES
01	Verde	5%	Melón Tipo A	140 cc	12 hrs. )	Poca intensidad de color y manchas en la superficie.-
01'	c "	5%	Polpaico 40	140 cc	12 hrs. )	
01''	"	5%	Super Melón	140 cc	7 hrs )	
02	Amarillo	5%	Melón Tipo A	175 cc	8 hrs. )	Color intenso y homogéneo en la superficie e interior.
02'	"	5%	Polpaico 40	175 cc	8 hrs. )	
02''	"	5%	Super Melón	175 cc	6 hrs. )	
03	Azul	5%	Melón Tipo A	140 cc	5 hrs. )	Color intenso y homogéneo en la superficie e interior.
03'	"	5%	Polpaico 40	140 cc	5 hrs. )	
03''	"	5%	Super Melón	140 cc	4 hrs. )	
04	Negro	5%	Melón Tipo A	140 cc	8 hrs. )	Color poco intenso y manchas en la superficie.-
04'	"	5%	Polpaico 40	140 cc	8 hrs. )	
04''	"	5%	Super Melón	140 cc	6 hrs. )	
05	Rojo	5%	Melón Tipo A	160 cc	9 hrs. )	Color intenso y homogéneo en la superficie e interior.-
05'	"	5%	Polpaico 40	160 cc	9 hrs. )	
05''	"	5%	Super Melón	160 cc	7 hrs. )	

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO EL MELON TIPO A Y ACIDO DE FIERRO NACIONAL ROJO.-

PROBETA	PORCENTAJE	AGUA	FRAGUADO	OBSERVACIONES
1	0,5%	120 cc	6 hrs.	Color homogéneo tanto en la superficie como en el interior.-
2	1.0%	120 cc	6 hrs.	"
3	1.5%	130 cc	6 hrs.	"
4	2 %	130 cc	7 hrs.	"
5	3 %	140 cc	8 hrs.	Probeta manchada
5'	3 %	140 cc	8 hrs.	
6	4 %	150 cc	8 hrs.	Probeta manchada
6'	4 %	150 cc	8 hrs.	
7	5 %	160 cc	9 hrs.	

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO EL MELON TIPO A Y ACIDO DE FIERRO NACIONAL, ROJO

PROBETA	PORCENTAJE	AGUA	FRAGUADO	OBSERVACIONES
8	6 %	160 cc	9 hrs.	
9	7 %	175 cc	9 hrs.	Probeta manchada
9'	7 %	175 cc	9 hrs.	
10	8 %	175 cc	10 hrs.	Probeta manchada
10'	8 %	175 cc	10 grs.	
11	9 %	180 cc.	10 hrs.	
12	10 %	190 cc	12 hrs.	
13	11 %	200 cc	14 hrs.	

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO EL MELON TIPO A Y ACIDO DE FIERRO NACIONAL, ROJO.-

PROBETA	PORCENTAJE	AGUA	FRAGUADO	OBSERVACIONES
14	12 %	200 cc	16 hrs.	Probetas quebradizas coloración homogénea tanto en la superficie como en el interior.-
15	13 %	240 cc	16 hrs.	"
16	14 %	240 cc	18 hrs.	"
17	15 %	250 cc	20 hrs.	"
18	16 %	260 cc	22 hrs.	"
19	17 %	270 cc	24 hrs.	Se produjo una película de color puro en la superficie.-

PROBETAS A BASE DE PASTA DE CEMENTO EL MELON TIPO A Y PIGMENTO NEGRO DE OXIDO DE FIERRO IMPORTADO.

Probeta	Porcentaje	Agua	Fraguado	Observaciones.
"2 B	1%	130 c.c.	6 hrs.	Homogeneidad de color tanto superficial como interna.
3 B	2%	130 c.c.	6 hrs.	"
4 B	4%	140 c.c.	6 hrs.	"
5 B	6%	140 c.c.	6hrs.	"
6 B	8%	150 c,c.	7 hrs.	"
7 B	10%	170 c.c.	8 hrs.	"
8 B	12%	180 c.c.	9 hrs.	"
9 B	14%	190 c.c.	10 hrs.	Se formó película de "color puro en la superficie.

## CONCLUSIONES.-

El uso de las tierras de color exige un porcentaje de ellas, que sobrepasa el 5% para lograr colorear el cemento. Por otra parte, con un 5% de pigmentos sintéticos se lograron colores más intensos.

Además al usar sobre el 10% de tierra de color, se forma sobre la probeta una película de color puro que se descascara fácilmente y solo se logra un color apagado en la probeta. Por el contrario, usando pigmentos sintéticos se puede llegar a un porcentaje del 17% , sin que se produzca este fenómeno, claro está que el fraguado se retarda en 24 horas.

Estas diferencias, entre las tierras de color y los pigmentos sintéticos, nos llevaron a desechar las tierras de color.

De los pigmentos sintéticos que se usaron dieron resultados positivos ( poco porcentaje de pigmento, intensidad de color, permanencia y homogeneidad de color, etc.) : el óxido de fierro, rojo; el hidróxido de fierro, amarillo; el hidróxido de cromo, verde; el azul ultramar y el óxido de fierro, negro.

En cuanto al curado, éste debe hacerse en un ambiente húmedo para evitar las eflorescencias que afloran cuando la probeta está sumergida en el agua o en contacto con

sustancias humedecidas como: sacos, papel, a  
rena, etc.

En los cuadros resumen se pueden  
ver los porcentajes de pigmento y agua, tiem  
po de fraguado, observaciones en el uso de  
cada pigmento, etc.

nostras de mortero pigmentado.



2.- Probetas a base de mortero más pigmento.

Aprovechando las conclusiones anteriores, pasamos a experimentar con morteros y los pigmentos ya seleccionados por la experiencia anterior.

- Procedimiento:
- 1.- Se agregó arena a la mezcla de cemento y pigmento detallada en la experiencia anterior. Demás está decir que esta mezcla también se hizo en seco.
  - 2.- Se usaron arenas del río Maipo, arena amarilla de San Sebastián, arena amarilla del estero de Viña del mar y arena de chancado.
  - 3.- La arena se midió en litros.

Agregamos a continuación los cuadros resumen de experiencias.

PROBETAS DE MORTERO PIGMENTADO. CEMENTO MELON. ARENAS DEL RIO MAIPO, DE CHANCADO, AMARILLA DE SAN SEBASTIAN

Probeta	Pigme nto	Porcentaje	Agua	Arena	Observaciones.
1 A	Óxido de fierro ama rillo.	5%	90 c. c	del río Maipo	Manchas de eflorescencia.
2 A	"	"	"	" lavada.	Sin manchas
3 A	"	"	"	de chancado	" "
4 A	"	"	"	San Sebastián	" "
1 B	Óxido de cromo.	5%	70 c.c	del río Maipo	Manchas de eflorescencia.
2 V	" " "	"	"	del río Maipo lavada.	Sin manchas.
3 V	" " "	"	"	de chancado.	" "
4 V	" " "	"	"	San Sebastián	" "

## CONCLUSIONES.

Las primeras probetas, ejecutadas con arena del río Maipo, presentaron manchas notorias de eflorescencia, por lo que se procedió a lavar la arena con agua: se hizo pasar una corriente de agua, a una temperatura de 40º F. , a través de la arena en movimiento. El agua disolvió las sales solubles que contenía la arena y las probetas siguientes no presentaron manchas.

También se lavó la arena con agua fría ( temperatura normal ), consiguiendo los mismos resultados que con el agua caliente, pero en mayor tiempo puesto que este procedimiento nos exigía una corriente permanente durante 10 minutos y el agua caliente nos demoraba 3 minutos. La experiencia de lavado se hizo con 5 litros de arena.

Las probetas ejecutadas con chancado de arena no presentaron manchas.

Las probetas con arena amarilla de San Sebastián no presentaron manchas y la variación de color, en comparación con probetas ejecutadas con las arenas anteriormente citadas e igual porcentaje de pigmento, es casi imperceptible.

Con las probetas con arena amarilla del estero de viña del mar se consiguieron los mismos resultados que las anteriores, pero fué necesario tamizar la arena porque es

de grano muy grueso y discontinuo.

Se hicieron experiencias de curado en ambiente húmedo y a vapor de agua. No se produjeron diferencias en las probetas en cuanto a color, manchas, etc., pero sí se obtiene una considerable aceleración de curado, que en el caso de introducir la pigmentación, o más bien dicho, hormigones pigmentados en la prefabricación tiene una gran importancia.

Probetas de hormigón pigmentado con  
5% de pigmentos sintéticos.



### 3.- Probetas a base de hormigón más pigmento.

De las experiencias anteriores dedujimos que la arena del río Maipo, que tenemos en obra, contiene sales en disolución por lo que la desechamos. Lo mismo haremos con la arena de San Sebastián por ser de granulometría homogénea.

- Procedimiento: 1.- Se hicieron probetas de cemento El Melón y Polpaico con una dosificación de 250 Kg. de cemento por metro cúbico de hormigón.
- 2.- Las experiencias anteriores nos enseñaron que la mezcla debe ser del tipo, con un acentamiento aproximado de 3cn. en el cono de Abrams, lo que se obtiene con una razón agua-cemento 0, 4.

A través de las experiencias hemos visto que la cantidad de agua varía en razón inversa al peso específico del pigmento.

- 3.- De los pigmentos, que hemos venido usando, seleccionamos: el rojo de óxido de fierro, el amarillo de hidróxido de fierro y el verde de óxido de cromo; por contarse entre los pigmentos que nos dieron más garantías de estabilidad de color y porque tienen distinto peso específico. Hecho importante, a mi parecer, puesto que si nos hace variar la relación agua-cemento, tam

bién podría influir en alguna propiedad del hormigón.

4.-Se usaron áridos chancados por las razones que dimos anteriormente.

5.-Se usaron moldes de fierro, desarmables y de 0,15 x 0,15 x 0,15 mt. lubricados con cera incolora.

6.-El amasado se hizo a mano con consolidación mecánica, por medio de vibradora.

7.-Se hicieron probetas con curado en ambiente húmedo y curado a vapor. El curado a vapor se efectuó a una temperatura que fluctuó entre los 40 y 60°F. y duró seis horas.

8.-Se hicieron probetas piloto con los distintos cementos y arenas, sin pigmento, para poder compararlas con las probetas pigmentadas. Par las probetas pigmentadas se usaron porcentajes del 1%, 3%, 5%, 7%, y 10% de pigmento por peso de cemento.

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO 9

Arena Planta  
Cemento Extra

Pigmentos: Oxido de Fierro Rojo: Peso específico: 5,00  
Oxido de Fierro Hidratado Amarillo; Peso específico: 4,00  
 Oxido de Cromo Verde: Peso específico: 5,90

PIGMENTO AMARILLO

PROBETA	PIGMENTO	CEMENTO Kg.	ARENA	RIPIO L	AGUA d/c	RESIST. KG/cm <sup>2</sup> COMP. 7 días	Observaciones
E	0%	2.500	2,7	4,5	800	226	
1AE	1%	2.500	2,7	4,5	850	250	Sube resistencia
2AE	3%	2.500	2,7	4,5	880	227	Mantiene resistencia
3AE	5%	2.500	2,7	4,5	1.200	194	Baja la resistencia
4AE	7%	2.500	2,7	4,5	1.300	169	
5AE	10%	2.500	2,7	4,5	1.500	163	

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO 9

Arena Planta  
Cemento Extra

Pigmentos: Oxido de Fierro Rojo; Peso espe-  
cifico 5,00

Oxido de Fierro Hidratado Amari-  
llo; Peso específico 4.00

Oxido de Cromo Verde; Peso espe-  
cifico 5,90

PIGMENTO ROJO

PROBETA	PIGMENTO %	CEMENTO KG.	ARENA	RIPIO L	AGUA c/c	RESIST.KG/cm <sup>2</sup> COMP. 7 días	OBSERVACIONES
E	0%	2.500	2.7	4,5	800	226	
1RE	1%	2.500	2.7	4,5	800	220	Baja resistencia
2RE	3%	2.500	2.7	4,5	900	231	Sube resistencia
3RE	5%	2.500	2.7	4,5	1.000	<u>227</u>	Mantiene
4RE	7%	2.500	2.7	4,5	1.100	216	Baja la re-
5RE	10%	2.500	2.7	4,5	1.200	213	sistencia.-

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO

Arena: Planta  
Cemento Melón Tipo A.

Pigmentos: Oxido de Fierro rojo; Peso esp. 5,00  
Oxido de Fierro Hidratado Amari- 4,00  
llo; peso esp. 5,90  
Oxido de Cromo verde; peso esp.

CEMENTO MELON TIPO A.

PIGMENTO ROJO

PROBETA	PIGMENTO %	CEMENTO Kg.	ARENA l.	RIPIO l.	AGUA c/c	RESIST.Kg/cm2 COMP. 7 días	OBSERVACIONES
M.O.	0%	2,5	2,7	4,5	800	149	Sube resistencia.-
2RM	1%	2,5	2,7	4,5	800	200 )	
4RM	3%	2,5	2,7	4,5	900	174 )	
6RM	5%	2,5	2,7	4,5	1.000	<u>          </u> k43	Mantiene

PIGMENTO AMARILLO

2AM	1%	2,5	2,7	4,5	800	165 )	Sube resistencia.-
4AM	3%	2,5	2,7	4,5	900	181 )	
6AM	5%	2,5	2,7	4,5	1.200	176 )	

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO

Arena: Planta  
Cemento Melón Tipo A.

Oxido de Fierro rojo; Peso específico: 5,00  
Oxido de Fierro Hidratado Amarillo; peso esp. 4,00  
Oxido de Cromo verde; peso específico: 5,90

CEMENTO MELON TIPO A.

PIGMENTO VERDE

PROBETA	PIGMENTO	CEMENTO Kg.	ARENA l.	RIPIO l.	AGUA c/c	RESIST.Kg/cm2. COMP.7 días	OBSERVACIONES
7VM	1%	2,5	2,7	4,5	800	152	Sube resistencia Baja resistencia Mantiene
9VM	3%	2,5	2,7	4,5	800	127	
11VM	5%	2,5	2,7	4,5	800	145	

CEMENTO POLPAICO

PIGMENTO ROJO

OP		2,5	2,7	4,5		173	Sube la resistencia.-
2RP	1%	2,5	2,7	4,5	800	206	
4RP	3%	2,5	2,7	4,5	900	276	
6RP	5%	2,5	2,7	4,5	1.000	233	

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO

Arena: Planta  
 Cemento Melón Tipo A.

Oxido de Fierro Rojo: Peso específico: 5,00  
 Oxido de Fierro Hidratado Amarillo: peso esp. 4,00  
 Oxido de cromo verde; peso específico: 5,90

CEMENTO POLPAICO

PIGMENTO AMARILLO

PROBE TA	PIGMENTO	CEMENTO Kg.	ARENA 1	RIPIO 1	AGUA c/c	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup> COMP. 7 días	OBSERVACIONES
2AP 4AP 6AP	1% 3% 5%	2,5 2,5 2,5	2,7 2,7 2,7	4,5 4,5 4,5	800 900 1.200	220 174 188	Sube la resistencia.
PIGMENTO VERDE							
2VO 4VP 6VP	1% 3% 5%	2,5 2,5 2,5	2,7 2,7 2,7	4,5 4,5 4,5	800 800 800	183 204 216	

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO

Arena: Planta.

Cemento Melón Tipo A.

OXIDO DE FIERRO ROJO: Peso específico: 5,00

OXIDO DE FIERRO HIDRATADO AMARILLO: peso esp. 4,00

OXIDO DE CROMO VERDE; peso específico: 5,90

CEMENTO POLPAICO

PIGMENTO ROJO

PROBETA	PIGMENTO	CEMENTO Kg.	ARENA l.	RIPIO l.	AGUA c/c	RESIST.Kg/cm2 COMP. 7 días	OBSERVACIONES
EV 1EVR 2EVR 3EVR	0% 1% 5% 10%	2.500 2.500 2.500 2.500	2,7 2,7 2,7 2,7	4,5 4,5 4,5 4,5	800 800 900 1.000	220 218 220 200	Mantiene Resistencia Baja
PIGMENTO AMARILLO							
1EVA 2EVA 3EVA	1% 5% 10%	2.500 2.500 2.500	2,7 2,7 2,7	4,5 4,5 4,5	850 880 1.200	240 191 158	Sube Baja Resistencia
PIGMENTO VERDE							
1EVV 2EVV 3EVV	1% 5% 10%	2.500 2.500 2.500	2,7 2,7 2,7	4,5 4,5 4,5	800 800 900	201 200 197	Baja resistencia

CUADRO RESUMEN DE EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO

PIGMENTO %	CEMENTO EXTRA Arena Planta		CEMENTO EXTRA Arena Viña		CEMENTO MELON A Arena Planta		CEMENTO PODPAICO Arena Planta	
	Dens.	Kg/cm2	Dens.	Res. Kg/ cm2.	Dens.	Resist.	Dens.	Resist.
Rojo								
0%	2,35	226	3,34	220	2,44	149	2,41	173
1%	2,31	220	3,35	218	2,43	200	2,48	206
3%	2,43	231			2,42	174	2,44	276
5%	2,33	227	3,32	220	2,40	143	2,43	233
7%	2,29	216						
10%	2,35	213	3,35	200				
<u>AMARILLO.-</u>								
1%	2,38	250	2,39	240	2,40	165	2,39	220
3%	2,36	227			2,44	181	2,45	174
5%	2,33	194	2,34	191	2,43	176	2,39	188
7%	2,33	169						
10%	2,29	163	2,30	158				
<u>VERDE.-</u>								
1%	2,36	221	2,35	201	2,39	152	2,41	183
3%	2,35	220			2,35	127	2,39	204
5%	2,35	235	2,34	200	2,40	145	2,41	216
7%	2,37	216						
10%	2,28	205	2,27	197				

EXPERIENCIAS CON CONCRETO PIGMENTADO 9

Arena Planta  
Cemento Extra

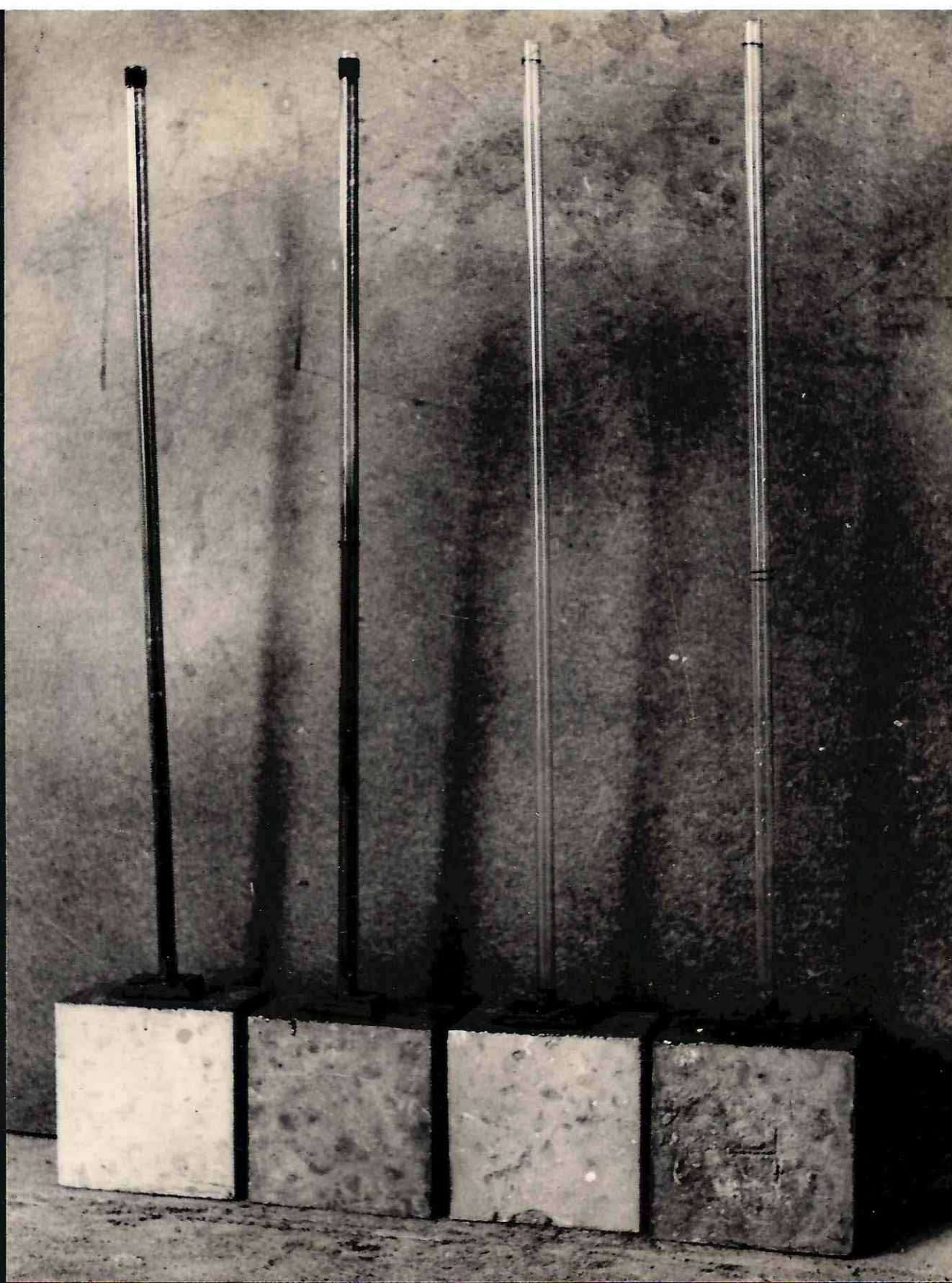
Pigmentos: Oxido de Fierro Rojo; Peso específico 5,00  
Oxido de Fierro Hidratado Amarillo; Peso específico: 4,00  
Oxido de Cromo Verde; peso específico: 5,90

PIGMENTO VERDE

PROBETA	PIGMENTO %	CEMENTO KG.	ARENA l.	RIPIO L	AGUA c/c	RESIST.KG/cm2 COMP.7 días	OBSERVACIONES
E	0%	2.500	2,7	4,5	800	226	Mantiene
1UE	1%	2.500	2,7	4,5	800	221	
2UE	3%	2.500	2,7	4,5	800	220	
3UE	5%	2.500	2,7	4,5	900	235	Sube la resistencia.
4UE	7%	2.500	2,7	4,5	900	216	} Baja la resistencia
5UE	10%	2.500	2,7	4,5	1.000	205	

OBSERVACIONES.-

- 1.- Con el 5% de pigmento se logran colores intensos sin pérdida de resistencia a la compresión.-
- 2.- La arena de Viña baja en un pequeño porcentaje la resistencia a la compresión en comparación con la de planta.-
- 3.- El Cemento Polpaico corriente da mayores resistencias que el Melón tipo A.-
- 4.- Con el Cemento Extra las variaciones de resistencia, por la adición de pigmentos, son menores.-
- 5.- La adición del 5% de pigmento verde, en la mayoría de los casos, dá las mayores resistencias.-



Pruebas de absorción de agua en probetas de hormigón pigmentado.

IMPERMEABILIDAD DE LOS HORMIGONES PIGMENTADOS.

En esta etapa de las experiencias no pretendemos determinar la influencia que e jerce el pigmento en la permeabilidad de los hormigones, sino dejar indicado un camino para seguir la investigación.

1.- Probetas testigo de hormigón pigmentado.

Por medio de estas probetas tendremos un medio de comparación entre las probetas sin impermeabilizar y las impermeabilizadas. También haremos una probeta testigo, sin pigmento, para comparar su permeabilidad con la de las probetas pigmentadas.

- Procedimiento: 1.-Se siguió el mismo que los hormigones pigmentados.
- 2.-Cantidad de pigmento: el considerado como límite para los efectos de resistencia, 5% del peso del cemento.
- 3.-Dosisificación: 300 Kgs. de cemento por m<sup>3</sup> e laborado. Se usó cemento de El Melón tipo A.

Probetas de hormigón pigmentado con un hidrófugo incorporado.

En esta etapa se trabajó con probetas de hormigón pigmentado más un hidrófugo incorporado al agua de amasado para determinar si éste se combina con el pigmento variando el color o si el hidrófugo pierde su poder impermeabilizante.

Primeramente se hizo una probeta de hormigón sin colorear para probar el efecto del hidrófugo sobre ella.

Las siguientes probetas se hicieron a base de hormigón pigmentado y un hidrófugo. Este hidrófugo es Sika 1, definida por los industriales como " Impermeabilizante integral del cemento en morteros y hormigones. Preparado con materias inorgánicas muy solubles. Forma con el cemento compuestos que llenan los poros de la mezcla".

Procedimiento: 1.- En el agua de amasado se disolvió el 10% de Sika 1.

2.-La elaboración misma del hormigón fué igual a la de un hormigón pigmentado.

Probetas a base de hormigón pigmentado, con una película de hidrófugo en la superficie

En esta etapa se trabajó con probetas de hormigón pigmentado, impermeabilizado superficialmente con un hidrófugo.

Se hizo una probeta testigo de hormigón sin pigmentar para probar su absorción.

A continuación se hicieron probetas de hormigón pigmentado, a cuya superficie se aplicó una película de hidrófugo.

Se usó Igol Incoloro, definido por el industrial como: "Impermeabilizante líquido a base de cera y un estearato, entre otros componentes". Su duración se limita a 5 o 6 años y actúa como un repelente de agua puesto que no sella los poros del hormigón, permitiendo la evaporación.

Barniz Poliatén Incoloro "Revestimiento sintético, transparente, de dos partes. Se consigue mediante el procedimiento de dos polímeros sintéticos que al reaccionar producen películas protectoras duras y flexibles. Actúa como sellante, tapando los poros e impidiendo la entrada y salida del agua.

Procedimiento: 1.-Igol: se aplica en dos manos a la superficie de la probeta con intervalo de 4 horas.

2.-Barniz Poliatén: debe mezclarse en partes iguales con el Endurecedor Barniz de 4-10 horas antes de aplicarlo, a brocha, sobre la superficie del hormigón.

3.-La superficie a tratar debe estar limpia.

Probetas de hormigón pigmentado, con estudio granulométrico.

Estas probetas nos mostrarán la influencia que ejerce el pigmento sobre la granulometría del árido, para los efectos de impermeabilización.

Se tamizó el arido existente en obra para comprobar si su linea de criba estaba dentro de los límites dados por Inditecnor 30-37. Como dicha linea de criba, que adjuntamos, cumplía con las condiciones requeridas, se procedió a hacer el cálculo de docificaciones, que dió los siguientes resultados:

Grava.....	324,4 l.
Gravilla.....	240,2 l.
Arena.....	212,0 l.
Cemento.....	300,0 kg.
Agua.....	163,0 l.
Pigmento.....	0,15Kg.

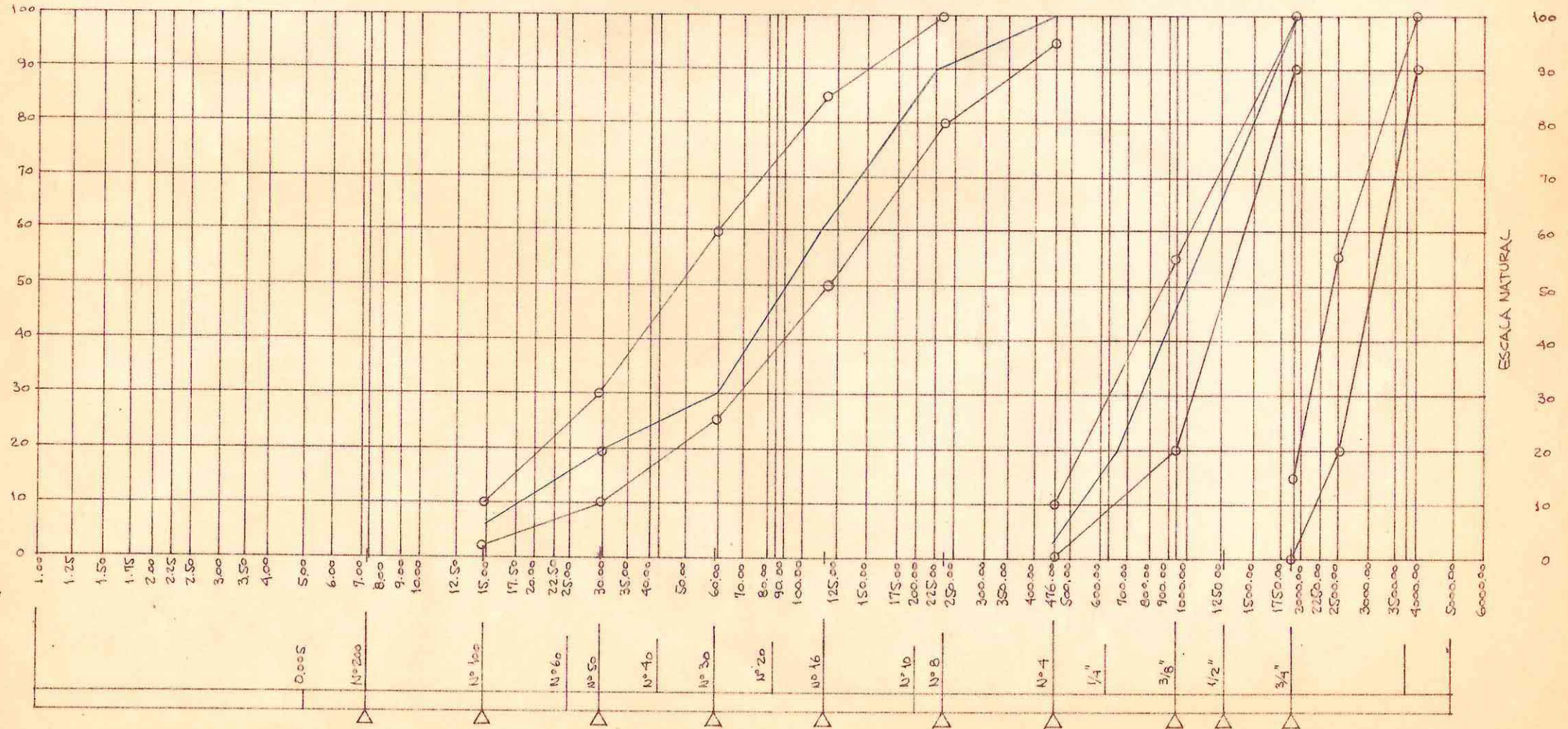
Procedimiento: 1.- Es el, mismo usado para cualquier hormigón pigmentado.

FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 Instituto de Edificación  
 Experimental  
 U. de Chile

GRAFICO DE GRANULOMETRIA de agregados petreos para  
 hormigones ( Inditecnor 30-37 ).

Linea de criba del árido usado ( deter-  
 minada por el alumno ).

POZO Nº	MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD
ARRIP.		



### PRUEBA DE ABSORCIÓN DE AGUA.

No disponiendo del instrumento apropiado para medir la permeabilidad de los hormigones, procedimos a colocar un tubo de vidrio de 0,02 m. de diámetro por 1,00 m. de altura que unimos a la superficie de la probeta con un trozo de goma perforada.

Se llenó el tubo de agua y a las 24 horas se midió el descenso de la columna de agua, llegándose a los siguientes resultados:

#### Probetas de hormigón pigmentado.

Probeta	Descenso agua mm	Absorción c.c.
Testigo	45 mm.	14,10 c.c.
Roja	51 mm.	16,00 c.c.
Amarilla	51 mm.	16,00 c.c.
Verde	50 mm.	15,70 c.c.

#### Probeta a base de cemento impermeable y pigmento

Probeta	Descenso del agua	Absorción c.c.
Piloto	8 mm.	2,50 c.c.
Roja	6 mm.	1,80 c.c.
Amarilla	6 mm.	1,80 c.c.
Verde	8 mm.	2,50 c.c.

Probetas de hormigón pigmentado con hidrófugo incorporado a la masa

Probeta	Descenso agua mm.	Absorción c.c.
Testigo	15 mm.	4,70 c.c.
Roja	12 mm.	3,70 c.c.
Amarilla	10 mm.	3,10 c.c.
Verde	15 mm.	4,70 c.c.

Probetas de hormigón pigmentado impermeabilizadas, superficialmente con Igol.

Probeta	Descenso agua mm.	Absorción c.c.
Testigo	30 mm.	9,40 c.c.
Roja	25 mm.	7,80 c.c.
Amarilla	25 mm.	7,80 c.c.
Verde	30 mm.	9,40 c.c.

Probetas de hormigón pigmentado, impermeabilizadas con Barniz Poliaten.

Probeta	Descenso agua mm.	Absorción c.c.
Testigo	0	0,00 c.c.
Roja	0	0,00 c.c.
Amarilla	0	0,00 c.c.
Verde	0	0,00 c.c.

Probetas de hormigón pigmentado y estudio granulométrico

Probeta	Descenso agua mm.	Absorción c.c.
Testigo 6	10 mm.	3,10 c.c.
Roja	3 mm.	0,90 c.c.
Amarilla	3 mm.	0,90 c.c.
Verde	6, mm.	1,80 c.c.

OBSERVACIONES: Podemos anotar que los distintos métodos de impermeabilización nos han dado resultados muy diversos: el barniz Poliatén impermeabiliza totalmente la superficie, pero la dota de brillo y por lo tanto, la obscurece.

Es curioso observar que el pigmento verde produce mayor absorción que el resto, quizás se deba a que su mayor peso específico disminuye su volumen siendo mayor el de los otros pigmentos e influyendo en la composición granulométrica del árido.

LIMITACIONES TECNICAS Y COSTOS.

Hemos visto que al pigmentar hormigón no nos acarrea problema alguno en cuanto a mezcla, amasado, vibrado, etc., y que las etapas de fraguado y curado no requieren más cuidado que las de un hormigón corriente, siempre que trabajemos dentro de los límites obtenidos a través de nuestras experiencias ( 5% de pigmento por peso de cemento ).

En cuanto a costos, se han considerado los costos de diferentes elementos de mezclas cementicias ( morteros y hormigones ), haciendo abstracción de obra de mano y considerando, solamente, áridos, cemento y pigmento.

Se siguió este método porque vimos que el pigmentar un saco de cemento significaban 3 minutos hombre o sea F° 0,005, lo que nos da F° 0,00012 por kilo de cemento pigmentado. Debemos anotar que para obras mayores no podemos dejar de lado este ítem.

Estuco: capa de fondo de 10 mm. de espesor y proporción 1:5.  
3% de óxido de fierro rojo. o amarillo.

Costo de materiales por m2 de estuco:

Arena	0,01 m3. a F° 2,50 c/u.	F° 0,048.-
Cemento	2,30 Kg. a F° 0,03 c/u.	<u>0,079.-</u>
Materiales por m2 de estuco..	.....	F° 0,117.-
3% de pigmento: 0,069Kg a F° 0,47		<u>0,03 .-</u>
Materiales por m2 estuco pigmentado	Total	F° 0,14 .-

EL PIGMENTO AUMENTA EL COSTO DEL m2 DE ESTUCO EN 27,2%

Estuco: capa de remate de 10 mm. de espesor y proporción 1:3.  
3% de óxido de fierro rojo o amarillo.

862 = 989  
100%

Costo de materiales por m2. de estuco de prop. 1:3.

Arena	0,009 m3. a F° 3,50 c/u.	F° 0,03.-
Cemento	3,960 Kg. 0,03 c/u/	<u>0,12.-</u>

Total : F° 0,15.-

3% de pigmento: 0,118 Kg. a 0,47 c/u 0,05.-

Materiales por m2 estuco pigmentado: total F° 0,20.-

El pigmento aumenta el costo del m2. de estuco en 33,3%

Losetas de hormigón pre-fabricado:

de 4 cn. de espesor y 300 Kg, de cemento por m3.  
3% de óxido de fierro rojo o amarillo.

Costo de material por m2 de loseta:

Grava	0,028 m3. a F° 3,00 c/u. <del>1/m3</del>	F° 0,08.-
arena	0,028 m3. a F° 3,00 c/u.	0,08.-
cemento 12	Kg. a F° 0,03 c/u.	<u>0,36.-</u>

Total : F° 0.52.-

3% de pigmento: 0,360 Kg. a F° 0,47 c/u. 0,17.-

Materiales/m2 de loseta pigmentada: total F° 0,69.-

El pigmento aumenta el costo/m2 de loseta en 32,6%

Viguetas pre-tensadas:

de 11 litros de hormigón por ml. de vigueta. Hormigón de 400 kgs. de cemento por m3., 3% de óxido de fierro rojo o amarillo.

Costo de material por ml. de vigueta:

Grava	0,005 m3. a F° 3,00 c/u.	F° 0,02.-
arena	0,003 m3. a F° 3,00 c/u.	0,01.-
cemento 3,6	Kg. a F° 0,03 c/u.	<u>0,11.-</u>

total : F° 0,14.-

3% de pigmento: 0,108 Kg. a F° 0,47 c/u 0,05.-

Materiales/ml. de vigueta pigmentada: total 0,19.-

El pigmento aumenta el costo/ml. de vigueta en 35,6%

Nota: Se tomó como porcentaje medio de pigmento el 3% y los pigmentos de óxido de fierro por ser, ambos, del mismo valor y gran poder colorante.

CONCLUSIONES: Dada la limitación de las experiencias efectuadas, no es posible obtener conclusiones definitivas. Servirán ellas de referencias para investigaciones posteriores.

Lo que hemos conseguido, como creemos haberlo demostrado en este seminario, es que, es posible pigmentar el hormigón dentro de los límites determinados, sin que su resistencia a la compresión varié.

Trabajar con hormigones pigmentados permite rebajar los costos de esta partida en la edificación.

## BIBLIOGRAFIA.

### LIBROS:

- " Historia gráfica del arte universal". Julio E. Payró.
- " Historia de la habitación humana". E. M. Violet le Duc.
- " Historia de la arquitectura". A. Calzada.
- " Historia de la arquitectura". A. Choisy.
- " Historia de la arquitectura moderna". Bruno Zevi.
- " Les dix livres D'architecture de Vitruve". Libro VII.
- " Teoría de la arquitectura". Moyano.
- " La arquitectura ". Juan de Zabala.
- " Experiencing architecture ". Steen Eiler Rasmussen.
- " The art of color desing ". Maitland Graves.
- " Les couleurs et leur perception visuale". P. J. Bouma.
- " Curso de física ". W. Watson.
- " Enciclopedia de la construcción " J. del Soto Hidalgo.
- " Encyclopédie pratique de la construction et du batiment". Quillet
- " Resistencia ". Fernández Casado.
- " Materiales y procedimientos de construcción ". Fernando Barbaráz.
- " Recursos minerales no-metálicos de Chile ". Tomás Vila.
- " Tratado de química inorgánica ". Ernesto H. Riesenfeld.
- " Química general moderna ". Joseph A. Babor y José Ibars.
- " Enciclopedia de química industrial ". Ullm.
- " Influencias físico-químicas sobre los hormigones en masa y armados". A. Kleinlogel.
- " Tecnología del hormigón ". J. Castiñeiras.
- " Manual para aplicación del cemento Melón ".
- " Hormigones ". ( Inst. técnico de la construcción y del cemento, 1959.) . Francisco Arredondo.

SEMINARIOS:

- " Métodos de aceleración de fragua y endurecimiento del hormigón".  
Felix Osegueda.
- " Pavimentos monolíticos ". Enrique Jazan.
- " Aplicación de la pintura en los edificios" Norman Vasquez.
- " Teoría del color desde Newton hasta nuestros días ". Erik Krohmer  
Heim.
- " El color en nuestra arquitectura " Natalia Mehech.

REVISTAS:

- " Ubersee Post ". Nº 2 1962.
- " Materiales, maquinarias y métodos para la construcción". 2º semes-  
tre de 1959; 1º semestre 1960.
- " L'oeil ". Nº: 22; 61; 75.
- " Techniques & architecture ". 5 de Junio de 1946.

ENTREVISTAS:

- Sta Isabel Perez Mitjans. Ingenier@ químico del IDIEM.
- Sr. Juan Möeller. Ingeniero químico de pinturas Coralit
- Sr. Belizario Maldonado. Ingeniero de Cemento Melón.

NORMAS:

INDITECNOR 30-37 ch, 30-38 ch, 30-39 ch y 30-40 ch.

NOTAS:

Apuntes de clases del Sr. José Ricardo Morales.