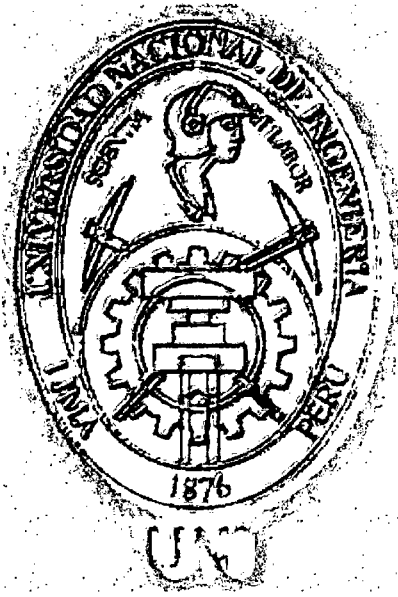


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



“ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD
PARA CONCRETOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA,
UTILIZANDO EL CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL”
Nueva Propuesta de diseño, fabricación y medición

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

LUIS ADOLFO SUAREZ LEYVA

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Promoción 1996 – I

Lima – Perú

2000

A mis Padres:

Antes de empezar este presente trabajo de Tesis, quiero dar gracias a **DIOS** por haberme dado unos Padres super especiales, darme la vida y dirigirme a ellos, quienes me dieron una educación para ser una persona de bien y con su apoyo incondicional fueron formándome y alcanzar el anhelo más grande en mi vida: Ser un Profesional, a ellos siempre les debo lo que soy ahora, no hay palabras como expresarles para darles más que un agradecimiento, Ustedes se merecen mucho más que esto.

Dedicado muy especial para los dos.
Los **Quiero y Amo** muchísimo Papás:

OSCAR - NORMY

A mi enamorada:

Porque la amo muchisimo.

KARINA

A mis hermanos:

Magdalena, Percy, Pilar y César;
por su apoyo y sus consejos que
me sirvieron para realizarme en
mi carrera profesionalmente.

A mi Asesor:

Ing. Carlos Barzola Gastelu, por ayudarme en mi asesoría y su apoyo incondicional para lograr y seguir avanzando en mi profesión.

A mi Padrino:

De mi promoción, quién con su apoyo en la Empresa C+H Unión de Concreteras S.A., con los materiales y el laboratorio me sirvió para realizar mis ensayos, gracias a ese apoyo empecé a realizar mi tesis.

A mis familiares:

Que colaboraron de una u otra manera para seguir en el avance de mi formación profesional, gracias por ese apoyo brindado.

A mis amigos y amistades:

Por su colaboración, que
sirvieron también para poder
realizar esta presente de Tesis.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA:

**Por haberme formado
Profesionalmente**

INDICE

	PAG.
SUMARIO	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	
ASPECTOS GENERALES DEL CONCRETO	
1. CONCRETO: ESTRUCTURA INTERNA	6
1.1 PASTA DE CEMENTO	6
1.2 AGREGADOS MINERALES	6
1.3 ESPACIOS VACIOS	6
1.3.1 POROSIDAD EN LA PASTA	7
1.3.1.1 Espacios debido al aire atrapado	8
1.3.1.2 Espacios debido al aire incorporado	8
1.3.1.3 Poros capilares	8
1.3.1.4 Poros gel	9
1.3.2 POROSIDAD EN EL AGREGADO	9
2. CONCRETO: DURABILIDAD	11
2.1 ELEMENTOS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD	11
2.1.1 CONGELACION Y DESHIELO	11
2.1.2 EFECTO Y ATAQUE QUIMICO	13
2.1.2.1 Clasificaciones	14
2.1.3 CORROSION DEL ACERO DE REFUERZO	19
2.1.3.1 Condiciones que favorecen la corrosión	20
2.1.3.2 Medidas para prevenir la corrosión	20
2.1.4 ABRASION	24
CAPITULO II	
PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	
1. PERMEABILIDAD: DEFINICION	27
1.1 PERMEABILIDAD: SUELOS	27
1.2 PERMEABILIDAD: CONCRETOS	29

2. ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: DEFINICION	29
2.1 METODO DE MEDICION	33
2.1.1 ENSAYO	33
2.1.1.1 Muestra	33
2.1.1.2 Equipo	33
2.1.1.3 Procedimiento	35
3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	36
3.1 DOSIFICACIÓN	36
3.2 CONSOLIDACIÓN	39
3.3 CURADO	40
CAPITULO III	
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	
1. CEMENTOS	44
1.1 GENERALIDADES	44
1.2 CLASIFICACIÓN	45
1.2.1 Cementos Portland comunes	45
1.2.2 Cementos Portland adicionados	46
1.3 CARACTERISTICAS FISICAS	47
1.4 CARACTERISTICAS QUIMICAS	49
2. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO	54
2.1 GENERALIDADES	54
2.2 CARACTERISTICAS FISICAS	54
2.2.1 Granulometría	54
2.2.2 Modulo de Finura	55
2.2.3 Peso Específico	56
2.2.4 Porcentaje de Absorción	57
2.2.5 Peso Unitario Suelto y Compactado	57
2.2.6 Contenido de Humedad	58
2.2.7 Material que pasa por la malla N° 200	59

3. PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO	59
3.1 GENERALIDADES	59
3.2 CARACTERISTICAS FISICAS	60
3.2.1 Granulometría	60
3.2.2 Peso Especifico	62
3.2.3 Porcentaje de Absorción	63
3.2.4 Peso Unitario Suelto y Compactado	63
3.2.5 Contenido de Humedad	64

CAPITULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS

1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS	76
1.1 GENERALIDADES	76
1.2 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL	76
1.3 DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA	79
1.3.1 Consideraciones para el diseño de mezclas	79
2. DISEÑO DE MEZCLAS	90
2.1 CONCRETO PATRÓN PARA LA RELACIÓN $R1 = A/C = 0,40$	91
2.2 CONCRETO PATRÓN PARA LA RELACIÓN $R2 = A/C = 0,45$	92
2.3 CONCRETO PATRÓN PARA LA RELACIÓN $R3 = A/C = 0,50$	93
2.4 CONCRETO PATRÓN PARA LA RELACIÓN $R4 = A/C = 0,55$	94

CAPITULO V

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

1. INTRODUCCIÓN	100
2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EL ESTADO FRESCO	100
2.1 CONSISTENCIA	100
2.2 CONTENIDO DE AIRE	102
2.3 EXUDACIÓN	102
2.4 PESO UNITARIO	104

2.5 TIEMPO DE FRAGUADO	105
 CAPITULO VI	
PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO	
1. INTRODUCCIÓN	116
2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EL ESTADO ENDURECIDO	116
2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	116
2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	118
2.3 MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO	119
 CAPITULO VII	
RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA	
1. CUADROS Y GRAFICOS	135
1.1 ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA, PARA UNA PRESIÓN DE 0m H ₂ O (POZA), EN UN TIEMPO DE INMERSIÓN DE 1, 7 y 28 DÍAS	138
1.2 ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA, PARA UNA PRESIÓN DE 7m H ₂ O (EQUIPO), EN UN TIEMPO DE INMERSIÓN DE 1 DÍA (24 HORAS)	141
 CAPITULO VIII	
ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
1. GENERALIDADES	147
2. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	148
2.1 TIPO DE CEMENTO EMPLEADO	148
2.2 AGREGADO FINO EMPLEADO	149
2.3 AGREGADO GRUESO EMPLEADO	149
2.4 AGUA EMPLEADA	151
3. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN OPTIMA DE LOS AGREGADOS	151

4. DISEÑO DE MEZCLAS	152
5. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO	152
5.1 ENSAYO DE CONSISTENCIA	152
5.2 ENSAYO DE PESO UNITARIO	153
5.3 ENSAYO DE EXUDACIÓN	153
5.4 ENSAYO DEL TIEMPO DE FRAGUA	154
6. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO	155
6.1 ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	155
6.2 ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	156
6.3 ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO	156
6.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA	157
6.4.1 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 0m H ₂ O (poza), para 1 día de inmersión	158
6.4.2 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 0m H ₂ O (poza),y su variabilidad cuando se incrementa el tiempo (7 y 28 días de inmersión)	161
6.4.3 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 7m H ₂ O, para 1 día (24 horas) de inmersión	163
6.5 ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA, PARA RELACIONES AGUA/CEMENTO MAYORES A 0,60	164
 CAPITULO IX	
1. GENERALIDADES	169
2. CONCLUSIONES	170
3. RECOMENDACIONES	175
 ANEXOS	
ANEXO A. TABLAS DE DATOS; CUADROS Y GRAFICOS EN PORCENTAJE DE VOLUMEN Y EN LITROS/M2	179
ANEXO B. TOMAS FOTOGRAFICAS	216
 BIBLIOGRAFIA	227

SUMARIO

El tema de investigación llamado, el Estudio del Estado de Permeabilidad para concretos de mediana a alta resistencia, utilizando el cemento Portland tipo I – sol, trata de hallar la permeabilidad del concreto mediante un método indirecto, que es el grado de Absorción Total, enfocada principalmente a la durabilidad frente al ataque que se origina por infiltración de estos, en los poros del concreto.

Para esto se tiene por objetivo, determinar mediante ensayos en el laboratorio, los grados de absorción total, ósea en un instante dado para hallar la penetración de agua en la masa de concreto a una determinada presión (7m de H₂O que equivale a 10 psi.). Utilizando una nueva propuesta de diseño, fabricación y medición(equipo), el cual también forma parte del siguiente trabajo.

Para este ensayo se han fabricado probetas de concreto endurecido con dosificaciones de mezclas que tengan las relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60, utilizando el cemento especificado anteriormente.

Para lograr estos objetivos, se han estudiado los factores que influyen en la permeabilidad, como son la influencia de los materiales, los métodos de preparación, influencia del tratamiento posterior que viene hacer el curado, también se estudian los elementos que se ve afectado la durabilidad y las propiedades del concreto en estado fresco y en estado endurecido; cuyos estudios se encuentran interrelacionados con el siguiente trabajo.

Para el mejor entendimiento de éste trabajo a investigar y lograr los objetivos indicados se ha dividido en varios capítulos que describiremos a continuación:

CAPITULO I, en este capítulo se hace un estudio de los aspectos generales del concreto, que viene hacer el estudio de la estructura interna del concreto, en la que se menciona la influencia de la pasta de cemento, agregados minerales y los espacios vacíos que lo hacen permeable, por otro lado se estudia los elementos principales que afecta la durabilidad del concreto, los cuales influyen en la permeabilidad.

CAPITULO II, en este capítulo se estudia la permeabilidad del concreto, mediante el estado de permeabilidad(ensayo de absorción total de agua en el concreto, en un instante dado), los factores que influyen en la permeabilidad como son los materiales constituyentes, efectos de los métodos de preparación y los tratamientos posteriores. Se describe el procedimiento para la ejecución del ensayo de absorción total de agua a una determinada presión y el equipo utilizado como una nueva propuesta para la medición.

CAPITULO III, en este capítulo se presentan las características de los materiales a utilizar para preparar las mezclas de concreto, como son el tipo de cemento(Portland tipo I – sol, sus características físicas y químicas), y los agregados(finios y gruesos); también se describen sus procedimientos y los resultados de los ensayos físicos que miden sus propiedades.

CAPITULO IV, en este capítulo, realizamos la optimización del diseño de mezcla del concreto, para relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55, mediante el método del peso unitario compactado del Agregado Global (arena y piedra).

CAPITULO V, en este capítulo, se describe los procedimientos de las propiedades del concreto en su estado fresco, se presentan los resultados de los ensayos realizados y las gráficas correspondientes.

CAPITULO VI, en este capítulo, se describe los procedimientos de las propiedades del concreto en su estado endurecido, se presentan los resultados de los ensayos realizados y las respectivas gráficas que sean necesarias.

CAPITULO VII, en este capítulo, se trata sobre los resultados del ensayo de absorción total de agua en el concreto endurecido, se presentan cuadros, tablas de datos y gráficos para su respectivo análisis.

CAPITULO VIII, en este capítulo, se realiza el análisis de los resultados obtenidos de los materiales, del concreto al estado fresco y endurecido, y sobre el ensayo de absorción total de agua en el concreto endurecido, que viene hacer el objetivo principal de este trabajo de investigación.

CAPITULO IX, en este capítulo, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, que se pueden dar de todo lo estudiado en esta tesis.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro País, el concreto es un material que es utilizado en diversos tipos de obras que están expuestas a la humedad, el agua y los agentes químicos que estos se incorporan en el concreto, los cuales pueden ser las sales, los sulfatos, cloruros, etc.

Según como va transcurriendo el tiempo, podemos apreciar construcciones como canales, reservorios, pilotes de muelles, losas de concreto, etc., muy deterioradas debido a que no se han realizados estudios con mayor énfasis acerca de la permeabilidad del concreto para incrementar la durabilidad.

Esta área de la permeabilidad de los concretos es muy compleja, y no se cuenta en el Perú con equipos que se encuentren en operación, y no existen formas eficaces que nos permiten medir la permeabilidad o algún estado de ella.

En otros países existen diversos métodos, uno de ellos es el método Americano, que permite medir la permeabilidad por mediciones indirectas, este método consiste en sumergir las probetas de concreto en solución salina y mediante un proceso eléctrico, se calcula la permeabilidad, el cual indica si ha penetrado en mayor o menor cantidad el agua salina.

Por lo tanto al no tener equipo en operación y medición efectiva, nos hemos visto en la necesidad de estudiar la permeabilidad como propiedad de los concretos, enfocado no midiendo la permeabilidad como flujo, sino mediante un método indirecto, llamado el ensayo de absorción total de agua, a una determinada presión (7m de H₂O), el cual es un estado de permeabilidad (penetración del agua a través de la masa de concreto).

Para determinar el estado de permeabilidad y con el propósito de "simular" aquellas estructuras de concreto que se encuentren expuestas a la presión de agua, nos hemos visto obligados a dar una Nueva Propuesta de diseño, fabricación y medición de equipo a presión, que puede ser lo más simple pero efectivo en la medición y que el equipo sea transportable para no depender de un laboratorio.

En consecuencia la presente tesis pretende estudiar en una primera etapa, por medio de este equipo, valores del estado de permeabilidad del concreto a diferentes dosificaciones; que apartir de este estudio, lo que se busca es la manera de reducir la permeabilidad de los concretos y por consiguiente incrementar su durabilidad hacia los ataques de los agentes.

El estado de permeabilidad del concreto, que caracteriza el grado de absorción que toma el concreto en estudio, permite efectuar comparaciones mas adelante cuando se estudie o investigué con el uso de aditivos o otros componentes, y con el equipo a diferentes presiones, orientados siempre a reducir la permeabilidad.

Asimismo lo que se pretende mostrar en este estudio es que toda mejora de la permeabilidad o algún estado de ella, va desde el control de los factores influyentes(materiales, métodos de preparación y el curado), los factores que afectan la durabilidad, en las que se involucra la permeabilidad y los ensayos de absorción total de agua en el concreto endurecido.

De los estudios y resultados que se obtengan nos permitirá tener una visión clara, de las posibilidades de obtener un concreto de buena calidad y mejorar en cuanto a permeabilidad se refiere.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DEL CONCRETO

ASPECTOS GENERALES DEL CONCRETO

1. CONCRETO : ESTRUCTURA INTERNA

El concreto endurecido consiste principalmente de agregados minerales, pasta de cemento y un aspecto sumamente importante que, es la presencia de cierto porcentaje de espacios vacíos, conocidos como poros.

Para mejor comprensión, veremos a continuación estas tres principales características del concreto endurecido:

1.1 PASTA DE CEMENTO

Estructura básica que tiene la función de, unir las partes individuales de los agregados gruesos, finos y adherirse firmemente a él.

Es considerada a la pasta de cemento ya endurecida como la fase continua, debido a que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto del concreto.

1.2 AGREGADOS MINERALES

Son considerados como la fase discontinua o dispersa, debido a que las partes individuales de los agregados generalmente no están unas con otras, sino que normalmente están separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

1.3 ESPACIOS VACÍOS

Existen en el concreto cantidades variables de espacios vacíos, que no contienen elementos sólidos pero que, en determinadas circunstancias, pueden ser llenadas con agua parcial o totalmente, llamado porosidad.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

La porosidad son sistemas de vacíos que están presentes en la estructura interna del concreto endurecido.

Es la que condiciona el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad.

Se dividen en:

POROSIDAD CERRADA.- Poros que no se comunican entre ellos ni con el exterior, formada principalmente por una parte de la porosidad de los agregados y por el aire atrapado en el concreto.

POROSIDAD ABIERTA.- Poros que se comunican entre sí y con el medio exterior; formada por una parte de la porosidad de los agregados y por los microcanales dejados al evaporarse parte del agua de mezclado del concreto. La mayoría de los constructores en concreto debe preocuparse por ésta porosidad, ya que es la que favorece más o menos:

El camino de los agentes agresivos hacia las armaduras, la retracción hidráulica, la helicidad, la permeabilidad, y las resistencias bajas.

La suma de éstas porosidades constituye la **porosidad total** o la **porosidad** en sí.

Los espacios vacíos que se presentan en el concreto se agrupan en dos grupos, conocidos como la porosidad en la pasta y la porosidad en los agregados, que se describen a continuación.

1.3.1 POROSIDAD EN LA PASTA.

En la pasta de cemento, se puede apreciar la porosidad presente en la pasta. Estos poros o espacios vacíos se clasifican en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación. Sin embargo es importante hacer notar que no existe una línea clara de demarcación que separe un rango de tamaños del otro. Los espacios vacíos de éstas primeras cuatro categorías se hallan fuera de los límites del agregado y ellas son :

1.3.1.1 ESPACIOS DEBIDO AL AIRE ATRAPADO

Es una parte inevitable en todo concreto. Estos poros o vacíos presentan un rango de tamaños que pueden variar desde una magnitud escasamente visible a simple vista hasta cerca de 1 cm. o más de diámetro. Su perfil se presenta en forma irregular. El concreto usual puede, por lo general, contener casi un 1% en volumen de tales poros.

1.3.1.2 ESPACIOS DEBIDO AL AIRE INCORPORADO

Pequeños poros de aire, introducidos mediante el uso de un agente incorporador de aire. Son usualmente de forma cercanamente esférica y con un diámetro promedio entre 0.8 a 0.10 mm. Estos poros pueden comprender hasta un 5% o más de volumen en el concreto.

Este sistema de vacíos, estrechamente espaciados, tiene una influencia benéfica en la protección o durabilidad del concreto durante los procesos de congelación y deshielo.

1.3.1.3 POROS CAPILARES

Estos poros constituyen los residuos de los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, espacios que no han sido llenados por el gel de cemento hidratado.

La porosidad capilar de la pasta depende tanto de la relación agua/cemento, como del grado de hidratación de la misma, aunque son de tamaño submicroscópicos están en capacidad de contener agua que puede congelarse de tal manera que conforme aumenta los poros capilares aumentará la posibilidad de deterioro, la resistencia será menor, al mismo tiempo que tenderá a aumentar la porosidad y permeabilidad de la misma y por ello del concreto.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****1.3.1.4 POROS GEL**

Estos poros son espacios tan pequeños, interconectados entre el gel de cemento que no permiten que se formen en su interior nuevas partes sólidas, las cuales son formadas durante la hidratación.

La magnitud de éstos poros gel es independiente de la relación agua/cemento de la mezcla.

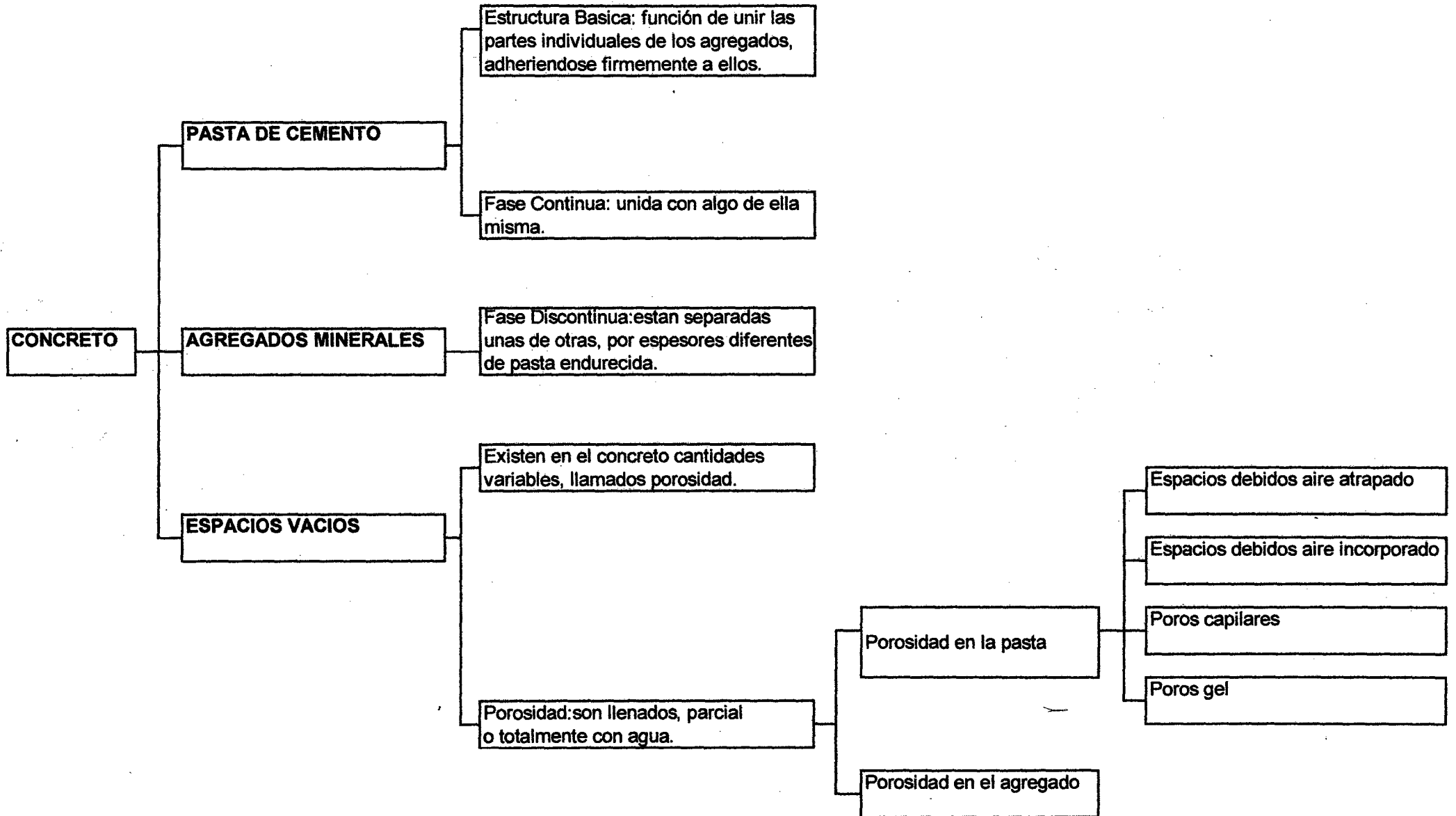
El volumen total de poros gel, ocupan aproximadamente el 28% del volumen total del gel conforme progresa la hidratación.

1.3.2 POROSIDAD EN EL AGREGADO

Las cuatro categorías de poros indicadas anteriormente se encuentran en la pasta, pero fuera de los límites de los agregados. El agregado es poroso y permeable, variando su porosidad en la mayoría de los casos de 1 a 2%. Los pequeños espacios vacíos en el agregado, pueden bajo determinadas circunstancias llenarse parcial o totalmente con agua, al igual que en los poros capilares, puede congelarse, afectando la durabilidad del agregado y por lo tanto la del concreto.

De todo lo anterior estudiado, podemos deducir que :

- . Un concreto será tanto más permeable y tendrá una posibilidad de absorción capilar más importante cuanto más poroso sea.
- . El **concreto endurecido no es de por sí impermeable al agua**, la cual puede introducirse a través de poros capilares o a presión.
- . La permeabilidad del concreto no es una simple función de la cantidad de poros, sino que **depende del tamaño, su distribución y la continuidad de ellos**.
- . El agua fluirá más fácilmente a través de los poros capilares, que a través de los poros gel, debido a la diferencia de tamaños entre ellos (pasta de cemento es de 20 a 100 veces más permeable que el gel mismo), lo que indica que la permeabilidad de la pasta de cemento es controlada por la porosidad capilar.



**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****2. CONCRETO : DURABILIDAD**

El problema de la durabilidad en el concreto es sumamente complejo, debido a que no existe un concreto "durable" por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y mecánicas que son adecuados para ciertos casos no necesariamente tienen capacidad para seguir siendo "durable" bajo diferentes condiciones. El ACI define la durabilidad en el concreto, como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, la abrasión, el ataque químico, o cualquier otro proceso que produzca deterioro del concreto.

La resistencia a la compresión es uno de los aspectos para obtener un concreto durable, pero no el único, ya que el avance de la investigación nos permite obtener otros aspectos importantes de la tecnología del concreto, como la fluencia, contracción, elasticidad, esfuerzos, deformaciones, etc.

A continuación veremos algunos elementos que afectan la durabilidad en el concreto:

2.1 ELEMENTOS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD

Tenemos los siguientes :

2.1.1 CONGELACIÓN Y DESHIELO

La fuerza principal responsable de los daños por congelación que pueden producirse en concretos expuestos a temperaturas menores de 0°C., es la presión hidráulica interna que se origina al desarrollarse un sistema expansivo agua-hielo durante el proceso de congelación. Los esfuerzos que acompañan al cambio de agua a hielo pueden originar deterioro de la pasta endurecida, del agregado o de ambos.

El mayor incremento de volumen de agua presente en los poros capilares, para llegar a la congelación, es de 0.75% y corresponde a una relación agua/cemento alta. Si se considera que el concreto suele contener 1% de aire atrapado, es aparente que en casi todos los concretos existen espacios vacíos en cantidad suficiente como para acomodar el volumen extra requerido por la congelación del agua en los capilares del concreto endurecido.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

La explicación del daño causado por la congelación es que es debido al crecimiento de los cristales de hielo en los poros capilares.

La presión de éstos cristales en los poros capilares generado por el proceso de congelación depende de la permeabilidad, la velocidad de congelación y el volumen de agua en la superficie de congelación, por lo que podría deducirse que cuanto más baja es la permeabilidad del concreto más alta debería ser la presión generada en los poros, debiendo un concreto rico tener una más alta presión de poros que una mezcla pobre.

Sin embargo ello es compensado por la baja absorción de los concretos ricos que nunca están totalmente saturados aún después de prolongado humedecimiento.

**CONDICIONES DE DURABILIDAD DEL CONCRETO A LA CONGELACIÓN Y
DESHIELO**

Se considera que para que un concreto sea durable y resistente a la congelación y deshielo, deberán darse las siguientes condiciones :

- a) Deberá tener un contenido de agua tal que nunca esté totalmente saturado.
El concreto, para que tenga un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos 13°C. para un elemento de 30 cm. de espesor y 5°C. para espesores del orden de 1.80m. por lo que debe procurarse mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierdan calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que halla desarrollado al menos 35 Kg./cm².
- b) Deberá tener baja absorción y permeabilidad, a fin de que no tome agua fácilmente.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

- c) La pasta deberá tener una alta permeabilidad para permitir que al congelarse el agua no se genere alta presión en los poros capilares. Este requisito es incompatible con una baja permeabilidad total, pero si el concreto contiene pequeñas burbujas de aire incorporado (Aditivos incorporadores de aire), el factor de espaciamiento compensará por la baja permeabilidad de un mortero rico.

El principio de los incorporadores de aire, consiste en introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados, que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento eliminando las tensiones.

- d) El contenido de cemento debe ser alto y la relación agua/cemento baja, a fin de que el agua se combine con el cemento durante la hidratación y se alcance suficiente resistencia para tomar los esfuerzos presentes durante la congelación.

Los diseños de mezcla deben ejecutarse buscando concretos con la menor permeabilidad posible.

2.1.2 EFECTOS Y ATAQUES QUÍMICOS

El concreto es un material que es inmune al ataque por productos químicos secos y es altamente resistente a diversos productos químicos en solución, aunque algunos de ellos podrían atacar al concreto.

Algunas de las soluciones químicas son halladas en la naturaleza, incluyendo a las aguas relativamente puras pero ligeramente ácidas; soluciones de sulfato de sodio o magnesio; y el agua de mar.

Cuando un concreto es atacado por una solución química, la velocidad y extensión del deterioro dependen de la naturaleza y concentración de las sustancias en la solución en contacto con el concreto; la temperatura y presión elevadas de la solución; mucha absorción y permeabilidad; el curado deficiente; y una mala compactación del concreto.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****2.1.2.1 CLASIFICACIONES**

La alteración química del concreto puede ser de carácter intrínseco o extrínseco, según se deba a la reacción de sus componentes o se origine por agentes externos.

La descomposición del concreto puede presentarse por:

- a) Acción del suelo y el agua: de la napa freática, de ríos y del mar, que toman contacto con las estructuras de concreto.
- b) Fluídos, que circulan en canalizaciones o tuberías de concreto
- c) Líquidos o materias secas pulverulentas que son almacenados en reservorios o silos.

En cuanto a la forma como se presenta el ataque químico éste puede darse :

A) EN PROFUNDIDAD

A través de los canalículos del concreto poco compacto por las microfisuras de contracción o los vacíos que se encuentran en concretos mal dosificados.

Este tipo de ataque es el más peligroso en cuanto altera la estructura misma del concreto, es de difícil control y muchas veces imposible de corregir cuando es detectado.

El ataque en profundidad se puede presentar en dos formas :

- 1.- Disolución de compuestos solubles en el agua que se propaga en el interior del concreto, como es el caso de las aguas ácidas, que pueden provocar el debilitamiento de la estructura de la pasta de cemento.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****CLOURUROS**

Se hallan normalmente en zonas cercanas al mar, en el agua marina, y en ciertos suelos y aguas contaminadas.

En el cuadro No 1.01, los cloruros tienen una acción insignificante sobre el concreto desde el punto de vista de la agresión química directa, pero erradamente se le considera en muchas oportunidades causantes del deterioro que es producido por otros agentes.

Los cloruros no tienen acción perjudicial directa sobre el concreto, sino es a través de su participación en el mecanismo de la corrosión de metales embebidos en el concreto, produciéndose compuestos de hierro que al expandirse rompen la estructura de la pasta de cemento y agregados.

2.- Expansión, que se debe a los compuestos débilmente solubles, que se forman en el interior del concreto y que dan origen al crecimiento de cristales, que producen una presión capaz de llevar a la ruptura de la estructura. Este es el caso de los sulfatos, que dan forma a cristales expansivos como la etringita y la thaumasita.

SULFATOS

Se hallan usualmente en el suelo en contacto con el concreto, en solución en agua de lluvia, en aguas contaminadas por desechos industriales o por flujo en suelos agresivos. Estos sulfatos hallados afectan a la durabilidad del concreto.

Los suelos con sulfatos se hallan normalmente en zonas áridas, y pese a que no pueden estar en muy alta concentración, si se producen ciclos de humedecimiento y secado sobre el concreto, la concentración puede incrementarse y causar deterioro.

Por lo general se presentan en sulfatos de sodio, magnesio, potasio y calcio.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****B) SUPERFICIAL**

Que actúa como una forma de erosión en los concretos bien compactados. Su acción destructiva es menor y es posible tomar medidas que detengan la degradación del material.

CONTROL DEL ATAQUE QUÍMICO

- Una forma de evitar es no construir en ambientes agresivos, pero esto no siempre se lleva a cabo, por lo que como regla general se debe procurar usar alguna barrera que evite el contacto de los cloruros y sulfatos en solución con el concreto.

Esta protección puede llevarse a cabo con pinturas bituminosas, a base de caucho o pinturas especialmente diseñadas para este tipo de agresión (epóxico) pero que resultan usualmente soluciones caras.

- Para que el concreto reduzca las posibilidades de ser deteriorado por agresión química, consiste en que el diseño de mezcla considere una relación agua/cemento baja de modo de reducir su absorción total y su permeabilidad; y proporcionar un grado de protección aceptable contra ataques moderados de ácidos.
- Utilizar cementos resistentes a los sulfatos tales como los Tipo II, Tipo V, Tipo IP, Tipo IPM o añadiendo específicamente puzolanas que al combinarse con la cal libre del cemento reducen la formación del yeso.

Estos cementos pueden resistir por largo tiempo el ataque por los sulfatos y el ataque provocado por agua con una alta concentración de ácidos.

En estos casos se debe utilizar un recubrimiento o tratamiento superficial adecuado. El comité ACI 515 proporciona recomendaciones sobre recubrimientos que protegen el concreto contra la acción de diversas sustancias químicas.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I I SOL**

CUADRO N° 1.01

EFFECTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL CONCRETO

VELOCIDAD DE ATAQUE A TEMPERATURA AMBIENTE	ACIDOS INORGANICOS	ACIDOS ORGANICOS	SOLUCIONES ALCALINAS	SOLUCIONES SALINAS
RAPIDA	Clorhídrico Fluorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	-----	Cloruro de Amonio
MODERADA	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de Sodio > 20 %	Nitrato de Amonio Sulfato de Amonio Sulfato de Sodio Sulfato de Magnesio Sulfato de Calcio
LENTA	Carbónico	-----	Hidróxido de Sodio 10 a 20 % Hipoclorito de Sodio	Cloruro de Amonio Cloruro de Magnesio Cianuro de Sodio
INSIGNIFICANTE	-----	Oxálico Tartárico	Hidróxido de Sodio < 10 % Hidróxido de Amonio	Cloruro de Calcio Cloruro de Sodio Nitrato de Zinc Cromato de Sodio

Fuente: Reporte ACI 201 R - 82

CUADRO N° 1.02

REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES CON SULFATO

TIPO DE EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES EN AGUA (SO ₄) PRESENTES EN SUELOS (% EN PESO)	SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO RECOMENDADO	RELACIÓN AGUA/CEMENTO RECOMENDADO (CONCRETO NORMAL)	f _c MINIMO (Kg./cm ²)
DESPRECIABLE	0 a 0.10	0 a 150	-----	-----	-----
MODERADA	0.10 a 0.20	150 a 1500	II, IP(MS), IS(MS) I(PM) (MS), I(SM) (MS)	0.50	280
SEVERA	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45	315
MUY SEVERA	> 2.00	> a 10,000	V + PUZOLANA	0.45	315

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

- Aditivos que contribuyen a reducir el agua de mezclado ayudan a incrementar la resistencia a los sulfatos, los acelerantes que contienen cloruros no son recomendables para su uso en ciertas circunstancias porque tienen un efecto negativo.

2.1.3 CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

La corrosión del acero de refuerzo presente en el concreto ha recibido atención creciente de los especialistas en los últimos años debido a su ocurrencia en determinados tipos de estructuras y el alto costo de reparación.

Fué primero observada en estructuras marinas y fábricas de productos químicos. Posteriormente se han reportado casos de corrosión en losas de puentes, playas de estacionamiento y otras estructuras.

La velocidad y magnitud de la corrosión del acero de refuerzo embebido en el cemento están fuertemente influenciadas por factores del medio en que se encuentra el concreto. Tanto el oxígeno como la humedad deben estar presentes para que la corrosión puede ocurrir.

El deterioro del concreto por efecto de la corrosión es debido a que los productos del proceso de corrosión (óxidos) ocupan un volumen mayor que el del acero ejerciendo presión y esfuerzos muy altos sobre el concreto que los rodea. Las manifestaciones externas del proceso de oxidación incluyen manchas, decoloración, agrietamiento, descascaramiento y astillamiento de la superficie del concreto. Adicionalmente la sección transversal del acero se reduce.

Con el tiempo pueden ocurrir problemas estructurales debido ya sea a la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto a causa del agrietamiento y astillamiento, o como resultado de la reducción en la sección transversal de las barras de refuerzo. Este último efecto puede ser de especial importancia en estructuras en las cuales se utiliza acero de alta resistencia en elementos pretensados, en las que una pequeña reducción en la sección de acero puede inducir fallas en los tendones.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****2.1.3.1 CONDICIONES QUE FAVORECEN LA CORROSIÓN**

Las condiciones principales que pueden dar origen a que el concreto no pueda ofrecer protección permanente al acero de refuerzo son :

- Grietas.
- Reacciones internas o externas.
- Carbonatación.
- Celdas de corrosión.
- Corrientes vagabundas.
- Cloruro de calcio.
- Sales solubles.
- Permeabilidad.

La magnitud de la corrosión aumenta con un incremento en la permeabilidad del concreto

En éste sentido, mezclas húmedas, compactación incompleta, juntas de construcción mal ejecutadas y curado insuficiente necesariamente conducen a que el concreto sea más permeable a la penetración de la humedad, aire y sales solubles; por lo tanto, más susceptible a fallas por corrosión del acero de refuerzo.

2.1.3.2 MEDIDAS PARA PREVENIR LA CORROSIÓN

Las medidas adecuadas para prevenir la corrosión del acero de refuerzo, sea o no pre-esforzado, es durante el diseño y construcción de la estructura, así como en la etapa de la selección de las proporciones de la mezcla.

Una vez iniciado el proceso corrosivo, las medidas para prevenir son usualmente muy difíciles, caras, casi siempre de una eficiencia dudosa, y frecuentemente imposibles de efectuar en reconstrucciones mayores.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

El principio básico para la prevención es el mantener la pasividad del acero embebido, aportada por la alta alcalinidad del concreto. El diseño, construcción y selección de las proporciones de la mezcla, deberán ser efectuadas con este principio en mente.

BAJA PERMEABILIDAD

La permeabilidad del concreto es un factor importante que interviene en el proceso de corrosión de materiales embebidos en él, y es también un factor determinante en la vida útil del mismo concreto.

Un concreto de baja permeabilidad, permite menor paso y retención de agua que otro concreto más permeable, en consecuencia, un concreto de baja permeabilidad tiene una conductividad eléctrica menor. El concreto de baja permeabilidad se opone a la absorción de sales y a que éstas penetren hasta los materiales embebidos y proporciona una barrera contra la entrada de oxígeno. Aunque ningún concreto convencional es completamente impermeable, si se presta la atención debida a la dosificación de las mezclas, al curado y al manejo, se podrá obtener un concreto de baja permeabilidad.

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

Una relación agua/cemento baja, produce un concreto menos permeable y con mayor resistencia a la corrosión.

Se han hecho pruebas experimentalmente de exposición de pilotes en agua de mar, obteniéndose una buena protección contra la corrosión si el recubrimiento nominal sobre el acero es no menor de 4 cm. y la relación agua/cemento de 0.45 (por peso).

Una relación de 0.55 proporciona una protección mediana y una de 0.62 una protección deficiente.

Pruebas de exposición en losas que se cubrieron diariamente con sal arrojaron resultados similares; el concreto con relación agua/cemento de 0.40 se comportó significativamente mejor que otros concretos con relaciones agua/cemento de 0.50 y 0.60, aún en el caso de contener cantidades de cemento iguales.

Por lo tanto, la relación agua/cemento en concretos en agua de mar, con agua que contenga sales, o que estén en contacto con concentraciones de cloruro más que moderadas no debe exceder de 0.45.

Estos límites recomendados sobre la relación agua/cemento se aplican a todos los tipos de cemento Portland, aunque algunos estudios a largo plazo sobre la durabilidad del concreto (expuesto al agua de mar) realizados en la Portland Cement Association de los Estados Unidos, mostraron que el cemento con un contenido del 5 al 8% de aluminato tricálcico (C_3A) presentan menor agrietamiento provocado por la corrosión del acero, que el cemento con un contenido de C_3A menor que 5%. Si no se dispone de datos específicos se puede aplicar la Norma ACI - 211.1 para determinar la cantidad de cemento requerida para lograr la relación agua/cemento indicada.

Una baja relación agua/cemento no asegura por sí sola la obtención de un concreto de baja permeabilidad, ya que también es necesario utilizar agregados gruesos y finos bien graduados.

CURADO

Es el nombre que se dá a los procedimientos destinados a promover la hidratación del cemento o, dicho utilizando otros parámetros: destinados a promover la ganancia de resistencia.

La hidratación del cemento es un proceso químico que es sólo posible por la presencia conjunta de las sustancias químicamente reactivas: cemento y agua.

La hidratación total del cemento contenido en un concreto no es posible de alcanzar en la práctica, pero si es una condición esencial, tanto por razones de calidad como de economía, maximizar el proceso de hidratación.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I I SOL**

CUADRO N° 1.03

CONTENIDO MAXIMO DE ION CLORURO, PARA PREVENIR LA CORROSION

TIPO DE ELEMENTO	CONTENIDO MAXIMO DE ION CLORURO EN CONCRETO (% EN PESO DEL ELEMENTO)
CONCRETO PRETENSADO	0.06
CONCRETO ARMADO EXPUESTO A CLORUROS	0.15
CONCRETO ARMADO PROTEGIDO DE LA HUMEDAD	1.00
OTRO TIPO DE CONCRETO	0.30

CUADRO N° 1.04

**RELACIONES AGUA/CEMENTO MAXIMAS PARA CONDICIONES
ESPECIALES DE EXPOSICION**

CONDICION DE EXPOSICION	RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA CONCRETO NORMAL	f _c MINIMO (CONCRETO NORMAL Y LIGERO) (Kg/cm ²)
Concreto con baja permeabilidad al agua	0.50	280
Concreto expuesto a hielo y deshielo en condición húmeda	0.45	315
Para prevenir corrosión en concreto expuesto	0.40	350

La permeabilidad se reduce por aumentos en la hidratación del cemento, en consecuencia un curado adecuado es esencial. Se debe especificar un curado húmedo o por medio de membrana de por lo menos siete días continuos si se emplea cemento Portland normal y de no menos de 10 días si se utiliza cementos combinados.

2.1.4 ABRASIÓN

La resistencia a la abrasión de una superficie de concreto se define como la acción y efecto de ser desgastada por fricción o rozamiento.

Se origina de varias maneras, siendo las más comunes las condiciones de servicio :

- El tránsito de peatones y vehículos sobre las veredas y losas.
- El efecto del viento cargado de partículas sólidas; y
- el desgaste producido por el flujo continuo de agua.

El desgaste por abrasión trae como consecuencias en el comportamiento bajo las condiciones de servicio, también indirectamente propiciando el ataque de otro enemigo de la durabilidad que pueden ser el ataque químico, la corrosión, etc., siendo éste último más evidente en estructuras hidráulicas.

ELEMENTOS QUE AFECTAN LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN EL CONCRETO

El elemento principal reside en la resistencia estructural o mecánica de la superficie al desgaste.

Los resultados para medir el desgaste o la resistencia a la abrasión a nivel de laboratorio como a escala natural, son bastante relativos pues ninguno de ellos puede reproducir las condiciones reales de uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que pueda servir para comparar condiciones de uso o concretos similares, por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente elementos como la resistencia a la compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la parte constructiva, y el curado.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE LA ABRASIÓN EN EL CONCRETO**

Es obvio que en la medida que desarrollemos las capacidades resistentes de la capa de concreto que soportará la abrasión , lograremos controlar el desgaste.

La superficie referida debe tener una resistencia a la compresión como mínima de 280 Kg./cm² para garantizar la durabilidad permanente respecto a la abrasión, lo cual nos indica que es necesario emplear relaciones agua/cemento bajas, el menor slump compatible con la colocación eficiente, la menor cantidad posible de aire atrapado, agregados bien graduados que cumplan con los límites ASTM C-33 de gradación y abrasión.

Se ha demostrado también que un elemento fundamental en el resultado final lo constituye la mano de obra y el acabado.

Cuando se procede a realizar el acabado, la exudación natural de la mezcla es muy importante, ya que si no se permite, se concentra el agua exudada y la capa superficial se vuelve débil, incrementándose localmente la relación de agua/cemento.

El acabado debe efectuarse alrededor de las dos horas luego de la colocación del concreto y habiéndose eliminado el agua superficial.

En el acabado se ha visto usualmente la costumbre generalizada de espolvorear cemento sobre la superficie húmeda con objeto de "secarla" para terminar antes el acabado, lo cual no se debe hacer si continúa la exudación, pues la película de cemento actúa como una barrera impermeable reteniendo el agua y favoreciendo a la disminución local de la relación agua/cemento.

Si se efectúa éste procedimiento después de la exudación y se integra el cemento con el resto de la pasta, el resultado es favorable pues se consigue reducir localmente la relación agua/cemento y se incrementa la resistencia.

CAPITULO II

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

1. PERMEABILIDAD : DEFINICIÓN

La permeabilidad, se define como la propiedad de no resistir la filtración de agua que actúa bajo una determinada presión, a través de sus espacios interconectados, conocidos como la porosidad.

Estos espacios, son los que condicionan el comportamiento de los concretos y suelos (por ejemplo), para absorber líquidos y su permeabilidad ó capacidad de flujo a través de él.

1.1 PERMEABILIDAD : SUELOS

Una masa de suelo, consiste de partículas sólidas de diferentes tamaños, con espacios vacíos interconectados (porosidad), por donde el agua puede fluir con mayor o menor dificultad, lo cual es conocido como la permeabilidad.

En sus espacios vacíos continuos, permiten al agua fluir de un punto de mayor energía a otro de menor energía.

Por lo tanto se puede decir que suelos con grandes espacios vacíos poseen alta permeabilidad.

Los suelos arcillosos, con alta porosidad, tienen baja permeabilidad debido a sus pequeños espacios vacíos.

La permeabilidad de un suelo es importante porque permite :

Evaluar filtraciones por debajo de presas, fuerzas de levantamiento debajo de las estructuras hidráulicas, velocidades de asentamiento y también evitar la erosión de Partículas finas, mediante el control de la velocidad de filtración.

Los factores que influyen en la permeabilidad son:

- Forma y tamaño de las partículas del suelo: las de formas redondeadas y de mayores tamaños, tienen alta permeabilidad.

- Relación de vacíos.
- Grado de saturación.
- Estructura de suelo.
- Viscosidad del fluido.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****LEY DE DARCY**

Permite obtener, la relación fundamental de la cantidad de filtración a través de una masa de suelo bajo una condición dada.

La siguiente formula establece que:

$$V = K \cdot I$$

Donde :

V = Velocidad de descarga o flujo, considerando un área transversal **A**

I = Gradiente hidráulico ($I = h/L$ es la pérdida de carga o la carga que origina el flujo por la distancia en la que se produce dicha pérdida).

K = Coeficiente de permeabilidad (mide la resistencia del suelo al flujo de agua).

Luego:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

Q = Caudal de filtración

V = Velocidad de flujo

A = Area transversal

1.2 PERMEABILIDAD : CONCRETOS

En el concreto, el sistema de espacios vacíos presente en su estructura, son los que le confieren esta propiedad.

Cuando más poroso sea un concreto, será tanto más permeable y tendrá una posibilidad de absorción capilar más importante. Pues la porosidad, la permeabilidad y la capilaridad, comprenden fenómenos físicos que tienen interdependencia.

Si se toma en cuenta las consideraciones finales que se indica en el capítulo anterior, y las que a continuación se señalan:

El flujo a través de las muestras de concreto es muy pequeño, si se compara con el de suelos, que más o menos corresponde al caso de los suelos arcillosos que son considerados prácticamente impermeables.

Según la Tecnología del Concreto, lo que importa es el conocimiento de las propiedades de permeabilidad, desde el punto de vista de controlar los factores a los cuales se deben, por las evidentes consecuencias negativas que traen en cuanto a la durabilidad, por lo que buscamos **la impermeabilidad**.

En este presente trabajo se tratara el estudio de permeabilidad, que es una propiedad del concreto, una situación de comportamiento de ella, es decir el **Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto**.

2. ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: DEFINICIÓN

Viene a ser la situación que se dá en un instante dado, y lo define la cantidad de penetración de agua (absorción total) en el volumen o masa del concreto, bajo una determinada presión.

La denominación del Estado de Permeabilidad, en este presente trabajo, se debe, en razón de diferenciar del coeficiente de permeabilidad "K" que comúnmente, es el que se emplea en el caso de suelos.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

El coeficiente de permeabilidad o simplemente conocido como permeabilidad, es un parámetro que caracteriza la propiedad de permeabilidad, y para su determinación se mide un flujo a través de una sección del espécimen del suelo; dicho flujo, sí se da y su evaluación es trascendente.

Mientras que en el caso del concreto diremos, que la propiedad existe, asimismo el parámetro utilizado para caracterizarlo denominado permeabilidad también existe, y que se basa en los mismos principios, para su evaluación.

En este presente trabajo, además de considerar, que el flujo es pequeño, y fundamentalmente lo que nos debe preocupar es él de controlarlo, se plantea caracterizar esta propiedad de permeabilidad a través de un método de medición muy práctico, como es la **Absorción Total** de agua, usando como especímenes a las probetas de concretos de 15cm de diámetro y 30cm de altura, para una determinada presión, por medio de un equipo (diseñado y fabricado), el cual es una propuesta para determinar este objetivo.

En este sentido, se determinara pues, los grados de absorción total en las probetas de concreto, para las diferentes relaciones de agua/cemento, lo cual se pretende pueda servir como base de comparación cuando se investigue la forma o algún componente que permita **reducir la permeabilidad** (objetivo del presente estudio).

En el gráfico No 2.1 y el Cuadro No 2.01 que se muestra a continuación, resume la diferencia que se da entre la permeabilidad en el caso de los suelos y en el caso de concretos.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

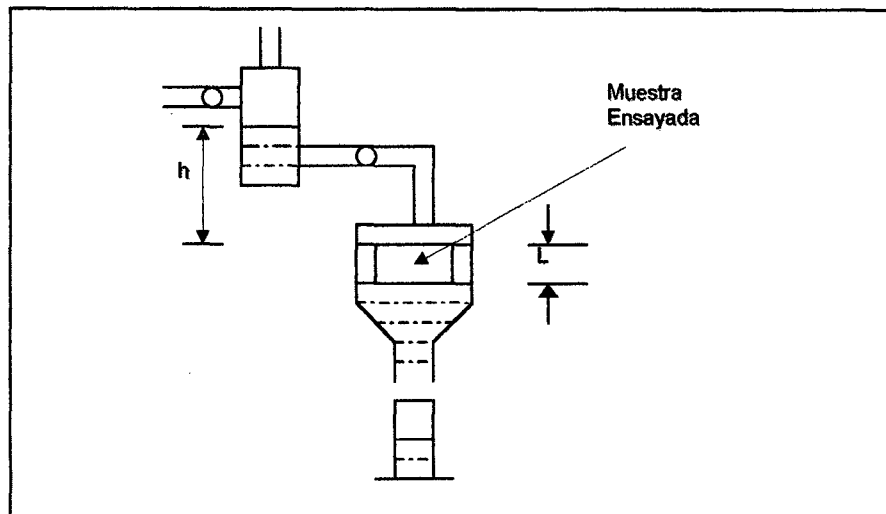
Grafico No 2.1 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD

Permeabilidad

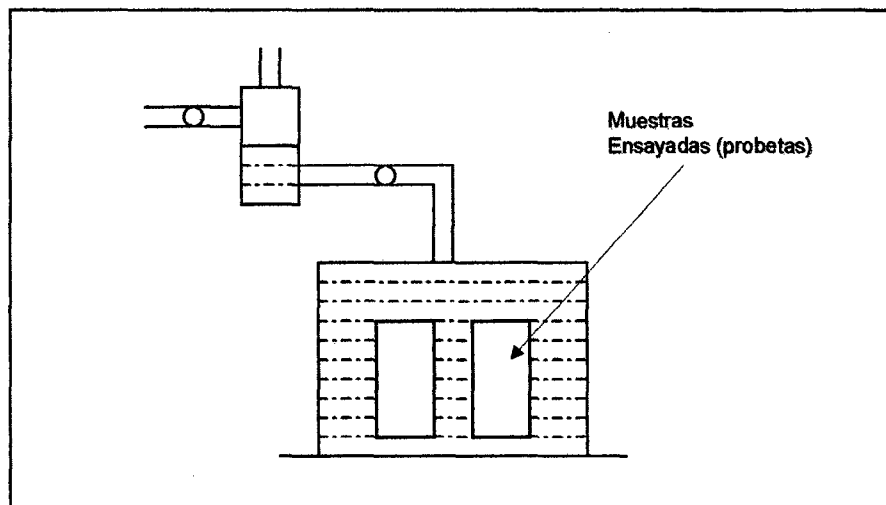
Se define como la propiedad de no resistir la filtración de agua bajo una determinada presión, a través de sus espacios interconectados.

Permeabilidad : Suelos (coeficiente de permeabilidad K)

Obtenido por medición del flujo a través de una sección, resulta de aplicar una presión sobre una de las caras del espécimen y medir la cantidad de agua que aparece en la otra cara libre. Por aplicación de la LEY DE DARCY. $K = (Q * L) / (A * h)$

**Permeabilidad : Concreto (absorción total de agua, estado de permeabilidad)**

Situación que se da en un instante dado, y lo define la cantidad de penetración de agua en el volumen del concreto para una determinada presión



Cuadro No 2.01

**Clasificación y tipos : Permeabilidad de Suelos (coeficiente de permeabilidad K cm/seg)
 v.s. Permeabilidad de Concretos (absorción total de agua en % peso y en % de volumen)**

Clasificación de Permeabilidades	Coeficiente de Permeabilidad(K) cm / seg	*Absorción Total de agua				Tipo de Suelo	Tipo de Concreto según la relación a / c
		Presión de 0 m H ₂ O		Presión de 7 m H ₂ O			
		% de peso	% de volumen	% de peso	% de volumen		
Permeable	10^{-3} a 10^{-2}	1.00 a 1.70	2.40 a 3.90	1.20 a 1.90	2.80 a 4.60	Limo a Grava	0.60 a 0.80
Practicamente Impermeable	10^{-6} a 10^{-9}	0.32 a 0.74	0.77 a 1.77	0.36 a 0.87	0.87 a 2.08	Arcillas	0.40 a 0.50

*Valores calculados : para la relación a/c de 0.40 a 0.55, en este presente trabajo (ANEXO A)
 para la relación a/c de 0.60 a 0.80, según la tesis del Ing. Sergio Mamani A.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****2.1 METODO DE MEDICIÓN**

Es un método indirecto que nos permite hallar el Estado de Permeabilidad en el concreto mediante el ensayo de absorción total.

2.1.1 ENSAYO

Este ensayo consiste en medir el incremento de peso de la probeta, debido a la penetración de agua en la masa de concreto, lo cual indicará el grado de absorción total que alcanza la muestra a ensayar.

Este grado de absorción total, es el que caracteriza el comportamiento del concreto, en el momento que entra en contacto con el agua; esto es lo que denominamos **Estado de Permeabilidad**.

2.1.1.1 MUESTRA

Las muestras de ensayo son de forma cilíndrica de 150mm. de diámetro y 300mm. de altura, llamados probetas de concreto endurecido.

Las muestras serán confeccionados del concreto fresco diseñados para cada relación agua/cemento. La obtención de la muestra será recién después de los 28 días de curado bajo el agua por inmersión natural.

Para efectuar los ensayos (Absorción total de agua) de las muestras, se han preparado 14 muestras de las dimensiones indicadas para cada relación agua/cemento: 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55 cuyo código son R1, R2, R3 y R4 respectivamente.

Las muestras hacen un total de 56 probetas de concreto endurecido para su respectivo ensayo en el equipo fabricado.

2.1.1.2 EQUIPO

El equipo es una nueva propuesta de diseño, fabricación y medición, el cual nos sirve para poder efectuar el ensayo de Absorción total de agua en la muestra, y debe cumplir con las condiciones siguientes:

- Posibilitar la aplicación del agua bajo presión sobre la muestra en toda su superficie dentro del equipo.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

- Debe existir la posibilidad de aumentar, mantener e interrumpir la acción de agua bajo presión.
- No debe existir fuga del agua bajo presión del interior al exterior en el equipo para no permitir que baje la presión.

Los dispositivos/utensilios de ensayo comprenden:

1.- Un **tanque rectangular** que está formado por:

- . Una placa inferior cuadrada de 45cm. x 45cm., cuyo espesor será de 1/4".
- . 4 placas laterales rectangulares de 40 cm. de altura, por 45cm. de base.
- . Una brida inferior (anillo cuadrado que rodea la parte superior del tanque).
- . Una brida superior (placa cuadrada de 55cm. x 55cm.), que sirve como tapa para el tanque.
- . Una empaquetadura que va entre las bridas inferior y superior para evitar la fuga de agua.
- . 12 pernos de 3/8" de diámetro para asegurar las bridas.

2.- Dos válvulas de purga, uno para evitar aire dentro del tanque (completamente lleno de agua), y el otro para cerrar y mantener el agua bajo presión (7m.H₂O)

3.- Un manómetro en el tanque, para medir la presión.

4.- Un compresor de aire, para someter a presión el agua.

5.- Una manguera de 1/2" de diámetro, para unir el tanque y el compresor de aire.

6.- Un recipiente y una cocina eléctrica, para secar las muestras.

7.- Balanza de 20Kg. con exactitud de medida de 1gr.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****2.1.1.3 PROCEDIMIENTO**

El procedimiento para el ensayo de las muestras es el siguiente :

- En primer lugar secamos las 4 primeras muestras, una de cada relación de agua/cemento cuyos códigos de las muestras son : R1.1, R2.1, R3.1 y R4.1 . El secado se puede hacer en un horno eléctrico a las 24 horas o, en una cocina eléctrica hasta secar las muestras. La muestra estará seca cuando su peso se mantenga constante en varias mediciones.

Pesamos en la balanza de 20 Kg. y anotamos el peso seco de la muestra que nos interesa.

- Una vez secas las 4 muestras, procedemos a colocarlos en el equipo de ensayo (tanque), separadas unas de otras una distancia de 6mm. centrando las muestras en el interior del equipo.

- Hechamos totalmente de agua potable (limpia) el tanque; luego tapamos uniendo las dos bridas (superior e inferior) con los 12 pernos de 3/8" de diámetro. Abrimos las válvulas para sacar todo el aire interior del tanque (burbujas de aire).

- Una vez que está totalmente lleno de agua el tanque, cerramos la válvula que nos sirve para sacar todo el aire del tanque. Una vez hecho la anterior operación, empezamos con el compresor de aire a someter el agua bajo presión, hasta una presión de 7m. de H₂O que nos indica el manómetro.

Enseguida cerramos la otra válvula que está unida con la manguera para mantener el agua bajo presión (7m. de H₂O) en un tiempo de 24 horas.

- Luego bajar la presión a 0m H₂O, sacar y secar con una franela suavemente las muestras para su respectivo peso en la balanza.

- A continuación repetir los anteriores pasos para las otras muestras.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**

Cuando se trata de conseguir un buen concreto son múltiples y variados los medios para influir en las propiedades del concreto el obtenerlo y que contribuyen a que el concreto sea permeable. Son varios los factores que afectan la permeabilidad del concreto y se dividen en tres grupos :

- a. La influencia de los materiales constituyentes.
- b. El efecto de los métodos de preparación del concreto.
- c. La influencia del tratamiento posterior del concreto.

En general cuando en un concreto existe un factor que tiende a mejorar la resistencia del concreto entonces ello contribuirá a un efecto beneficioso sobre la impermeabilidad.

Por lo tanto el mejorar la calidad de los materiales es menos permeable el concreto, todos estos factores se muestran en el siguiente cuadro N° 2.02.

3.1 DOSIFICACION : MATERIALES CONSTITUYENTES**a. CEMENTO**

Es un material que al adicionarle una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante que se endurece tanto en aire como bajo agua.

Al formarse la pasta de cemento, la permeabilidad varía con el progreso de la hidratación en una pasta fresca, el fluido del agua se controla por el tamaño, forma y concentración de los granos de cemento.

La permeabilidad del concreto será más baja cuando mayor es el contenido de cemento. Cuando el cemento es grueso tiende a producir una pasta con alta porosidad que un cemento fino y por lo tanto es más permeable.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

El tipo de cemento también afecta a la permeabilidad e influye en el proceso de hidratación; el más rápido endurecimiento del cemento y la edad temprana con el que la permeabilidad, es reducida a algún valor deseable.

Ensayos e investigaciones indican, en cambio, que la capacidad de duración del concreto es menor cuando se emplea cemento finamente molido.

Dentro de los procedimientos y tecnología norteamericana se ha hecho una clasificación de 5 tipos de cemento, y el Tipo II es el cemento más usado corrientemente porque posee cualidades propias : son más resistentes al ataque de sulfatos y algo menos de generación de calor, debido a la menor finura de molido está menos sujeto a la exudación , tiene más docilidad y menos permeabilidad.

b. AGUA

En concretos buenos se exige que el agua de amasado sea regularmente limpia y exenta de cantidades perjudiciales de limo, materia orgánica, alcalis, sales y otras impurezas.

En la preparación de su empleo en el concreto, el agua de corrientes que llevan una cantidad excesiva de sólidos en suspensión deben permanecer en estanques de sedimentación o ser clasificada por otros medios.

c. AGREGADOS

Son uno de los materiales constituyentes en los cuales se debe tener cuidado porque su porosidad y el volumen que ocupan dentro del concreto, alrededor del 70%, afectan la permeabilidad.

La granulometría del agregado no influye en forma apreciable en la resistencia, pero cuando se desea que el concreto sea impermeable, es conveniente y necesario que los agregados estén bien graduados pues así se consigue una mejor compacidad y se facilita la consolidación. La importancia de la porosidad es debida a su influencia sobre las otras propiedades del agregado y el papel que desempeña en la permeabilidad del concreto.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Como criterio general puede indicarse que las características de los poros determinan el volumen de agua absorbida por el agregado, la velocidad de absorción el área superficial interna de las partículas, así como la porción de su volumen de masa que es ocupada por materia sólida.

La adherencia de la pasta de cemento a las partículas de agregado está determinada por las propiedades de la superficie del mismo. Tanto la rugosidad como las características de los poros de la zona superficial afectan la textura superficial y la bondad de la adherencia con la pasta de cemento. Si los poros presentan características que no favorecen la penetración de las partículas de la pasta, no se obtendrá una buena adherencia. La permeabilidad está controlada por el tamaño y la continuidad de los poros del agregado.

Los agregados deben de ser sanos y de baja porosidad, porque un agregado adecuadamente graduado es a veces más importante desde el punto de vista de la impermeabilidad que desde el punto de vista de la resistencia y más importante que el suficiente material fino que se ha usado.

d. RELACION AGUA/CEMENTO

La relación agua/cemento es uno de los factores más importante en la obtención de un concreto que tenga un mínimo de permeabilidad. En pastas hidratadas a un mismo grado, la permeabilidad disminuye al bajar la relación agua/cemento; generalmente es alto el contenido de cemento de la pasta.

En una pasta, la relación agua/cemento baja es indispensable; en opinión del comité ACI, para secciones delgadas no es conveniente pasar de 0.49 en peso y en secciones medianas de 0.53. Para secciones de concreto en masa, generalmente basta que la capa exterior, sean de relación agua/cemento bajo igual a 0.53. Tener en cuenta que las relaciones agua/cemento, para ciertas condiciones de exposición, puede ser necesario una relación agua/cemento, menor que la necesaria para la impermeabilidad.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Se ha observado que conforme aumenta el tamaño del agregado se debe de emplear una pasta de menor relación agua/cemento para lograr la misma impermeabilidad, probablemente esto es debido a que debajo de los agregados de mayor tamaño tienden a acumularse mas vacíos de aire y agua no combinada. En la pasta de cemento, puesto que la porosidad capilar decrece con la edad , la permeabilidad disminuirá también.

3.2 CONSOLIDACION

Para lograr una consolidación, es imprescindible ver que sistema es el más adecuado, para lograrlo, dependerá de la aptitud de compactación del concreto que a su vez es función de la cantidad de agua de amasado, de la granulometría y de la forma del grano del agregado, así como de la cantidad de cemento cuanto más espeso e indeformable sea un concreto fresco tanto más enérgico ha de ser el trabajo de compactación; cuando más blando y plástico sea el concreto, tanto menor será el trabajo de compactación pero puede tener tantos inconvenientes, que incluso puede dar lugar a segregaciones.

La permeabilidad es muy sensible a la falta de homogeneidad del concreto y a los defectos pequeños que halla en el proceso de consolidación, esto no afectaría la resistencia mecánica en una forma que sea notable, cuando la consolidación se realiza de una manera insuficiente puede ser causante en la baja de la resistencia del concreto en forma apreciable; a la mitad para porcentajes de vacíos del orden del 10%, siendo la permeabilidad mucha más sensitiva a éstos vacíos, es necesario tener en cuenta entonces la enorme importancia que tiene una buena consolidación.

En concretos cuyos asentamientos son de 8cm. o menor, si se desea lograr una alta impermeabilidad, la vibración es indispensable.

Al ejecutar otras operaciones tales como mezclado, transporte y vertido, si son hechos en forma defectuosa ocasionará en el concreto una falta de uniformidad y segregación, y esto para lograr impermeabilidad es apreciable.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Por consiguiente todas las operaciones a realizar deben ejecutarse con cuidado y precisión, especialmente en la consolidación.

De todo lo anterior mencionado, se puede decir que cuando una mezcla de concreto es más seca, la consistencia con que un concreto se pone en obra, tanto más se puede mejorar la compacidad, a su vez la impermeabilidad de su pasta de cemento y la resistencia del concreto endurecido, cuando se le aplica un intenso apisonado o vibrado.

El efecto de la vibración en el concreto fresco, tiene la cualidad de anular o disminuir el rozamiento manteniendo las partículas de los agregados separados durante cortos intervalos de tiempo, en estos intervalos ellas pueden desplazarse y apretarse.

El resultado es que con el vibrado un concreto plástico o aún seco puede trabajarse como si fuera fluido.

3.3 CURADO

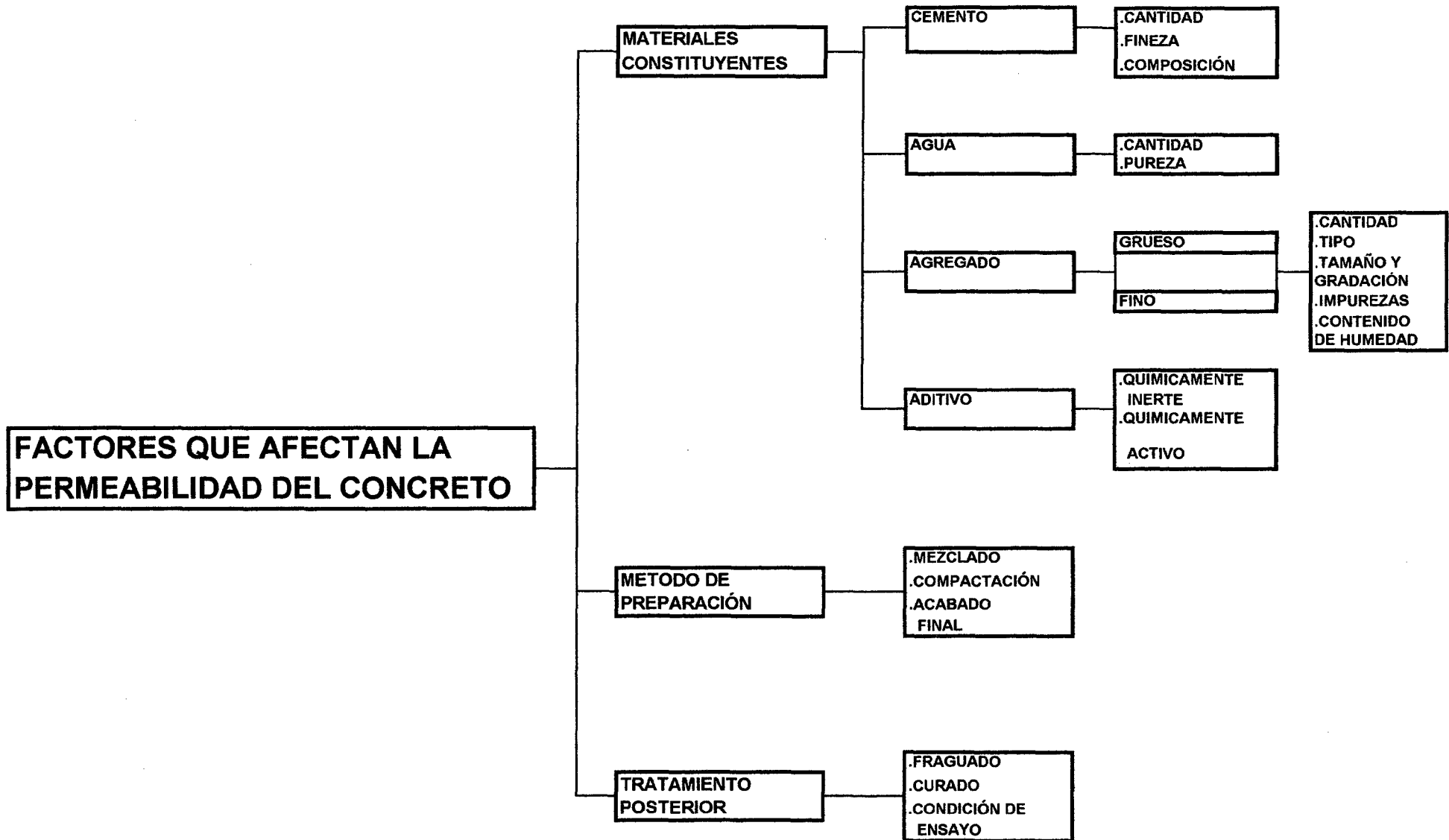
Es uno de los factores importantes, el contenido de agua del concreto fresco es bastante mayor del necesario para la hidratación del cemento. Sin embargo una pérdida apreciable de esta agua, por evaporación o de otra forma, después de haber tenido el fraguado inicial, retrasará o impedirá la completa hidratación.

El objetivo de un buen curado, es el de impedir o reintegrar la pérdida de humedad necesaria durante la etapa inicial, relativamente breve de hidratación.

El lograr un curado adecuado, que permita una buena hidratación y disminución de la cantidad y tamaño de los vacíos debidos al agua no combinada, tiene una importancia decisiva para conseguir impermeabilidad; el efecto del curado, como sucede con los otros factores analizados, tiene mucho más importancia en ésto que en la resistencia mecánica.

Pruebas realizadas en referencia a la Presa Boulder en E.U. se observó que un concreto curado durante 6 meses era 400% más impermeable que otro curado en un mes; mientras tanto, el aumento de resistencia mecánica en períodos de tiempos similares, para elementos normales, es del orden de 30% o 40%. Elemento de juicio suficiente para destacar la gran importancia del curado en la impermeabilidad.

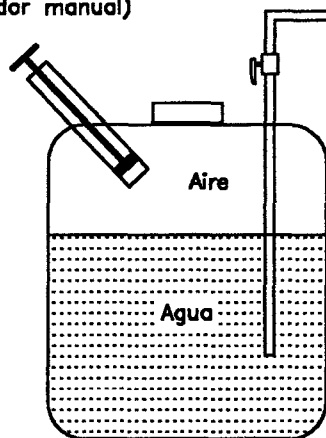
CUADRO No 2.02



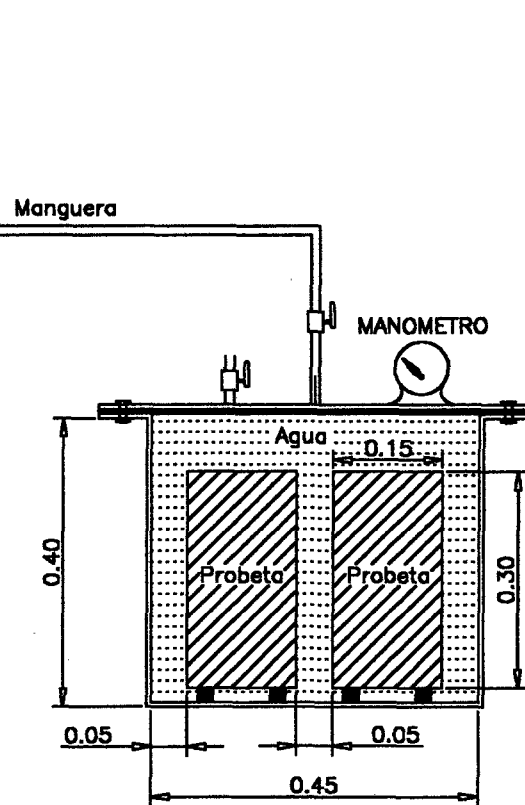
Grafica 2.2

EQUIPO DE ABSORCION TOTAL DE AGUA A PRESION *
(ESQUEMA DEL ENSAYO)

COMPRESOR DE AIRE
(inflador manual)



SISTEMA DE PRESION



TANQUE DE INMERSION DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

(capacidad : cuatro probetas)

SUS COMPONENTES DEL TANQUE SON:

- VALVULA DE PURGA
- MANOMETRO
- CONEXION TANQUE-MANGUERA (ϕ 1/2"
- SISTEMA DE SIERRE

Brida superior en la tapa (e=1/4")

Empaquetadura de jebes (e=1/4")

Brida inferior en el cajón (e=1/4")

12 pernos (ϕ 3/8x1")

- SOPORTE PARA PROBETAS (ϕ 1/2")

Notas:

- El tanque consiste en una caja metalica de 45x45cm. de base y 40cm. de altura, elaborado con planchas de acero de espesor 1/4"
- Las medidas que se denotan en el dibujo estan dadas en metros (ESC 1:10)

(*) Equipo diseñado y fabricado por:

Bach. Sergio Mamani Avendaño

Bach. Adolfo Suárez Leyva

Bach. Jorge Arce Pomalía

Bach. Iván Quijano Uribe

Ing. Carlos Barzola Gastelú

PROP. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
PLANO:	EQUIPO DE ABSORCION TOTAL DE AGUA A PRESION (esquema de ensayo)		
PROYECTO/TIPO:	ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD PARA CONCRETOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA, UTILIZANDO EL CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL Nueva Propuesta de diseño, fabricación y medición		
REVISOR:	ING. C. BARZOLA	INGENIERO:	A. SUAREZ L.
ESCALA:	1:10	FECHA:	ENERO '97
			P-1

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

1. CEMENTOS

1.1 GENERALIDADES

Los cementos son polvos finos que se obtienen de la materia prima, compuesta por calizas, arcillas, mineral de hierro y otros minerales, que al ser llevados a su respectiva trituración y cocción a temperaturas altas (1400-1450°C) se obtiene una mezcla intermedia denominada CLINKER, que al molerse con un pequeño porcentaje de yeso (5%), para regular la fragua y así obtener el cemento.

El clinker es un producto obtenido por cocción hasta la fusión parcial, proceso denominado clinkerización, de la materia prima (dosificada y homogenizada, que se componen de elementos minerales principales de Oxido de Calcio C_2O , Sílice SiO_2 , Alúmina Al_2O_3 y Hierro). La mezcla se obtiene en general a partir de productos naturales de cantera (caliza como aportadora de Calcio, arcilla para el Silicio y el Aluminio, la Pirita o hematita para el Hierro, etc.).

En el proceso denominado clinkerización, se producen cuatro nuevos compuestos mineralógicos principales en el clinker: El Silicato Tricálcico (C_3S), Silicato Bicálcico (C_2S), Aluminato Tricálcico (C_3A) y Ferro-Aluminato Tetracálcico (C_4AF); estos compuestos son los que le dan las características de comportamiento, al clinker obtenido de las materias primas utilizadas en cada fábrica de cemento.

CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland se define como el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de Sulfato de Calcio. Admitiéndose la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total, siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****1.2 CLASIFICACION**

Los cementos Portland, abarcan una gama diferenciada de productos, a base del clinker del Portland, su clasificación y nomenclatura se establece de acuerdo a sus cualidades y usos.

El cemento Portland propiamente dicho, se produce en cinco tipos que responden a diferentes requerimientos constructivos.

De acuerdo a las Normas: nacionales Normas Tecnicas Peruanas (NTP) y a las internacionales ASTM, los cementos están clasificados en dos grandes grupos:

1.2.1 CEMENTOS PORTLAND COMUNES

Está compuesto por cinco tipos :

TIPO I, normal : Es el cemento Portland destinado a obras, de concreto en general, no se requieren propiedades especiales.

TIPO II, de moderada resistencia a los sulfatos : Es el cemento Portland destinados a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado.

TIPO III, de alta resistencia inicial : Es el cemento Portland del cual se requiere alta resistencia inicial.

TIPO IV, de bajo calor de hidratación : Es el cemento Portland del cual se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V, resistente a los sulfatos : Es el cemento Portland del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.

1.2.2 CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS

Se obtienen por la mezcla del clinker Portland con los materiales de adición y yeso, dentro de los límites especificados por las normas.

Estos materiales adicionados y reemplazar parte del cemento tienen la particularidad de cambiar alguna de las propiedades, como el de incrementar la permeabilidad, mayor cohesividad, mayor capacidad para retener agua, menor calor de hidratación, mejor comportamiento al ataque químico, etc.

Se dividen en 2 tipos principales :

a.- Cemento Portland Puzolánico de Escoria Tipo IS

Es el cemento Portland que representa un porcentaje adicionado entre un 25% a 70% de escoria. Sirven para los mismos usos del cemento Portland Tipo I, y especial para obras de cemento armado subterráneo, todo tipo de aguas agresivas (agua de mar), y todo tipo de obras hidráulicas. Fue fabricado por Cementos Pacasmayo.

Se emplea también para ciertos pavimentos y estabilización de suelos.

b.- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP

Es el cemento Portland que representa un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% a 45% del peso total. Son para uso general en la construcción, especialmente para obras que requieren resistencia a las aguas agresivas (aguas negras, de mar, etc.) y obras de grandes masas de concreto.

En el cuadro N^o 3.01 se muestran los componentes de los cementos adicionados en porcentajes :

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO No 3.01

COMPONENTES DE LOS CEMENTOS ADICIONADOS EN (%)

COMPONENTES/TIPOS	IS	ISM	IP	IPM
CLINKER	75 – 35	> 75	85 - 55	> 85
ESCORIA	25 – 65	< 25	----	----
PUZOLANA	----	----	15 - 45	< 15

1.3 CARACTERISTICAS FISICAS

a.- PESO ESPECIFICO

Para determinar el peso específico, la NTP 334.005, establece el método de ensayo por medio de un frasco volumétrico de Le Chatelier.

Se define como la relación de la masa de un volumen unitario de un material a una temperatura determinada, a la misma masa del mismo volumen de agua destilada libre de aire. Es muy importante su determinación para el control y diseño de mezcla.

b.- CONSISTENCIA NORMAL

Se determina de acuerdo a la NTP 334.006.

Se considera que una pasta tiene una consistencia normal cuando, para un porcentaje dado de agua se obtiene una penetración de 10mm. en 10 seg. con la varrilla del aparato de Vicat.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****c.- FRAGUADO**

Se determina de acuerdo a la NTP 334.006.

El tiempo de fraguado se puede determinar con la aguja de Vicat o de Gillmore. El método de la norma es utilizando el aparato de Vicat.

Es el paso del estado fluído al estado sólido. Se entiende que la pasta de cemento ha fraguado cuando está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida.

d.- RESISTENCIA A LA COMPRESION

El ensayo lo determina la NTP 334.051. El valor de la resistencia a los 28 días, se considera como la resistencia representativa del cemento.

Es una de las características físicas que define la capacidad del cemento para soportar esfuerzos sin falla.

La velocidad del desarrollo de la resistencia a la compresión es mayor durante el período inicial de endurecimiento y tiende a disminuir gradualmente en el tiempo.

e.- SUPERFICIE ESPECIFICA

Se determina de acuerdo al ensayo de Permeabilidad al Aire de Blaine, descrito en la Norma ITINTEC 334.002. Los valores Blaine se calculan a partir de la permeabilidad al aire de una capa de cemento de peso determinado compactados en condiciones dadas. Esta capa de cemento opone al paso de aire una resistencia que es tanto mayor cuanto más elevada es la superficie específica del cemento.

La superficie específica se define como la suma de las áreas superficiales en cm^2 de las partículas asumidas esféricas, contenidas en un gramo de cemento.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

La superficie específica es el índice de finura del cemento, de su grado de molienda. Cada tipo de molienda produce una composición granulométrica diferente y por ende una superficie específica diferente.

Influye sobre la trabajabilidad y los requisitos de agua en la mezcla. Aumentando la finura o fineza del cemento, se mejora su calidad, hay mayor rapidez y eficacia en la reacción con el agua, ya que aumenta la superficie de contacto agua/cemento, quedando menores cantidades de cemento sin hidratar.

f.- ESTABILIDAD DE VOLUMEN

El ensayo se determina, de acuerdo a la NTP 334.004.

Indica la existencia de agentes expansivos en el cemento, es la medida de la expansión potencial, generalmente debido a la cal libre no determinadas en el análisis químico.

1.4 CARACTERISTICAS QUIMICAS

Por medio del análisis químico del cemento Portland se encuentran sus óxidos principales.

En base a los óxidos principales se hace el cálculo de los compuestos del cemento; y son los siguientes :

Cal	CaO
Sílice	SiO ₂
Alúmina	Al ₂ O ₃
Hierro	Fe ₂ O ₃

En base a éstos óxidos se calculan los compuestos principales del cemento, según el método generalizado el del químico BOGUE, que se muestran en el siguiente cuadro N° 3.02 :

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO N° 3.02

COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND

COMPUESTOS PRINCIPALES	SILICATO TRICALCICO	SILICATO DICALCICO	ALUMINATO TRICALCICO	ALUMINO-FERRITO TETRALCICO
FORMULA	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
ABREVIATURA	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
%	40 - 65	10 - 30	7 - 15	4 - 5

COMPUESTOS PRINCIPALES

Son los que dan las características de comportamiento al clinker, y por lo tanto definen el comportamiento del cemento hidratado . Ellos son :

a.- SILICATO TRICALCICO

Define la resistencia inicial en la primera semana, tiene importancia en el calor de hidratación. Su contenido en el clinker, varía entre un porcentaje del 40 y 65%.

b.- SILICATO DICALCICO

Define la resistencia a largo plazo, con poca incidencia en el calor de hidratación, se encuentra entre un porcentaje del 10 y 30% del total de la composición.

c.- ALUMINATO TRICALCICO

En forma aislada no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento, actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso (3 a 6%) para controlarlo.

Disminuye la resistencia del cemento a los sulfatos, al reaccionar con estos se produce sulfoaluminatos, con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

d. - ALUMINO-FERRITO TETRACALCICO

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y en forma secundaria en el calor de hidratación. Puede llegar a estar entre el 4 a 5% en la composición del clinker.

Además de los compuestos principales, para completar el análisis se incluyen los llamados compuestos secundarios : Estos compuestos se verán en el cuadro N^o 3.03, a continuación :

CUADRO N^o 3.03

COMPUESTOS SECUNDARIOS DEL CEMENTO PORTLAND

COMPUESTOS SECUNDARIOS	FORMULA	ABREV.
Oxidos de Potasio y Sodio	$K_2O.Na_2O$	----
Oxido de Magnesio	MgO	----
Oxidos de Manganeso y Titanio	$Mn_2O_3.TiO_2$	----
Perdida por Calcination	----	PC
Residuo Insoluble	----	RI

La variación de los compuestos es muy grande, el ASTM para el Cemento Portland Tipo I de uso general, no da límites de compuestos, o sea se considera que, si un cemento satisface las pruebas físicas y está dentro de los requerimientos químicos, sus óxidos principales y sus compuestos pueden tener cualquier valor; en caso de otros tipos de cemento dá ciertos límites en algunos óxidos y compuestos.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Las características Físicas y Químicas para el Cemento Portland Tipo I-Sol, proporcionadas por el fabricante, y también por las Normas ASTM y NTP, se muestran en los cuadros N^os. 3.04 y 3.05 siguientes :

CUADRO N^o 3.04

**CARACTERISTICAS FISICAS DEL CEMENTO PORTLAND
TIPO I I SOL**

CARACTERISTICA FISICA	TIPO I - SOL	REQUISITO ASTM C - 150
Peso Específico en gr/cm ³	3.11	
Fineza Malla 100 en %	0.04	
Fineza Malla 200 en %	4.14	
S. Especifica Blaine en cm ² /gr	3.48	Máximo 2,800
Contenido de aire en %	9.99	Máximo 12
Expansión Autoclave en %	0.18	Máximo 0.8
Fraguado Inicial Vicat hr: min	1:49	Mínimo 0:45
Fraguado Final Vicat hr: min	3:29	Máximo 6:15
f _c a 3 Días en Kg/cm ²	254	124(12.4MPa)
f _c a 7 Días en Kg/cm ²	301	193(19.3MPa)
f _c a 28 Días en Kg/cm ²	357	276(27.6MPa)*
Calor de Hidrat. 7 Días en cal/gr.	70.6	Máximo
Calor de Hidrat. 28 Días en cal/gr.	84.3	Máximo

Fuente : Información proporcionada por el fabricante
(*) : Requisito opcional

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO N° 3.05

**CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL CEMENTO PORTLAND
TIPO I – SOL**

CARACTERISTICA QUIMICA	FORMULA	TIPO I – SOL en %	REQUISITO ASTM C – 150 en %
Oxido de Calcio	CaO	63.20	
Diodo de Silicio	SiO ₂	19.79	Min. : ...
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	6.15	Max : ...
Oxido Férrico	Fe ₂ O ₃	2.82	Max : ...
Oxido de Potasio	K ₂ O	0.96	
Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.28	
Oxido de Azufre	SO ₃	2.58	C ₃ A<=8 max: 3 C ₃ A>8 max: 3.5
Oxido de Magnesio	MgO	3.16	Max :6.00
Cal libre		0.52	
Perdidas por Ignición		0.80	Max :3.00
Residuos insolubles		0.62	Max :0.75
Silicato Tricálcico	C ₃ S	54.18	Max : ...
Silicato Bicálcico	C ₂ S	15.87	Max : ...
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	11.53	Max : ...
Ferro Aluminato Tetracálcico	C ₄ AF	8.57	Max : ...

Fuente : información proporcionada por el fabricante
Max, Min. : Máximo, Mínimo

2. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

2.1 GENERALIDADES

Se define como agregado fino, al material proveniente de la desintegración natural y/o artificial de rocas, que pasa por el tamiz 3/8" (9,52 mm.) y es retenida en el tamiz N° 200 (0,074mm.). Según la NTP 400.011 .

Para el presente estudio de investigación, el agregado fino utilizado proviene de la **Cantera de Jicamarca**, depósito con material producto de la meteorización de rocas intrusivas intermedias, principalmente de origen volcánico, los andesíticos.

Se localiza a la altura de la Refinería de Cajamarquilla, Distrito de Lurigancho Chosica, Provincia y Departamento de Lima.

El material extraído natural, que pasa por el tamiz 3/8" (9.52mm.), a sido sometido al proceso de lavado obteniéndose un material cuyas características físicas son las que se muestran en los ensayos que a continuación describiremos :

2.2 CARACTERISTICAS FISICAS

2.2.1 GRANULOMETRIA

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños, conocido también como análisis granulométrico.

Es una de las características físicas que tiene influencia en las propiedades del mortero y por ende en la calidad del concreto.

El requerimiento granulométrico de la arena se especifica en el Reglamento Nacional de Construcción en conformidad con la Norma ASTM C-33 .

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO :**

- Se pesan 500gr. de una muestra elegida del material.
- Limpiar y verificar el orden de colocación de las mallas.
- Tapar y encender la zaranda por 90 seg. de zarandeo.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una de ellas, anotando estos datos.
- Luego, realizar los cálculos y resultados obtenidos como se muestran en el cuadro N° 3.06 .

Asímismo para su mejor interpretación y verificación de los límites (husos) establecidos según la Norma ASTM C-33, se representa gráficamente en un sistema coordinado semilogarítmico que permita apreciar la distribución acumulada. (ver gráfico adjunto al cuadro N° 3.06) .

2.2.2 MODULO DE FINURA

Se define al módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie standard, hasta el tamiz N° 100, y esta cantidad se divide entre 100.

Este valor obtenido que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de las partículas de una cierta distribución granulométrica, nos sirve también para caracterizar cada agregado independiente o la mezcla de ambos juntos (arena y piedra) .

El módulo de finura obtenido en el ensayo se muestra en los cuadros N° 3.06 y N° 3.11

2.2.3 PESO ESPECIFICO

Se define como el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos sin considerar los vacíos entre ellos.

Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 Kg./m³.

Se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 127.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO (Método del Balón)

- Tomar una muestra del material de aproximadamente 3Kg.
- Remojar el material elegido por 24 horas.
- Al día siguiente escurrir el agua y esparcir sobre la mesa para que sea secado superficialmente al medio ambiente.
- Para saber si está saturado superficialmente seco (s.s.s.), echar en un molde tronco conico metálico apisonado con 25 golpes sin compactar el material, si al levantar el molde la muestra queda exacto al modelo del molde, entonces le falta secar, si en cambio queda desmoronado, entonces a secado demasiado, y si quedara desmoronado parcialmente y de punta significa que ya está s.s.s.
- Pesar 500gr. de la arena s.s.s y echarlo en un balón de vidrio para determinar su volumen por desplazamiento.
- Pesar el balón con la arena s.s.s.
- Echar al balón agua hasta la medida de 500ml., luego agitar para eliminar vacíos.
- Pesar el balón mas arena s.s.s. mas agua.
- Colocar al horno hasta que se evapore todo el agua y la arena se seque.
- Al día siguiente pesar la muestra secada al horno.
- Luego realizar cálculos y obtener resultados, como las que se muestran en el cuadro No 3.07 .

2.2.4 PORCENTAJE DE ABSORCION

La absorción se define como la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, permeabilidad, etc. Refleja mucha importancia en el concreto reduciendo el agua en el diseño de mezcla, e influye en las propiedades de la resistencia y la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla presente y efectuar las correcciones que sean necesarias.

Su valor numérico se determina, entre su contenido de humedad en el estado s.s.s. del material dividido entre el peso seco de la muestra; se expresa como porcentaje del peso seco. Este valor puede ser determinado a partir de los datos del ensayo del peso específico y su valor se muestra en el cuadro No 3.07

2.2.5 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Se define como el cociente entre el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, estas influyen por la manera como se acomodan, lo que lo convierte en un parámetro relativo. El peso unitario compactado se emplea en algunos casos para estimar las proporciones entre agregados y el peso unitario suelto para hacer las conversiones de dosificaciones de mezcla en volumen.

Para agregados normales, su valor oscila entre 1500 a 1700 Kg./m³.

Se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 29

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

- Limpiar y secar el balde de $(1/10) \text{ pie}^3$.
- Se llena el balde con el material, se enrasa y pèsa para el cálculo de peso unitario suelto.
- Se llena el balde con el material en tres capas aplicando 25 golpes por cada capa con una varilla de 5/8 de pulgada el diámetro y de 60 cm. su longitud con punta redondeada, se enrasa y pesa para obtener el cálculo de peso unitario compactado.
- Pesar el balde metálico utilizado.
- Para determinar el volumen o capacidad del balde empleado, se le llenará con agua y se pesará. Su volumen se determina obteniendo el peso de agua contenida.
- Ejecutar los cálculos de los pesos unitarios suelto y compactado como se muestran en el cuadro N^o 3.08 .

2.2.6 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se define como la cantidad de agua que retiene el material en su estado natural en un determinado momento. Es una característica física importante, pues contribuye al incremento del agua en la mezcla del concreto, por eso así como la absorción es necesario tener en cuenta para las correcciones en el diseño de mezclas.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Pesar 500gr. del material en su estado natural.
- Secar al horno un tiempo de 24 horas.
- Al día siguiente pesar la muestra seca y determinar la cantidad de agua en la muestra por diferencia de peso. Se expresa en porcentaje del peso seco.
- Luego realizar los cálculos y el resultado obtenido como se muestra en el cuadro N^o 3.09 .

2.2.7 MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200

Su determinación se da el porcentaje de material muy fino de arcilla, limo, etc. que existe en la muestra elegida del agregado. Disminuyen la resistencia del concreto los valores muy altos, debido a que afectan a la adherencia entre los agregados y la pasta, consumiendo mayor cantidad de agua.

Su valor se determina realizando cálculos como se muestran en el cuadro N° 3.10 .

3. PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO

3.1 GENERALIDADES

Se define como agregado grueso al material que es retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm.), proveniente de la desintegración natural ó mecánica de las rocas.

Se determina de acuerdo a la NTP 400.011 .

El agregado grueso (piedra), estará formado por fragmentos cuyo perfil sea de preferencia angular o semiangular, resistentes, compactos, duros, limpios, de textura preferentemente rugosa y libres de material escamoso ó partículas blandas.

Para el presente estudio de investigación, el agregado grueso utilizado es procesado en la chancadora ANCIETA de la Empresa C+H UNION DE CONCRETERAS, ubicado en el distrito El Agustino.

La piedra proviene de la cantera LURIN, ubicada a la altura de la fábrica de explosivos EXSA; ex-fundo Sta. Genoveva, Distrito e Lurín, Provincia y Departamento de Lima.

El agregado empleado proviene de un depósito fluvial, de origen continental donde predominan las rocas de granodioríticas, dioríticas y andesíticas. Sus tamaños son de 1 1/2" hasta de 10" , donde serán chancadas y separadas en el proceso de selección en esta cantera, y éstas a su vez en la chancadora ANCIETA se reducen a un agregado que se ajusta al Huso N° 57 ASTM, cuyas características físicas son las que se muestran en los ensayos que a continuación describiremos.

3.2 CARACTERISTICAS FISICAS

3.2.1 GRANULOMETRIA

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Denominado también como análisis granulométrico.

Los agregados que no están dentro del huso a utilizar, se pueden ajustar, separando el material pasándolo por una malla intermedia en las proporciones debidas. No necesario que las curvas estén fuera del huso, lo que importa es que la combinación cumpla, porque es la que condiciona el resultado de la mezcla, y para esto es preferible que no esté muy desfasado del huso.

Los agregados en particular pueden ajustarse según el Diámetro Máximo Nominal, ya que existen 13 husos para los agregados.

También es importante utilizar agregados que permitan el mejor acomodo de las partículas, o sea bien graduados.

Existen dos definiciones importantes que debemos tener en cuenta para este ensayo, que son los siguientes:

- TAMAÑO MAXIMO

Es el menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.

- TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

Viene a ser el menor tamiz que produce el primer retenido o malla que pasa del 95 a 100% .

También existe otra definición, la cual utilizaremos en el ensayo. Viene a ser el diámetro del tamiz inmediato superior al que retiene el 15% o más en forma acumulada del material.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Se pesan 10 Kg. del agregado elegido a ensayar.
- Limpiar y verificar el orden dentro de la zaranda, las respectivas mallas.
- Encender la zaranda por 90 segundos de zarandeo.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una de ellas, anotando estos datos.
- Luego, realizar los cálculos y resultados obtenidos como se muestran en el cuadro N° 3.11 .

El error deberá ser de $\pm 1\%$ del peso inicial con respecto al peso obtenido en la sumatoria . Los porcentajes se calculan con el peso obtenido de la sumatoria, y se representan en una gráfica los porcentajes acumulados que pasan, con fines de mejor interpretación (ver gráfico adjunto al cuadro N° 3.11).

3.2.2 PESO ESPECIFICO

Se define como el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos sin considerar los vacíos entre ellas.

Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 Kg./m³.

Se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 128 .

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO (Método de la Balanza Hidrostática)

- Se pesan mas o menos de 6 Kg. de piedra.
- Remojar el material con agua por 24 horas (después de haber retirado aquellas que pasan por la malla N^o4).
- Al día siguiente escurrir el agua y esparcir la piedra sobre la mesa , luego se seca con una franela con el fin de tenerlo en condición saturado superficialmente seco (s.s.s) .
- Se pesan 5 Kg. de este material s.s.s.
- Se calibra la balanza hidrostática al aire, llenar de agua el recipiente, y pesar la canastilla dentro del agua, anotar el peso una vez que deje de gotear la salida del depósito de la balanza hidrostática.
- Luego se pesa el material dentro de la canastilla sumergida.
- Colocar el material pesado en una lata o recipiente y llevarlo al horno por 24 horas.
- Pesar la muestra secada al horno.
- Luego realizar los cálculos y resultados, como se muestran en el cuadro N^o 3.12 .

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****3.2.3 PORCENTAJE DE ABSORCION**

La absorción se define como la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas.

El fenómeno se produce por capilaridad, permeabilidad, etc.

Refleja mucha importancia en el concreto reduciendo el agua en el diseño de mezclas, e influye en las propiedades de la resistencia y la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla presente y efectuar las correcciones que sean necesarias.

Su valor se determina, entre su contenido de humedad en el estado s.s.s. del material dividido entre el peso seco de la muestra, se expresa como porcentaje del peso seco.

Este valor puede ser determinado a partir de los datos del ensayo del peso específico.

3.2.4 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Se define como el cociente entre el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, éstos influyen por la manera como se acomodan, lo que lo convierte en un parámetro relativo. El peso unitario compactado se emplea en algunos casos para estimar las proporciones entre agregados y el peso unitario suelto para hacer las conversiones de dosificaciones de mezcla en volumen.

Para agregados normales su valor oscila entre 1500 a 1700 Kg./m³.

Se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 29 .

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

- Limpiar y secar el balde de $(1/2) \text{ pie}^3$.
- Se llena el balde con el material, se enrasa y pesa para el cálculo del peso unitario suelto.
- Se llena el balde con el material en tres capas aplicando 25 golpes por cada capa con una varrilla de $5/8$ de pulgada el diámetro y de 60 cm. su longitud con punta redondeada, se enrasa y pesa para obtener el cálculo de peso unitario compactado.
- Pesar el balde metálico utilizado.
- Para determinar el volumen o capacidad del balde empleado, se le llenará con agua y se pesará. Su volumen se determina obteniendo el peso de agua contenida.
- Ejecutar los cálculos de los pesos unitarios suelto y compactado como se muestra en el cuadro N° 3.13.

3.2.5 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se define como la cantidad de agua que retiene el material en su estado natural en un determinado momento.

Es una característica física importante, pues contribuye al incremento del agua en la mezcla del concreto, por eso así como la absorción es necesario tener en cuenta para las correcciones en el diseño de mezclas.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Pesar 1000 gr. del material en su estado natural.
- Secar al horno un tiempo de 24 horas.
- Al día siguiente pesar la muestra seca y determinar la cantidad de agua en la muestra por diferencia de peso. Se expresa en porcentaje del peso seco.
- Luego realizar los cálculos y el resultado obtenido como se muestra en el cuadro N° 3.14.

CUADRO N° 3.06
GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

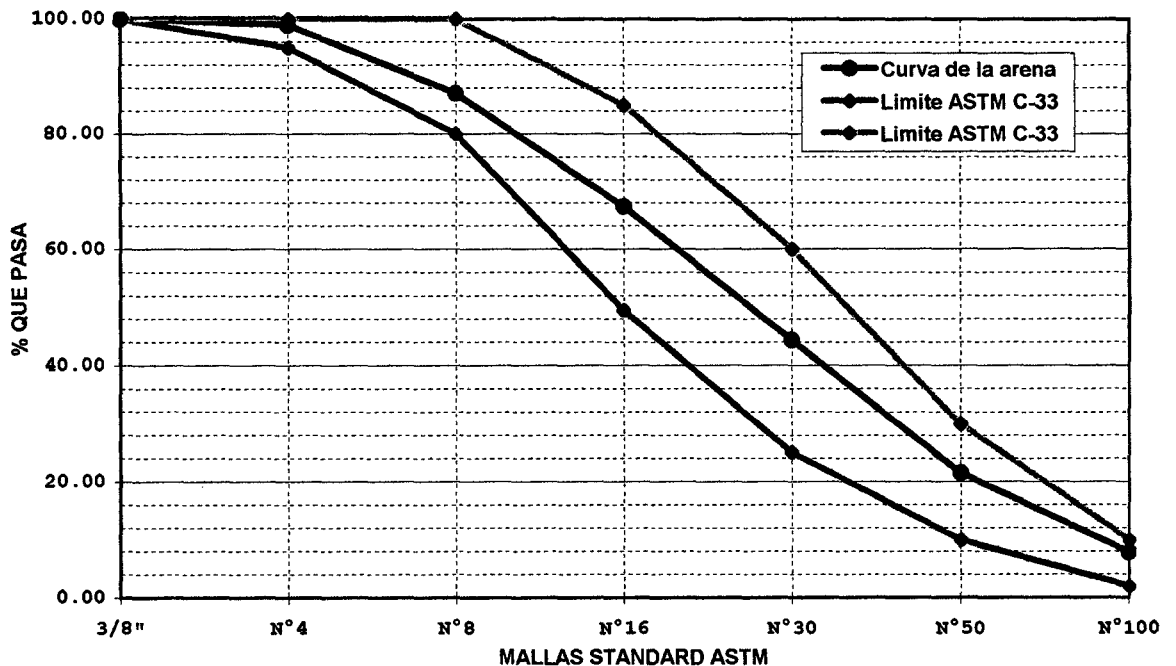
N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMUL. QUE PASA	ASTM C-33 % que pasa	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	5.30	1.06	1.06	98.94	95.00	100.00
N°8	59.50	11.90	12.96	87.04	80.00	100.00
N°16	98.40	19.68	32.64	67.36	49.50	85.00
N°30	114.90	22.98	55.62	44.38	25.00	60.00
N°50	114.30	22.86	78.48	21.52	10.00	30.00
N°100	68.30	13.66	92.14	7.86	2.00	10.00
FONDO	39.30	7.86	100.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	500.0	100.00				

MODULO DE FINURA De 2.3 a 3.1

M.F

2.73

GRAFICA N° 3.01
CURVA GRANULOMETRICA DE LA ARENA



CUADRO N° 3.07

PESO ESPECIFICO Y % DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO
Método del balón

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra sss + peso del balón + peso del agua	gr.	818,0	818,0	818,5
2.- Peso de la muestra sss + peso del balón	gr.	413,5	414,5	414,2
3.- Peso del agua ($W = 1 - 2$)	gr.	404,5	404,3	404,3
4.- Volumen del agua ($V = W/Pe.agua$)	cm ³	404,5	404,3	404,3
5.- Peso de la muestra secada al horno (A)	gr.	246,0	247,2	246,2
6.- Peso de la muestra sss (B)	gr.	250,0	250,0	250,0
7.- Volumen del balón	cm ³	500,0	500,0	500,0
8.- Volumen de la muestra ($V1 = 7 - 4$)	cm ³	95,5	95,7	95,7

Peso Especifico de la masa ($Pe = A / V1$)	gr./cm ³	2,58	2,58	2,59
Promedio	gr./cm ³	2,58		
Porcentaje de absorción (%) = $(B-A)/(A)*100$	%	1,60	1,10	1,50
Promedio	%	1,40		

CUADRO N° 3.08

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra suelta + balde 1/10p3	Kg	5,500	5,540	5,465
2.- Peso del balde 1/10p3	Kg	1,780	1,780	1,780
3.- Peso de la muestra suelta (W)	Kg	3,720	3,760	3,685
4.- Volumen del balde 1/10p3 (V1)	m ³	0,00283	0,00283	0,00283
Peso Unitario Suelto (PUS = W / V1)	Kg./m ³	1,314.5	1,328.6	1,302.1
PUS promedio	Kg./m ³	1,315		
DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra compactada + balde 1/10p3	Kg	6,340	6,340	6,475
2.- Peso del balde 1/10p3	Kg	1,780	1,780	1,780
3.- Peso de la muestra compactada (W)	Kg	4,560	4,560	4,695
4.- Volumen del balde 1/10p3 (V1)	m ³	0,00283	0,00283	0,00283
Peso Unitario Compactado(PUC = W / V1)	Kg./m ³	1,611.3	1,611.3	1,659.0
PUC promedio	Kg./m ³	1,627		

CUADRO N° 3.09

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra húmeda (W)	gr.	500,0	500,0	500,0
2.- Peso de la muestra secada al horno (A)	gr.	482,5	479,8	484,4
3.-Contenido de agua (B = W - A)	gr.	17,5	20,2	15,6
Contenido de Humedad (CH= B/A*100)	%	3,6	4,2	3,2
C.H. arena promedio	%	3,67		

CUADRO N° 3.10

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 DEL AGREGADO FINO (ARENA)

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra seca (W)	gr.	500,0	500,0	500,0
2.- Peso de la muestra seca tamizada (vía húmeda) (W1)	gr.	484,3	483,0	483,2
Material que pasa la malla N° 200 (W-W1)/(W)	%	3,14	3,40	3,36
promedio	%	3,30		

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

CUADRO N° 3.11

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMUL. QUE PASA	ASTM HUSO 57 % que pasa	
					Inf.	Sup.
1 1/2 "	0.0	0.00	0.00	100	100.00	100.00
1 "	19.2	0.19	0.19	99.81	95.00	100.00
3/4 "	1321.8	13.22	13.41	86.59	60.00	80.00
1/2 "	4619.9	46.20	59.61	40.39	25.00	60.00
3/8 "	1516.4	15.16	74.77	25.23	12.00	35.00
N° 4	2196.1	21.96	96.73	3.27	0.00	10.00
FONDO	326.6	3.27	100.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	10000.0	100.00				

MODULO DE FINURA DE 6.75 a 7.28

M.F

6.85

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

T.M.N

3/4"

TAMAÑO MÁXIMO

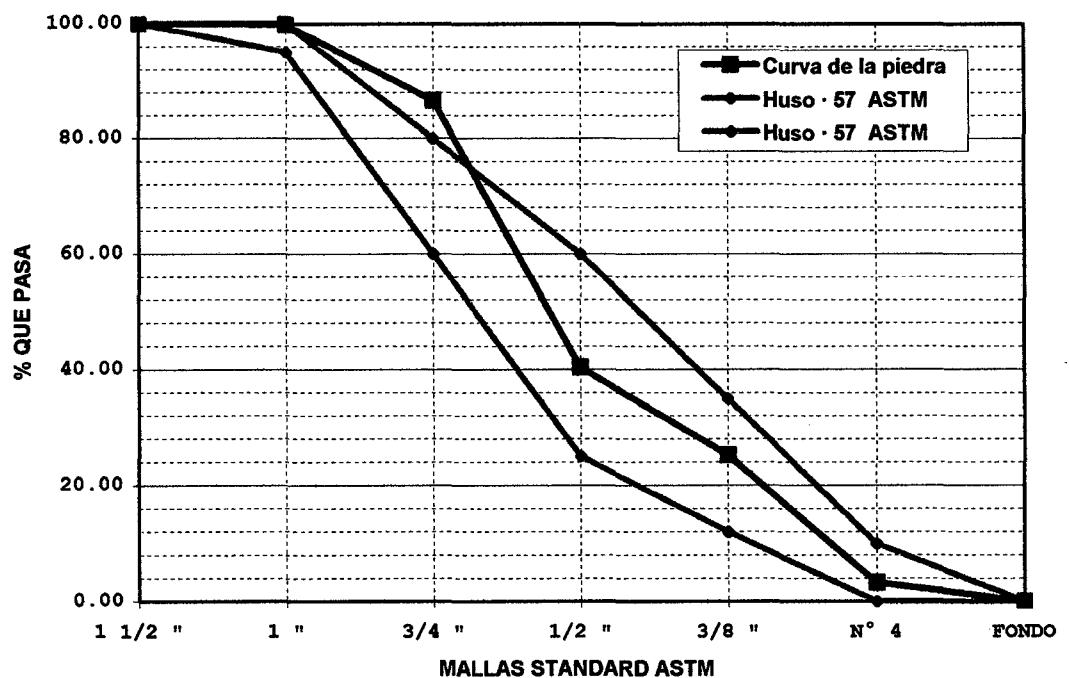
T.M

1"

T.M.N : La malla que produce el primer retenido.

T.M : La menor malla por la que pasa el 100 % .

**GRAFICA N° 3.02
CURVA GRANULOMETRICA DE LA PIEDRA**



CUADRO N° 3.12

PESO ESPECIFICO Y % DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO
Método de la Balanza Hidrostática

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra secada al horno (A)	gr.	4973,7	4977,8	4962,7
2.- Peso de la muestra sss (B)	gr.	5000,0	5000,0	5000,0
3.- Peso de la muestra sss dentro del agua + peso de la canastilla	gr.	3925,3	4002,7	3911,0
4.- Peso de la canastilla	gr.	741,3	742,7	743,0
5.- Peso de la muestra sss dentro del agua (C = 3-4)	gr.	3184,0	3260,0	3168,0
6.- Volumen de la muestra (V1 = B – C)	cm ³	1816,0	1740,0	1832,0
Peso Especifico de la masa (Pe = A / V1)	gr./cm ³	2,74	2,86	2,71
Promedio	gr./cm ³	2,77		
Porcentaje de absorción (%) = (B-A)/(A)*100	%	0,53	0,45	0,75
Promedio	%	0,58		

CUADRO N° 3.13

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra suelta + balde 1/2p3	Kg	27,705	27,620	28,050
2.- Peso del balde 1/2p3	Kg	7,630	7,630	7,630
3.- Peso de la muestra suelta (W)	Kg	20,075	19,990	20,420
4.- Volumen del balde 1/2p3 (V1)	m ³	0,014158	0,014158	0,014158

Peso Unitario Suelto (PUS = W / V1)	Kg./m ³	1,417.9	1,411.9	1,442.3
PUS promedio	Kg./m ³	1,424		

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra compactada + balde 1/2p3	Kg	29,670	29,680	29,430
2.- Peso del balde 1/2p3	Kg	7,630	7,630	7,630
3.- Peso de la muestra compactada (W)	Kg	22,040	22,050	21,800
4.- Volumen del balde 1/2p3 (V1)	m ³	0,014158	0,014158	0,014158

Peso Unitario Compactado(PUC = W / V1)	Kg./m ³	1,556.7	1,557.4	1,539.8
PUC promedio	Kg./m ³	1,551		

CUADRO N° 3.14

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	Unidades	Muestras (datos y resultados)		
	U	P - 1	P - 2	P - 3
1.- Peso de la muestra húmeda (W)	gr.	2,500.0	2,500.0	2,500.0
2.- Peso de la muestra secada al horno (A)	gr.	2,493.4	2,495.8	2492,8
3.-Contenido de agua (B = W - A)	gr.	6,6	4,2	7,2
Contenido de Humedad (CH= B/A*100)	%	0,27	0,17	0,30
C.H. piedra promedio	%	0,25		

CUADRO N° 3.15

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

RESUMEN

PROPIEDADES FISICAS	ARENA	PIEDRA
Tamaño Máximo	---	1"
Tamaño Máximo Nominal	---	3/4"
Módulo de Finura	2,73	6,85
Peso Especifico en gr/cm ³	2,58	2,77
Absorción en %	1,40	0,58
Peso Unitario Suelto en Kg/m ³	1315	1424
Peso Unitario Compactado en Kg/m ³	1627	1551
Contenido de Humedad	3,67	0,25
Material que pasa la malla N° 200	3,30	---

Materiales:

Arena : Lavada de Jicamarca (S.J.L. – Chosica)

Piedra : Chancada de Ancieta (Cantera de Lurín)

CAPITULO IV
DISEÑO DE MEZCLAS

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****DISEÑO DE MEZCLAS****1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS****1.1. GENERALIDADES**

En la actualidad vemos que los agregados (arena y piedra) ocupan entre 70 a 75 % de la masa del concreto, por lo tanto el comportamiento del concreto dependerá mucho de las características de los agregados (dureza, resistencia, granulometría, etc.), así mismo de su proporcionamiento optimo, pues un concreto más denso nos asegurara mejor calidad, por lo tanto encontraremos el proporcionamiento adecuado de los agregados a fin de obtener la máxima densidad de agregado global.

1.2. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

Determinaremos la máxima compacidad del agregado global, para lo cual mezclamos el agregado fino y el agregado grueso en diferentes proporciones en peso, para luego hallar su peso unitario compactado y determinar en que proporción se alcanza la máxima densidad del agregado global.

Rf	Agregado Fino (%)	Agregado Grueso (%)
46%	46.0	54.0
48%	48.0	52.0
50%	50.0	50.0
52%	52.0	48.0
54%	54.0	46.0

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Como podemos observar en el gráfico N°4.02, la máxima compacidad del agregado global se alcanza para la relación de finos próximo al 50.25%.

Ahora, determinaremos la máxima resistencia a la compresión a los 7 días, para el diseño de mezclas del concreto tomaremos combinaciones de agregados Rf: 47.0%, 50.0%, y 53.0%.

Rf	Agregado Fino (%)	Agregado Grueso (%)
47%	47.0	53.0
50%	50.0	50.0
53%	53.0	47.0

Luego las probetas de concreto para estas combinaciones, ensayaremos a compresión a los 7 días para definir finalmente la relación de agregados (arena y piedra) que se va a usar en los diseños de mezclas.

Del gráfico N° 4.04, vemos que la mayor resistencia a la compresión (7 días), se alcanza para la relación de agregados Rf = 49 %.

Considerando también que el mejor resultado de trabajabilidad corresponde precisamente a esta combinación, de modo tal, que cumple satisfactoriamente ambas propiedades, por lo tanto, ésta combinación de agregados será la óptima con la que tendrá que trabajarse para todos los diseños de mezclas definitivos para el concreto que diseñaremos en el presente trabajo de investigación.

Entonces a partir de estas combinaciones de arena y piedra se puede elaborar la granulometría del agregado global.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****1.3. DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA****1.3.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS**

Para cada uno de los diseños se va a considerar un asentamiento de 3 a 4 pulg. El criterio del diseño será el de la mejor combinación de los agregados, determinada mediante el peso unitario del agregado global correspondiente a la mayor compacidad, y la mejor resistencia del mismo.

La proporción de los agregados es: 49 % de agregado fino y 51 % de agregado grueso.

La determinación de la cantidad del agua de amasado se determinara mediante aproximaciones sucesivas, hasta obtener el asentamiento requerido. Para cada caso se mantendrá constante la relación agua / cemento.

El método del proporcionamiento en la dosificación de la mezcla de concreto, será tomado del ACI – 211, solo como referencia, ya que los materiales a usar tienen características propias.

Se diseñara las mezclas de prueba para la relación de $a / c = 0.45$, con las siguientes relaciones de agregados finos $R_f = 0.47, 0.50, \text{ y } 0.53$.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

CUADRO No 4.01

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL

COMBINACIÓN

ARENA : LAVADA DE JICAMARCA **0.49**
 PIEDRA : CHANCADORA - ANCIETA **0.51**

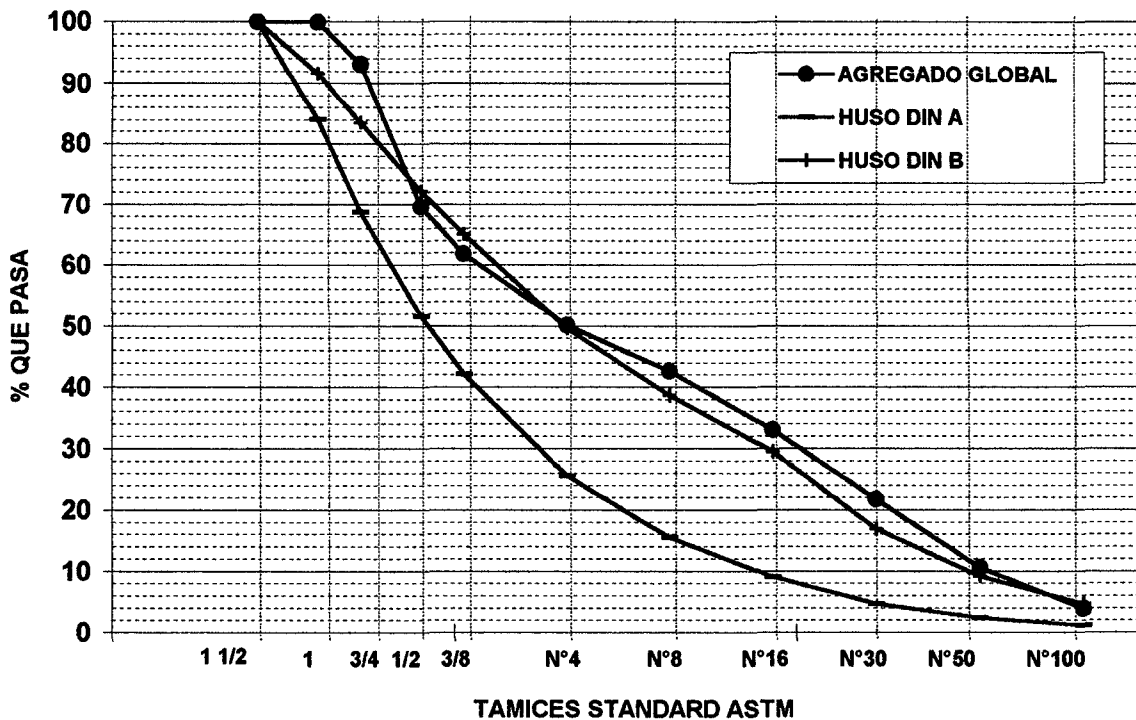
N° MALLA		% RETENIDO		DE LA COMBINACION			HUSO DIN	
pulg	mm	ARENA	PIEDRA	% RETENIDO	% RET. ACUMUL.	%ACUMUL. QUE PASA	Inf.	Sup.
1 1/2 "	37.500		0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 "	25.000		0.19	0.10	0.10	99.90	84.06	91.61
3/4 "	18.750		13.22	6.74	6.84	93.16	68.74	83.55
1/2 "	12.500		46.20	23.56	30.40	69.60	51.50	72.13
3/8 "	9.375		15.16	7.73	38.13	61.87	42.13	65.09
N° 4	4.688	1.06	21.96	11.72	49.85	50.15	25.58	49.58
N° 8	2.344	11.91	3.27	7.50	57.36	42.64	15.55	38.72
N° 16	1.172	19.68		9.64	67.00	33.00	9.03	29.55
N° 30	0.586	22.98		11.26	78.26	21.74	4.69	16.96
N° 50	0.293	22.86		11.20	89.46	10.54	2.34	9.15
N° 100	0.146	13.65		6.69	96.15	3.85	1.17	4.67
FONDO		7.86		3.85	100.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL		100.00	100.00	100.00				

MODULO DE FINURA DE 5.00 a 6.20

M.F

5.00

**GRAFICO No 4.01
CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GLOBAL**



**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO N° 4.02

COMPACIDAD MAXIMA DEL AGREGADO GLOBAL

Rf	DESCRIPCIÓN	1ra	TOTAL
46%	Peso de la Muestra + Vasija (Kg)	35.575	1974
	Peso de la Vasija (Kg)	7.630	
	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	27.945	
	Volumen de la Vasija (M3)	0.014158	
	P . U . C . (Kg/M3)	1973.79	
48%	Peso de la Muestra + Vasija (Kg)	35.69	1982
	Peso de la Vasija (Kg)	7.630	
	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	28.060	
	Volumen de la Vasija (M3)	0.014158	
	P . U . C . (Kg/M3)	1981.91	
50%	Peso de la Muestra + Vasija (Kg)	35.67	1980
	Peso de la Vasija (Kg)	7.630	
	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	28.040	
	Volumen de la Vasija (M3)	0.014158	
	P . U . C . (Kg/M3)	1980.4	
52%	Peso de la Muestra + Vasija (Kg)	35.64	1978
	Peso de la Vasija (Kg)	7.630	
	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	28.010	
	Volumen de la Vasija (M3)	0.014158	
	P . U . C . (Kg/M3)	1978.38	
54%	Peso de la Muestra + Vasija (Kg)	35.615	1977
	Peso de la Vasija (Kg)	7.630	
	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	27.985	
	Volumen de la Vasija (M3)	0.014158	
	P . U . C . (Kg/M3)	1976.62	

**MATERIAL : Arena : Lavada de Jicamarca
Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57**

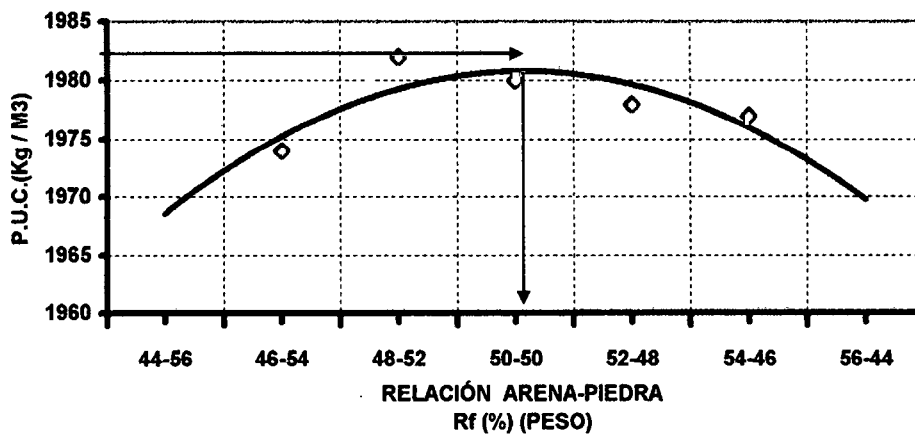
**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

GRAFICO N° 4.02

METODO DEL AGREGADO GLOBAL

Arena - Piedra Rf (%)	P.U.C. (Kg / m3)
44-56	
46-54	1974
48-52	1982
50-50	1980
52-48	1978
54-46	1977
56-44	

**GRAFICO DEL AGREGADO GLOBAL
PUC (Kg / M3) v.s. Rf (%)**



MATERIAL : Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Información necesaria para el diseño de mezclas

a. Materiales**CEMENTO :**

- Cemento Portland Tipo I – Sol
- Peso Especifico : 3110 Kg. / m3

AGREGADO FINO:

- Peso Especifico de masa : 2580 Kg / m3
- Peso Unitario Compactado : 1627 Kg / m3
- Contenido de Humedad : 3.67 %
- Porcentaje de Absorción : 1.40 %
- Modulo de Finura : 2.73

AGREGADO GRUESO:

- Peso Especifico de masa : 2770 Kg / m3
- Peso Unitario Compactado : 1551 Kg / m3
- Contenido de Humedad : 0.25 %
- Porcentaje de Absorción : 0.58 %
- Tamaño Máximo Nominal : ¾ "

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

b.- De las tablas que se utilizan para determinar las proporciones de la mezcla se obtiene: -

- Asentamiento : 3" a 4"
- Volumen unitario de agua : 195 lt/m³
- Volumen de aire atrapado : 1,5 %

1.3.1 Relación agua / cemento = 0,45 y Rf = 0,470

Datos :

a / c	= 0,45	rf =	0,470
agua (lt / m ³)	= 195	Rg =	0,530
aire (%)	= 1,5	Slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	433	0,137
Agua	195	0,195
Aire	1,5	0,015
Suma		0,347

Vol. Agregados : = $1 - 0,347 = 0,653$

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,470 * 0,653$	$0,307 * 2580$	792
		0,307	792	
Agreg. Grueso =	=	$0,530 * 0,653$	$0,346 * 2770$	958
		0,346	958	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $792 * (1 + 3,67 / 100) = 821$

Agreg. Grueso = $958 * (1 + 0,25 / 100) = 960$

Agua Libre : Agreg. Fino = $792 * (3,67 - 1,4) / 100 = 18$

Agreg. Grueso = $958 * (0,25 - 0,58) / 100 = -3$

Suma **15**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m ³)
Cemento	433	433	0,137	8,66
Agua	195	180	0,195	3,60
Arena	792	821	0,307	16,42
Piedra	958	960	0,346	19,20
Aire			0,015	
SUMA	2378	2394	1.000	47,88

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Ya que cumple con el slump especificado, trabajamos con 235 litros para otros porcentajes de agregados (fino y grueso) :

1.3.2 Relación agua / cemento = 0,45 y Rf = 0,50

Datos :

a / c	= 0,45	rf =	0,50
agua (lt / m ³)	= 235	Rg =	0,50
aire (%)	= 1,5	Slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	522	0,166
Agua	235	0,235
Aire	1,5	0,015
	Suma	0,416

Vol. Agregados : = $1 - 0,416 =$ **0,584**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,50 \cdot 0,584$	$0,292 \cdot 2580$	753
		0,292	753	
Agreg. Grueso =	=	$0,50 \cdot 0,584$	$0,292 \cdot 2770$	809
		0,292	809	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $753 \cdot (1 + 3,67 / 100) =$ 781

Agreg. Grueso = $809 \cdot (1 + 0,25 / 100) =$ 811

Agua Libre : Agreg. Fino = $753 \cdot (3,67 - 1,4) / 100 =$ 17

Agreg. Grueso = $809 \cdot (0,25 - 0,58) / 100 =$ -3

Suma **14**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m ³)
Cemento	522	522	0,166	10,44
Agua	235	221	0,235	4,42
Arena	753	781	0,292	15,62
Piedra	809	811	0,292	16,22
Aire			0,015	

SUMA **2319** **2335** **1.000** **46,70**

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

Modificando para un porcentaje de finos igual a 0,53 se obtiene:

1.3.3 Relación agua / cemento = 0,45 y Rf = 0,53

Datos :

a / c = 0,45
 agua (lt / m³) = 235
 aire (%) = 1,5

rf = 0,53
 Rg = 0,47
 slump = 3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	522	0,166
Agua	235	0,235
Aire	1,5	0,015
Suma		0,416

Vol. Agregados : = $1 - 0,416 =$ **0,584**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,53 * 0,584$	$0,310 * 2580$	800
		0,310	800	
Agreg. Grueso =	=	$0,47 * 0,584$	$0,274 * 2770$	759
		0,274	759	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $800 * (1 + 3,67 / 100) =$ **829**

Agreg. Grueso = $759 * (1 + 0,25 / 100) =$ **761**

Agua Libre : Agreg. Fino = $800 * (3,67 - 1,4) / 100 =$ **18**

Agreg. Grueso = $759 * (0,25 - 0,58) / 100 =$ **-2**

Suma **16**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m ³)
Cemento	522	522	0,166	10,44
Agua	235	219	0,235	4,38
Arena	800	829	0,310	16,58
Piedra	759	761	0,274	15,22
Aire			0.015	
SUMA	2316	2331	1.000	46,62

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO N° 4.03

MEZCLAS DE CONCRETO

MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO			TANDA Kg	SLUMP Pulg.
		PESOS (Kg / m3)		VOLUMEN m3		
		Seco	Humedo			
PROBETA P1 A / C = 0.45 Rf = 0.47 Agua (lt) = 235 Aire (%) = 1.5	Cemento	522	522	0,166	10,44	3 3/4
	Agua	235	222	0,235	4,44	
	Arena	707	733	0,274	14,66	
	Piedra	859	861	0,310	17,22	
	SUMA	2323	2338	0,985	46,76	
PROBETA P2 A / C = 0.45 Rf = 0.50 Agua (lt) = 235 Aire (%) = 1.5	Cemento	522	522	0,166	10,44	3 1/2
	Agua	235	221	0,235	4,42	
	Arena	753	781	0,292	15,62	
	Piedra	809	811	0,292	16,22	
	SUMA	2319	2335	0,985	46,70	
PROBETA P3 A / C = 0.45 Rf = 0.53 Agua (lt) = 235 Aire (%) = 1.5	Cemento	522	522	0,166	10,44	3 1/2
	Agua	235	219	0,235	4,38	
	Arena	800	829	0,310	16,58	
	Piedra	759	761	0,274	15,22	
	SUMA	2316	2331	0,985	46,62	

MATERIAL :

Arena : Lavada de Jicamarca

Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57

Agua : Potable

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO N°4.04

ENSAYO DE COMPRESIÓN

EDAD : 7 Días

Rf %	PROBETA N°	EDAD Días	DIAMETRO cm	AREA Cm2	CARGA Kg.	RESISTENCIA Kg / cm2
47	P1 - 1	7	15.2	181.5	55466	306
	P1 - 2	7	15.1	179.1	50990	285
	P1 - 3	7	15.2	181.5	50330	277
						289
50	P2 - 1	7	15.1	179.1	56399	315
	P2 - 2	7	15.2	181.5	54287	299
	P2 - 3	7	15.2	181.5	54849	302
						305
53	P3 - 1	7	15.2	181.5	51292	283
	P3 - 2	7	15.2	181.5	49369	272
	P3 - 3	7	15.2	181.5	49495	273
						276

MATERIAL : Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

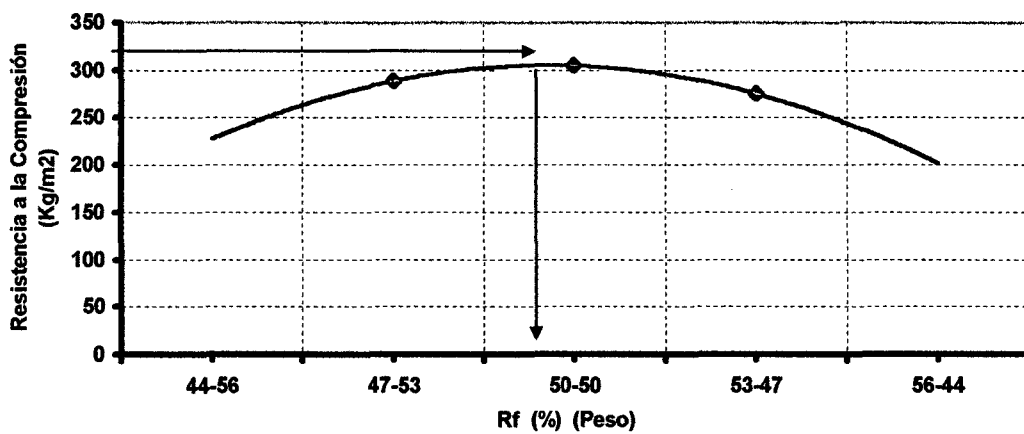
GRAFICO N° 4.04

ENSAYO DE COMPRESIÓN

EDAD : 7 Días

Rf %	Resistencia a la Compresión Kg / m ²
44-56	
47-53	289
50-50	305
53-47	276
56-44	

ENSAYO DE COMPRESIÓN
Resistencia v.s. Rf



MAXIMA RESISTENCIA para Rf = 49% y Rg = 51%

MATERIAL :
 Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****2. DISEÑO DE MEZCLAS**

Se diseñara mezclas de concreto para las siguientes relaciones agua/cemento: 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55, las cuales son consideradas como patrón. Solamente fabricaremos concreto sin aditivos y dichas dosificaciones se aplicara para cada una de las relaciones agua / cemento antes mencionadas. Haciendo un total de 4 diseños de mezclas para 49 % de agregado fino y 51 % de agregado grueso; el cual hemos determinado para una resistencia máxima, en el gráfico N^o4.04.

Identificaremos a cada diseño de mezcla con un código, como veremos a continuación:

CODIGO	RELACIÓN A/C
R1	0.40
R2	0.45
R3	0.50
R4	0.55

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAN TIPO I - SOL**

2.1.- Concreto Patrón para una relación agua / cemento = 0,40

Relación = R1 = 0,40 y Rf = 0,49

Datos :

a / c	= 0,40	rf =	0,49
agua (lt / m3)	= 238	rg =	0,51
aire (%)	= 1,5	slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	595	0,189
Agua	238	0,238
Aire	1,5	0,015
Suma		0,442

Vol. Agregados : = $1 - 0,442 =$ **0,558**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,49 * 0,558$	$0,273 * 2580$	706
		0,273	706	
Agreg. Grueso =	=	$0,51 * 0,558$	$0,285 * 2770$	788
		0,285	788	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $706 * (1 + 3,67 / 100) =$ **731**

Agreg. Grueso = $788 * (1 + 0,25 / 100) =$ **790**

Agua Libre : Agreg. Fino = $706 * (3,67 - 1,4) / 100 =$ **16**

Agreg. Grueso = $788 * (0,25 - 0,58) / 100 =$ **-3**

Suma **13**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m3)
Cemento	595	595	0,189	11,9
Agua	238	225	0,238	4,49
Arena	706	731	0,273	14,63
Piedra	788	790	0,285	15,81
Aire			0,015	

SUMA	2327	2341	1.000	46,83
------	-------------	-------------	--------------	--------------

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAN TIPO I - SOL**

2.2.- Concreto Patrón para una relación agua / cemento = 0,45

Relación = R2 = 0,45 y Rf = 0,49

Datos :

a / c	= 0,45	rf =	0,49
agua (lt / m3)	= 235	rg =	0,51
aire (%)	= 1,5	slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	522	0,166
Agua	235	0,235
Aire	1,5	0,015
Suma		0,416

Vol. Agregados : = $1 - 0,416 =$ **0,584**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,49 * 0,584$	$0,286 * 2580$	738
		0,286	738	
Agreg. Grueso =	=	$0,51 * 0,584$	$0,298 * 2770$	825
		0,298	825	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $738 * (1 + 3,67 / 100) =$ **765**

Agreg. Grueso = $825 * (1 + 0,25 / 100) =$ **827**

Agua Libre : Agreg. Fino = $738 * (3,67 - 1,4) / 100 =$ **17**

Agreg. Grueso = $825 * (0,25 - 0,58) / 100 =$ **-3**

Suma **14**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m3)
Cemento	522	522	0,166	10,44
Agua	235	221	0,235	4,42
Arena	738	765	0,286	15,30
Piedra	825	827	0,298	16,54
Aire			0,015	
SUMA	2320	2335	1.000	46,70

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAN TIPO I - SOL**

2.3.- Concreto Patrón para una relación agua / cemento = 0,50

Relación = R3 = 0,50 y Rf = 0,49

Datos :

a / c	= 0,50	rf =	0,49
agua (lt / m3)	= 230	Rg =	0,51
aire (%)	= 1,5	Slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	460	0,146
Agua	230	0,230
Aire	1,5	0,015
Suma		0,391

Vol. Agregados : = $1 - 0,391 =$ **0,609**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,49 * 0,609$	$0,298 * 2580$	770
		0,298	770	
Agreg. Grueso =	=	$0,51 * 0,609$	$0,311 * 2770$	860
		0,311	860	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $770 * (1 + 3,67 / 100) =$ **798**

Agreg. Grueso = $860 * (1 + 0,25 / 100) =$ **862**

Agua Libre : Agreg. Fino = $770 * (3,67 - 1,4) / 100 =$ **18**

Agreg. Grueso = $860 * (0,25 - 0,58) / 100 =$ **-3**

Suma **15**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m3)
Cemento	460	460	0,146	9,20
Agua	230	215	0,230	4,30
Arena	770	798	0,298	15,96
Piedra	860	862	0,311	17,94
Aire			0,015	

SUMA **2320** **2335** **1.000** **46,70**

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAN TIPO I – SOL**

2.4.- Concreto Patrón para una relación agua / cemento = 0,55

Relación = R4 = 0,55 y Rf = 0,49

Datos :

a / c	= 0,55	rf =	0,49
agua (lt / m3)	= 225	rg =	0,51
aire (%)	= 1,5	slump =	3 a 4 pulg.

	Peso Seco	Vol. Abs.
Cemento	409	0,130
Agua	225	0,225
Aire	1,5	0,015
Suma		0,370

Vol. Agregados : = $1 - 0,370 =$ **0,630**

Peso Seco :	Agreg. Fino =	$0,49 * 0,630$	$0,309 * 2580$	796
		0,309	796	
Agreg. Grueso =	=	$0,51 * 0,630$	$0,321 * 2770$	890
		0,321	890	

Peso Humedo : Agreg. Fino = $796 * (1 + 3,67 / 100) =$ **825**

Agreg. Grueso = $890 * (1 + 0,25 / 100) =$ **892**

Agua Libre : Agreg. Fino = $796 * (3,67 - 1,4) / 100 =$ **18**

Agreg. Grueso = $890 * (0,25 - 0,58) / 100 =$ **-3**

Suma **15**

Material	Peso Seco	Peso Humedo	Volumen	Tanda (0.02 m3)
Cemento	409	409	0,130	8,18
Agua	225	210	0,225	4,20
Arena	796	825	0,309	16,50
Piedra	890	892	0,321	17,84
Aire			0,015	

SUMA	2320	2336	1.000	46,72
------	-------------	-------------	--------------	--------------

CUADRO N° 4.05

MEZCLAS DE CONCRETO

MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO			PROPORCIONAMIENTO		SLUMP Pulg.
		PESOS (Kg / m3)		VOLUMEN m3	POR BOLSA Kg	TANDA (0.02 M3) Kg	
		Seco	Humedo				
RELACIÓN R1	Cemento	595	595	0.189	42.50	11.9	3 1/2
A / C = 0.40	Agua	238	225	0.238	16.07	4.49	
Rf = 0.49	Arena	706	731	0.274	52.21	14.63	
Agua (lt) = 238	Piedra	788	790	0.284	56.43	15.81	
Aire (%) = 1.5							
	SUMA	2327	2341	0.985	167.21	46.83	

MATERIAL :
 Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

CUADRO N° 4.06

MEZCLAS DE CONCRETO

MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO			PROPORCIONAMIENTO		SLUMP Pulg.
		PESOS (Kg / m3)		VOLUMEN m3	POR BOLSA Kg	TANDA (0.02 M3) Kg	
		Seco	Humedo				
RELACIÓN R2	Cemento	522	522	0.166	42.50	10.44	3 3/4
A / C = 0.45	Agua	235	221	0.235	17.99	4.42	
Rf = 0.49	Arena	739	766	0.286	62.37	15.32	
Agua (lt) = 235	Piedra	825	827	0.298	67.33	16.55	
Aire (%) = 1.5							
	SUMA	2321	2336	0.985	190.19	46.72	

MATERIAL :
 Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO N° 4.07

MEZCLAS DE CONCRETO

MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO			PROPORCIONAMIENTO		SLUMP Pulg.
		PESOS (Kg / m3)		VOLUMEN m3	POR BOLSA Kg	TANDA (0.02 M3) Kg	
		Seco	Humedo				
RELACIÓN R3 A / C = 0.50 Rf = 0.49 Agua (lt) = 230 Aire (%) = 1.5	Cemento	460	460	0.146	42.50	9.20	3 1/4
	Agua	230	215	0.230	19.86	4.31	
	Arena	770	798	0.298	73.73	15.96	
	Piedra	860	862	0.311	79.64	17.25	
	SUMA	2320	2335	0.985	215.73	46.72	

MATERIAL :
 Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

CUADRO N° 4.08

MEZCLAS DE CONCRETO

MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO			PROPORCIONAMIENTO		SLUMP Pulg.
		PESOS (Kg / m3)		VOLUMEN m3	POR BOLSA Kg	TANDA (0.02 M3) Kg	
		Seco	Humedo				
RELACIÓN R4	Cemento	409	409	0.130	42.50	8.18	3 3/4
A / C = 0.55	Agua	225	210	0.225	21.82	4.20	
Rf = 0.49	Arena	796	826	0.309	85.83	16.52	
Agua (lt) = 225	Piedra	890	892	0.321	92.69	17.85	
Aire (%) = 1.5							
	SUMA	2320	2337	0.985	242.84	46.75	

MATERIAL :
 Arena : Lavada de Jicamarca
 Piedra : Chancadora en Ancieta N° 57
 Agua : Potable

CAPITULO V

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO****1. INTRODUCCIÓN**

Las propiedades que se quiere que tenga el concreto al estado fresco, se dan en función de la utilidad que prestara en obra. Por eso en el concreto es fundamental la selección de las proporciones de los materiales a ser empleados, para lograr esto se debe recurrir a procedimientos adecuados de dosificación con el fin de obtener un concreto fresco que pueda ser transportado, colocado, compactado con relativa facilidad y en el tiempo indicado; y además que cumpla con los requisitos de las propiedades principales en este estado.

Las propiedades del concreto varían, de acuerdo a una serie de factores, tales como las características de los materiales disponibles (agregados), método de mezclado, cambios de volumen, modificaciones en el tamaño máximo nominal, en el tipo de cemento, en la granulometría, variación de la temperatura, etc.

Por ejemplo, si se quiere utilizarlo en una estructura, tendrá una resistencia acorde a las solicitaciones y además resistente al intemperismo, es decir que sea estable.

Existen unas propiedades que no son comunes a todos los concretos y no dependen de la utilidad específica. Estas propiedades se pueden dividir en dos grupos: Una de ellas es cuando el concreto esta en su estado fresco, la que describiremos a continuación y la otra en el siguiente capítulo (en su estado endurecido).

2. PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO**2.1 Consistencia**

Es el grado de fluidez que opone el concreto a experimentar deformaciones. Esto depende mayormente de la cantidad de **AGUA** de mezclado y para un tipo de agregado definido, ósea depende de la forma, gradación y tamaño máximo del agregado en la mezcla (granulometría).

Esta propiedad es un factor importante en la **Trabajabilidad** y se mide mediante el ensayo de "slump" con el "CONO DE ABRAMS".

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****Procedimiento del ensayo (Método del Cono de Abrams)**

De acuerdo a la Norma ASTM C 143-71 ó NTP 339.035, el molde se coloca en una superficie plana y humedecida, manteniéndolo inmóvil, pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta en tercio del volumen. El concreto se coloca moviendo la pala en torno del borde superior del molde, para asegurar la homogeneidad.

Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente en forma concéntrica.

Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.

La primera capa de 67 mm de altura y la segunda a 155 mm.

La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación.

En el caso de faltar se añadirá el concreto necesario, enrasando con la barra o badilejo.

Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical. Se estima que desde el inicio hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos; de los cuales el proceso de desmolde no toma más de 7 segundos.

El asentamiento se mide con aproximación de 5 milímetros, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura media libre del cono deformado.

Se aconseja que al término del ensayo se golpee suavemente con la barra de apisonar una de las generatrices del cono, produciendo la caída del pastón. Con experiencia, la observación del concreto resulta de interés. Las mezclas bien dosificadas asientan lentamente sin perder su homogeneidad, revelando buena consistencia. Por el contrario, las mezclas defectuosas se disgregan y caen por separado.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Las formas de asentamiento son:

Consistencia seca: corresponde a asentamiento de 0 a 2 pulgadas, mezclas que tienen el grado de humedad necesario como que para al apretarlos con la mano quede adherida a esta la lechada de cemento. Tienen solo el agua necesaria para que su superficie, después del vibrado quede blanda y unida.

Consistencia plástica: corresponde a asentamiento de 3 a 4 pulgadas. Son los que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Consistencia fluida: corresponden a asentamiento más de 5 pulgadas. Son aquellas que tienen tanta agua que fluyen como una pasta blanda.

Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro No 5.01.

2.2 Contenido de aire

Es el volumen de aire atrapado en porcentaje, de los espacios entre las partículas de los agregados. El contenido de aire atrapado depende del acomodo entre las partículas, que aportan los materiales a emplear, las condiciones de operación, la granulometría y el tamaño máximo del agregado, por lo que su valor es relativo. Este contenido de aire, esta en función generalmente del tamaño máximo nominal del agregado, es decir, a medida que aumente ese tamaño, se incrementa el volumen del contenido de aire atrapado.

La presencia de está propiedad en las mezclas tiende a reducir la resistencia del concreto por su aumento de porosidad.

2.3 Exudación

Se puede decir que la exudación es flujo de agua de la mezcla, generalmente para resultado de la sedimentación de los sólidos, lo que da lugar a la elevación de una película de agua, o de una mezcla agua/cemento hacia la superficie.

También se define como la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

La exudación puede deberse a:

- Un exceso de AGUA y a la falta de material FINO.
- El escape de la lechada de cemento a través de las uniones entre ENCOFRADOS con la consiguiente formación de bolsas de material inerte o CANGREJERAS.
- La elevada temperatura del medio ambiente a la hora de vaciado.

La exudación es inevitable en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

Procedimiento del ensayo

El procedimiento consiste en que una vez obtenido la mezcla, se le vierte en un molde (puede ser el mismo para el ensayo del peso unitario, ósea un balde metálico de $\frac{1}{2}$ pie³), en tres capas compactando con 25 golpes cada capa, luego se enrasa y se retirará 1 pulgada de espesor de mezcla, hecho esto se procederá a pesar la mezcla con el recipiente obteniéndose por diferencia el peso de la mezcla.

Luego se inclinará el balde con la mezcla colocando un taco de 5cm de altura debajo de unos de los bordes del molde, de modo de facilitar la extracción del agua y éste aparezca inclinado hacia donde se juntará el agua, que el concreto exudará mientras transcurra el tiempo.

Con una jeringa o pipeta se irá retirando y midiendo el agua que la mezcla exudó, realizándose este cada 10 minutos, hasta un tiempo de 40 minutos, luego se realizará cada 30 minutos, hasta que el concreto termine de exudar.

Una vez extraída toda el agua exudada, se devuelve el molde sin golpearlo a su posición original.

Después de obtener todos los datos, hallaremos por formula el porcentaje de exudación como sigue:

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Datos:

A = Cantidad total de agua exudada

B = Peso de la mezcla en Kg.

C = Cantidad de agua por m³ en Kg.

W = Peso total de materiales para m³ de concreto.

Se calcula:

$$Q = B \cdot C / W$$

donde: **Q** = Peso de agua de la muestra.

Luego:

$$\% \text{ DE EXUDACIÓN} = (A/Q) \cdot 100$$

Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro No 5.02.

2.4 Peso unitario

El peso unitario consiste en la determinación del peso del concreto por unidad de volumen, nos sirve para poder compararlo respecto a otros concretos, verificar que las proporciones de los materiales es la correcta y comprobar el rendimiento de la mezcla al comparar el peso unitario del diseño con el peso unitario real.

El peso unitario de los concretos comunes varía entre los 2300 a 2500 Kg/m³, dependiendo de las características y tamaño máximo del agregado grueso.

Procedimiento del ensayo

Se determina de acuerdo a las Normas ASTM C-138 y NTP 339.046.

El procedimiento es muy simple y se logra de la siguiente manera:

Consiste en llenar el molde (balde metálico de ½ pie³ para agregados hasta 2 pulgadas y de 1 pie³ para agregados mayores de 2 pulgadas) respectivo en tres capas con 25 golpes por cada capa, utilizando la varilla de 60cm de longitud, 5/8" de diámetro y con punta semiesférica.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Al llegar a la última capa se colocará material en exceso para enrasar a tope con el material.

Después de consolidar cada capa se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde metálico, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado dentro del concreto.

Luego el concreto y el recipiente que lo contiene son pesados, obteniéndose por diferencia el peso del concreto.

Una vez obtenido el peso del concreto y el volumen del recipiente, bastará hacer una simple división para poder hallar el peso unitario del concreto fresco, que generalmente se expresa en Kg/m³.

Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro No 5.03.

2.5 Tiempo de fraguado

Se define como el proceso de endurecimiento del concreto.

Su determinación tiene una trascendencia muy importante, por cuanto nos da la pauta del tiempo que se dispone en el proceso constructivo para las operaciones de colocación y acabado.

Se ha dividido el fraguado en dos periodos que son los siguientes:

a.- Fraguado inicial

Se caracteriza por el incremento o aumento de la viscosidad y en la temperatura de la mezcla. El fraguado inicial se determina por el tiempo transcurrido, luego del contacto inicial del cemento y agua hasta que el mortero alcance una resistencia a la penetración de 500 lb/pulg².

b.- Fraguado final

Se caracteriza por el endurecimiento significativo de la mezcla, dando lugar al aumento de la resistencia.

El fraguado final se determina cuando alcance una resistencia a la penetración de 4000 lb/pulg².

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

La fragua del concreto depende básicamente del contenido de Aluminato Tricálcico del cemento, finura del cemento, relación agua/cemento, temperatura y humedad del ensayo.

Procedimiento del ensayo

Se determina de acuerdo a la Norma ASTM C-403 ó la NTP 339.082.

Se prepara una mezcla de concreto (0.02m^3), lo cual consiste en utilizar la parte más fina del concreto, para eso tamizamos por la malla N^o 4. La mezcla que pasa por dicha malla es llenada en dos moldes cilíndricos de 15cm de diámetro y 15cm de alto, se llena cada molde en dos capas, dando 25 golpes cada capa hasta una altura mínima de 14cm.

Se golpea a los costados del molde para eliminar las burbujas de aire y luego se enrasa.

Se anota la hora de inicio de ensayo. Se dispone de 6 agujas, cuyos diámetros son de 18/16", 13/16", 9/16", 5/16", 4/16" y 3/16" respectivamente. Según el estado de endurecimiento del mortero, se debe colocar el aparato con una aguja de tamaño apropiado y se pone ésta en contacto con el mortero. Se aplica una fuerza vertical gradual y uniforme hacia abajo, hasta lograr una penetración de 25mm en un tiempo de 10 segundos.

Se registra la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo. Para los siguientes ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas.

La distancia libre entre la aguja y el lugar de cualquier penetración anterior, debe ser al menos dos veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15mm, además se debe dejar en distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente de por lo menos 25mm.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Para muestras y temperaturas normales, el primer ensayo se recomienda hacerlo cuando halla transcurrido de 3 a 4 horas y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o a altas temperaturas se recomienda hacer el primer ensayo cuando hayan transcurrido las 2 horas y los demás ensayos a intervalos de media hora.

Para condiciones de baja temperatura o mezclas retardantes, el primer ensayo se recomienda hacerlo cuando hayan transcurrido 4 horas o más, los siguientes ensayos de penetración debe realizarse a intervalos de 1 hora a menos que el incremento de resistencia a la penetración indique que es aconsejable un intervalo más corto.

Para cada ensayo, se deben hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellos, serán tales que suministren puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento.

La Norma establece el tiempo de fragua del concreto con asentamiento superior a cero por medio de las agujas de penetración sobre la muestra tamizada.

La resistencia a la penetración, se calcula como el cociente de la fuerza requerida para que la aguja penetre 25mm y el área de superficie de contacto de la aguja a utilizar.

Los resultados del ensayo se presentan en los cuadros N°s 5.04, 5.05, 5.06 y 5.07.

CUADRO No 5.01

ENSAYO DE CONSISTENCIA

MEZCLA	SLUMP PULG.
RELACIÓN (R1 = A/C = 0.40)	
a/c = 0.40 rf = 0.49 rg = 0.51 agua (lt) = 238 aire = 1.5	3 1/2
RELACIÓN (R2 = A/C = 0.45)	
a/c = 0.45 rf = 0.49 rg = 0.51 agua (lt) = 235 aire = 1.5	3 3/4
RELACIÓN (R3 = A/C = 0.50)	
a/c = 0.50 rf = 0.49 rg = 0.51 agua (lt) = 230 aire = 1.5	3 1/4
RELACIÓN (R4 = A/C = 0.55)	
a/c = 0.55 rf = 0.49 rg = 0.51 agua (lt) = 225 aire = 1.5	3 3/4

CUADRO No 5.02

ENSAYO DE EXUDACIÓN

MEZCLA	PESO DEL BALDE KG.	PESO DEL BALDE + MEZCLA KG.	PESO DE LA MEZCLA KG.	PESO DEL AGUA EN LA MEZCLA KG.	AGUA TOTAL EXUDADA KG.*10E-3	EXUDACIÓN %
--------	--------------------	-----------------------------	-----------------------	--------------------------------	------------------------------	-------------

RELACIÓN (R1 = A/C = 0.40)

a/c = 0.40 rf = 0.49 agua (lt) = 238 aire = 1.5	7.63	37.228	29.598	0.0336	3.36	1.18
--	------	--------	--------	--------	------	------

RELACIÓN (R2 = A/C = 0.45)

a/c = 0.45 rf = 0.49 agua (lt) = 235 aire = 1.5	7.63	37.092	29.462	0.0350	3.50	1.26
--	------	--------	--------	--------	------	------

RELACIÓN (R3 = A/C = 0.50)

a/c = 0.50 rf = 0.49 agua (lt) = 230 aire = 1.5	7.63	37.010	29.380	0.0403	4.03	1.49
--	------	--------	--------	--------	------	------

RELACIÓN (R4 = A/C = 0.55)

a/c = 0.55 rf = 0.49 agua (lt) = 225 aire = 1.5	7.63	36.867	29.237	0.0415	4.15	1.58
--	------	--------	--------	--------	------	------

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO No 5.03

ENSAYO DE PESO UNITARIO

MEZCLA	PESO DEL BALDE KG.	PESO DEL BALDE + MEZCLA KG.	PESO DE LA MEZCLA KG.	VOLUMEN DE LA MEZCLA M3	PESO UNITARIO KG/M3
RELACIÓN (R1 = A/C = 0.40)					
a/c = 0.40 rf = 0.49 agua (lt) = 238 aire = 1.5	7.63	40.986	33.356	0.014158	2356
RELACIÓN (R2 = A/C = 0.45)					
a/c = 0.45 rf = 0.49 agua (lt) = 235 aire = 1.5	7.63	40.836	33.206	0.014158	2345
RELACIÓN (R3 = A/C = 0.50)					
a/c = 0.50 rf = 0.49 agua (lt) = 230 aire = 1.5	7.63	40.746	33.116	0.014158	2339
RELACIÓN (R4 = A/C = 0.55)					
a/c = 0.55 rf = 0.49 agua (lt) = 225 aire = 1.5	7.63	40.588	32.958	0.014158	2328

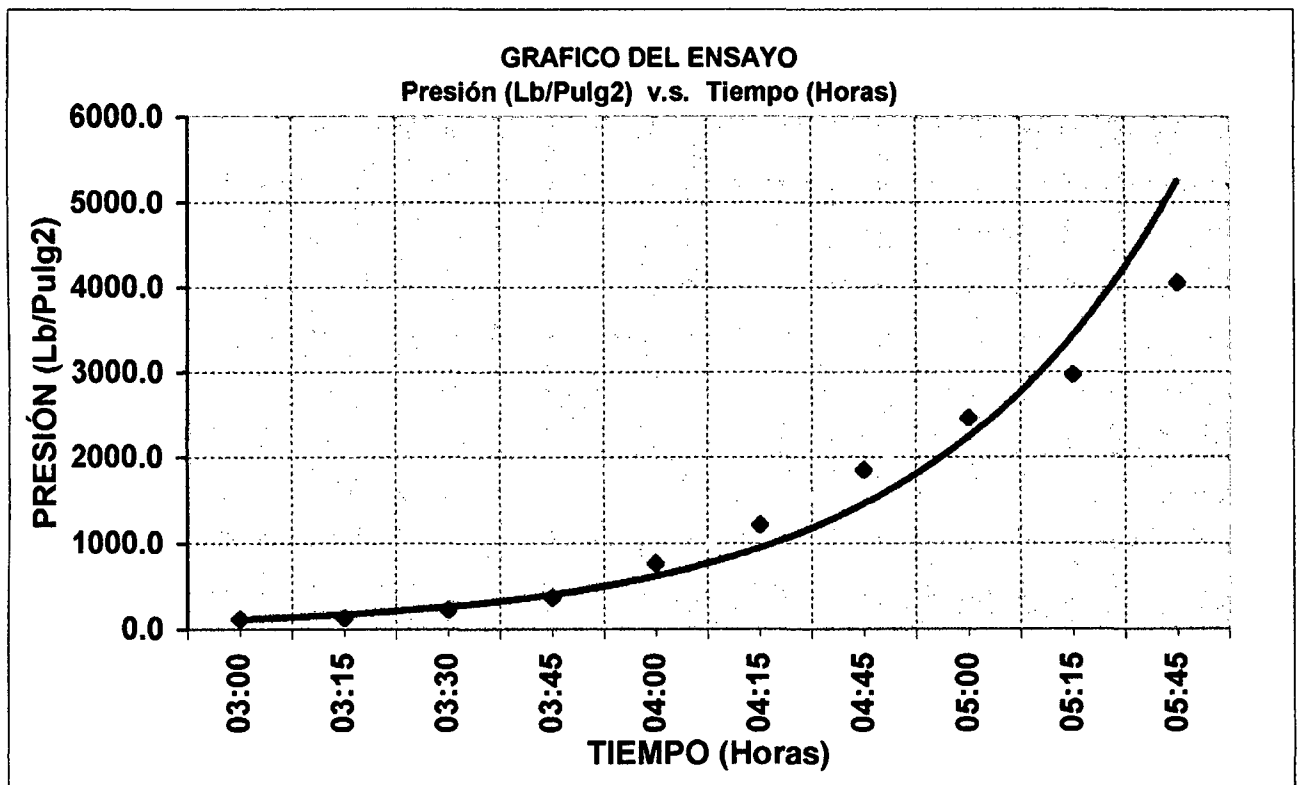
CUADRO No 5.04

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA

RELACIÓN (A/C=0,40)

CODIGO DE MEZCLA = R1
 HORA DE INICIO = 10:20 am

HORA H : M	TIEMPO H : M	DIAMETRO DE AGUJA PULG.	FUERZA L.b.	AREA PULG.2	PRESIÓN L.b./ PULG.2
13:20	03:00	1 1/8	120.0	0.9940	120.7
13:35	03:15	13/16	69.0	0.5185	133.1
13:50	03:30	13/16	117.0	0.5185	225.7
14:05	03:45	9/16	93.0	0.2485	374.2
14:20	04:00	5/16	59.0	0.0767	769.2
14:35	04:15	5/16	93.0	0.0767	1212.5
15:05	04:45	1/4	91.0	0.0491	1853.8
15:20	05:00	3/16	68.0	0.0276	2462.7
15:35	05:15	3/16	82.0	0.0276	2969.8
16:05	05:45	3/16	112.0	0.0276	4056.2



Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto Cemento Portland Tipo I - sol

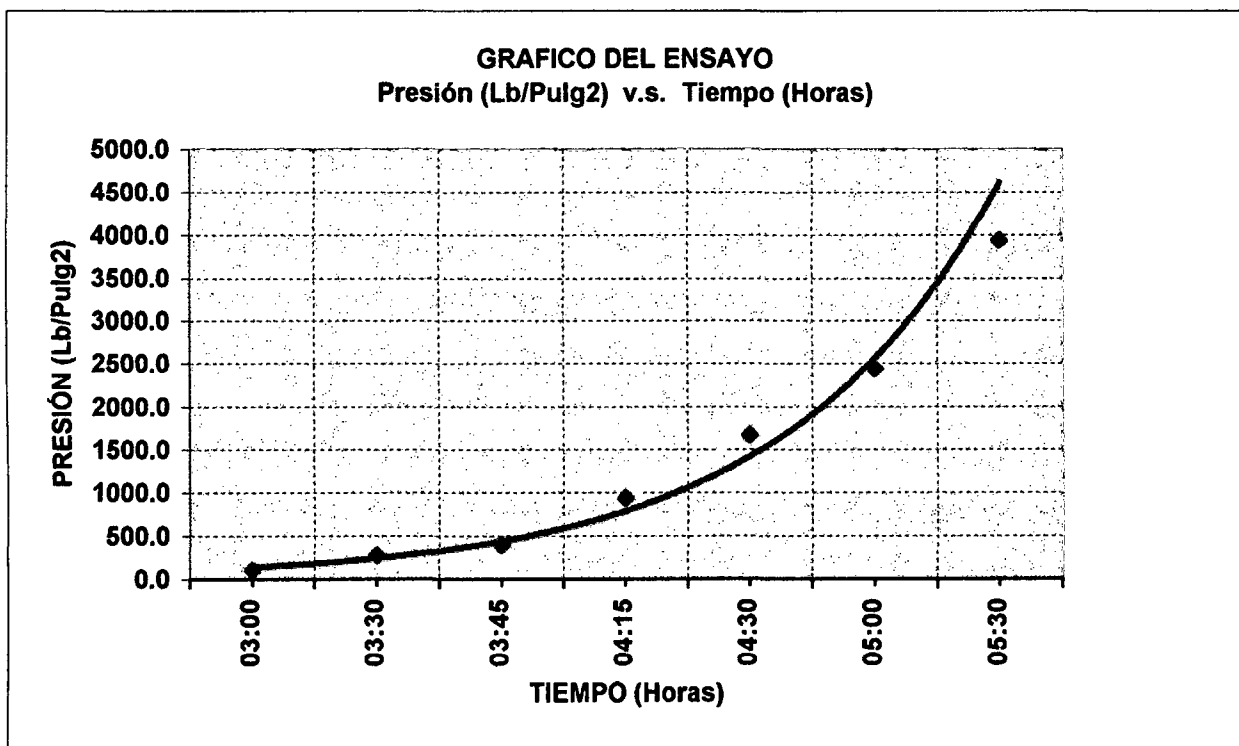
CUADRO No 5.05

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA

RELACIÓN (A/C=0,45)

CODIGO DE MEZCLA = R2
HORA DE INICIO = 10:40 am

HORA H : M	TIEMPO H : M	DIAMETRO DE AGUJA PULG.	FUERZA L.b.	AREA PULG.2	PRESIÓN L.b./ PULG.2
13:40	03:00	1 1/8	108.0	0.9940	108.6
14:10	03:30	13/16	147.0	0.5185	283.5
14:25	03:45	9/16	100.0	0.2485	402.4
14:55	04:15	5/16	72.0	0.0767	938.7
15:10	04:30	1/4	82.0	0.0491	1670.5
15:40	05:00	1/4	120.0	0.0491	2444.6
16:10	05:30	3/16	109.0	0.0276	3947.6



F.I.=3:47

F.F.=5:33

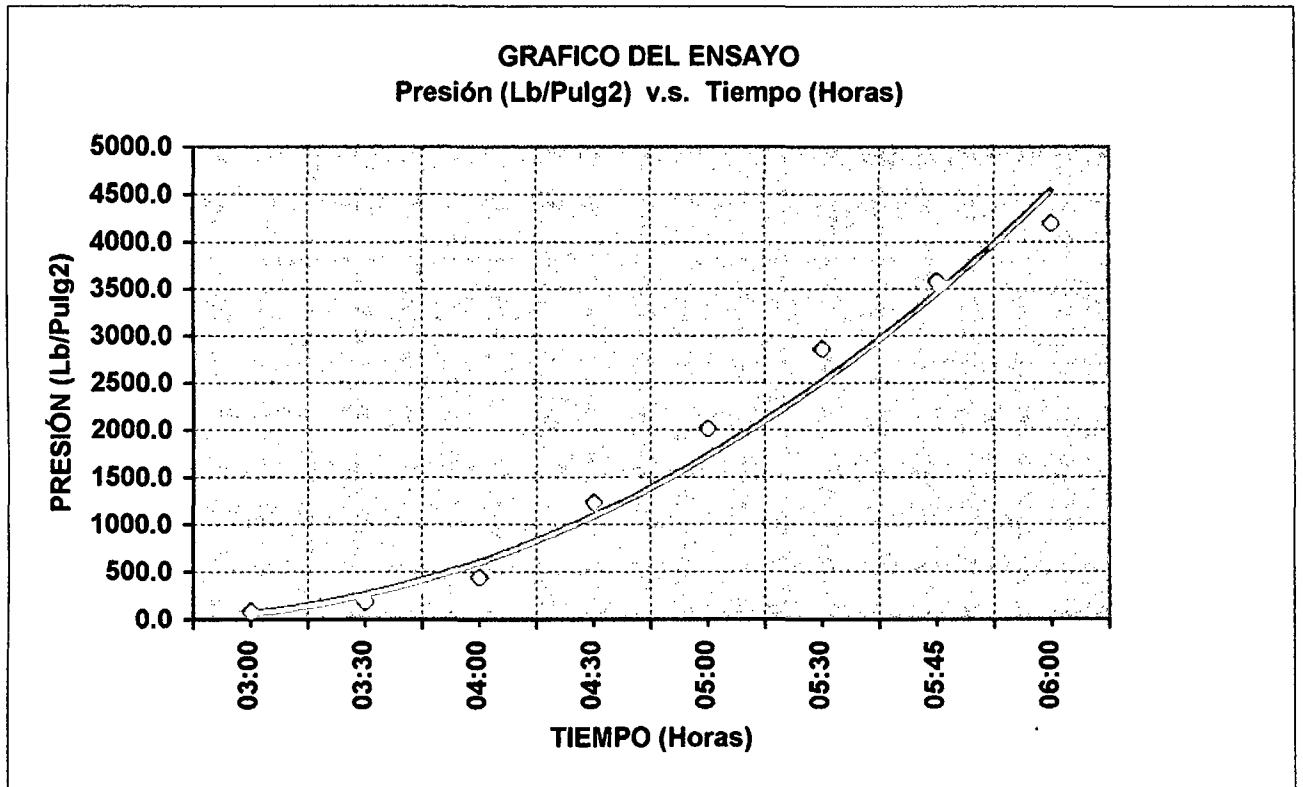
**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO No 5.06

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA**RELACIÓN (A/C=0,50)**

**CODIGO DE MEZCLA = R3
HORA DE INICIO = 11:10 am**

HORA H : M	TIEMPO H : M	DIAMETRO DE AGUJA PULG.	FUERZA L.b.	AREA PULG.2	PRESIÓN L.b./ PULG.2
14:10	03:00	1 1/8	82.0	0.9940	82.5
14:40	03:30	13/16	96.0	0.5185	185.2
15:10	04:00	9/16	110.0	0.2485	442.6
15:40	04:30	5/16	95.0	0.0767	1238.6
16:10	05:00	1/4	99.0	0.0491	2016.8
16:40	05:30	3/16	79.0	0.0276	2861.1
16:55	05:45	3/16	99.0	0.0276	3585.4
17:10	06:00	3/16	116.0	0.0276	4201.1



F.I. =4:00

F.F.=5:54

Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto Cemento Portland Tipo I - sol

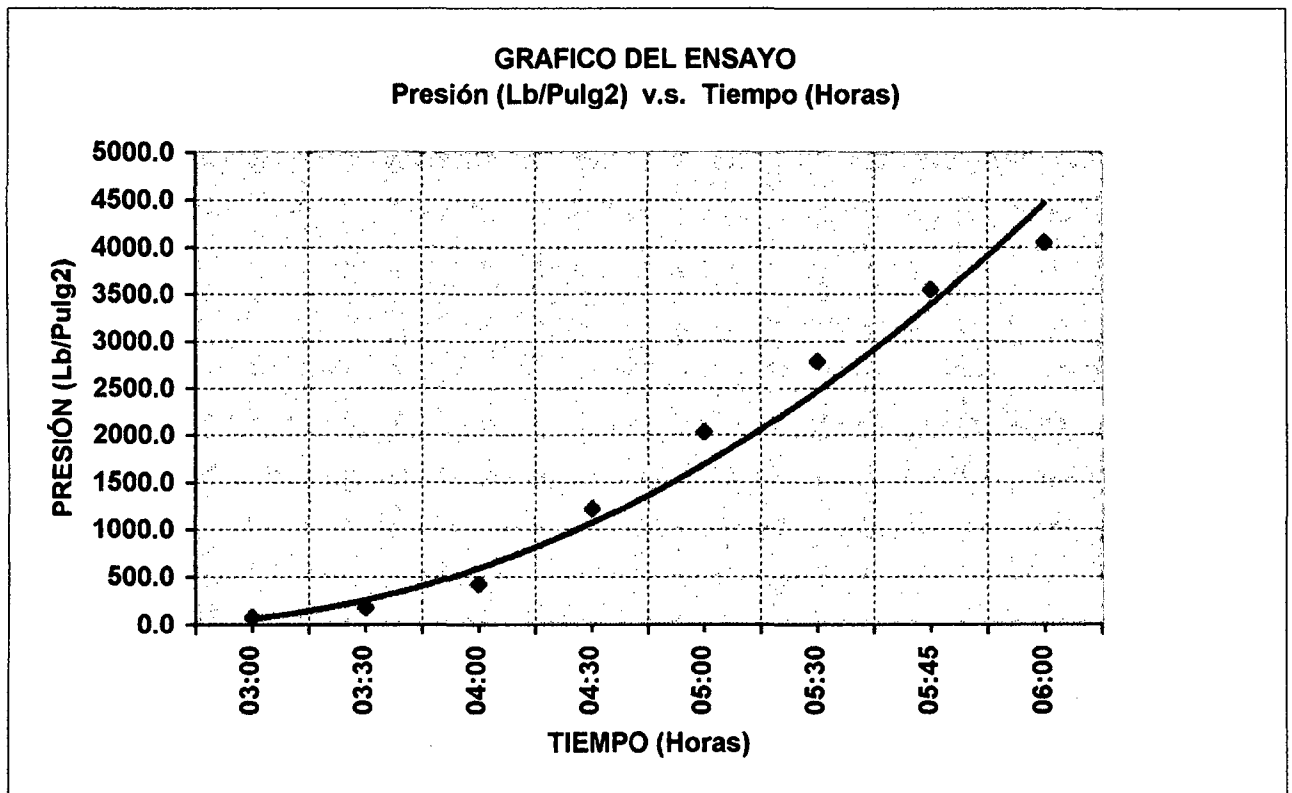
CUADRO No 5.07

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA

RELACIÓN (A/C=0,55)

CODIGO DE MEZCLA = R4
HORA DE INICIO = 11:30 am

HORA H : M	TIEMPO H : M	DIAMETRO DE AGUJA PULG.	FUERZA L.b.	AREA PULG.2	PRESIÓN L.b./ PULG.2
14:30	03:00	1 1/8	80.0	0.9940	80.5
15:00	03:30	13/16	94.0	0.5185	181.3
15:30	04:00	9/16	106.0	0.2485	426.5
16:00	04:30	5/16	94.0	0.0767	1225.6
16:30	05:00	1/4	100.0	0.0491	2037.2
17:00	05:30	3/16	77.0	0.0276	2788.7
17:15	05:45	3/16	98.0	0.0276	3549.2
17:30	06:00	3/16	112.0	0.0276	4056.2



F.I. =4:05

F.F.=6:00

CAPITULO VI

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades del concreto endurecido están íntimamente asociados con las características y proporciones de los materiales disponibles, especialmente los agregados, deberán determinar las cantidades exactas requeridas para una clase dada de concreto.

La resistencia es una de las propiedades más importante del concreto, pero hay otras, tales como la durabilidad, elasticidad, impermeabilidad y resistencia al desgaste, que son cualidades tanto más importantes que la resistencia, dependiendo de los requerimientos establecidos y destino de la obra. Sin embargo, la resistencia suele dar una imagen general de la calidad del concreto, puesto que está directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento fraguado.

La realización de los ensayos al concreto endurecido cumple con las siguientes finalidades:

- Comprobar la calidad potencial del concreto.
- Facilitar el estudio del probable desarrollo de resistencia en una edad dada.
- Permitir un adecuado control de la obra al proporcionar un registro permanente de la calidad y uniformidad del concreto.

2. PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

2.1 Resistencia a la compresión

La resistencia del concreto es el máximo esfuerzo y máxima carga que puede soportar antes de romperse, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes a la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de la relación agua/cemento en peso.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

La resistencia es afectada además por la temperatura y el tiempo, la calidad de los agregados, por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use.

El curado es un factor indirecto pero no menos importante en la resistencia, ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

La determinación de la resistencia del concreto se logra mediante las probetas cilíndricas que son moldeadas, curadas y sometidas a rotura bajo cargas de compresión de acuerdo a la Norma ASTM.

Procedimiento del ensayo

La Norma ASTM C-39, determina el ensayo respectivo. Las probetas son de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura.

El procedimiento consiste en lo siguiente:

Se llenarán moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños. Cada molde será llenado con concreto en tres capas de aproximadamente igual volumen, y cada capa será compactada con la varilla haciendo círculos simétricamente mediante 25 golpes.

Después de compactar, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la varilla, para eliminar los vacíos que pudieran haber.

Al día siguiente procedemos a sacar con cuidado las probetas de los moldes, luego cada una de ellas será puesta en los pozos de curado hasta que cumpla con el tiempo requerido.

El curado de las probetas bajo agua se mantiene hasta 3 horas antes de desarrollar el ensayo de compresión. Se capea la superficie de contacto con la prensa, con el capping, una mezcla de azufre y bentonita.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Para hallar la resistencia a la compresión se divide la carga indicada por la máquina entre el área de contacto circular dada por el diámetro de la probeta. Este procedimiento se seguirá con todas las probetas.

Para poder apreciar el comportamiento de la resistencia del concreto respecto al tiempo, ensayaremos probetas para 7, 14 y 28 días (para las edades de 7 y 14 días, es recomendable preparar 3 probetas y para la edad de 28 días, 6 probetas), donde la resistencia se determinará por el promedio de las probetas de cada una de las edades establecidas.

Los resultados del ensayo se presentan en los cuadros N^os. 6.01, 6.02, 6.03 y 6.04.

2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

La Norma ASTM C-494 y la NTP 339.084 determinan este ensayo.

Generalmente se asume que el concreto no resiste tensiones, sin embargo el concreto al agrietarse durante la flexión, si resiste cierto valor de tensiones, siendo estos del orden del 8 a 20% de la resistencia a la compresión dependiendo de la edad del concreto y la calidad de los materiales.

La probeta a ensayarse en su resistencia a la tracción por compresión diametral, sigue el mismo procedimiento de preparación y curado asignado en el ensayo de resistencia a la compresión.

Para el presente trabajo, la edad de ensayo se ha considerado, la edad de 28 días. Se rompe la probeta entre las caras de la prensa que a sido utilizado para el ensayo a compresión, manteniéndola echada y centrada según dos generatrices opuestas.

Luego se calcula usando la siguiente formula:

$$T = (2 \cdot Q) / (\pi \cdot L \cdot d)$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción (Kg/cm²)

Q = Carga de rotura (Kg.)

L = Longitud de probeta (cm)

d.= Diámetro de la probeta (cm)

PI = 3.1416

Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro No 6.05

2.3 Modulo de Elasticidad Estático

Se define como la capacidad del concreto a deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga v.s. deformación en compresión, sin embargo convencionalmente se acostumbra definir un "Modulo de Elasticidad Estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido, que normalmente es un porcentaje de la tensión última.

Los módulos de elasticidad están en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua/cemento. En concepto las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación.

Cuando se somete a carga que se incrementa constantemente, una probeta de concreto, ocurre una deformación, donde parte de ella es consecuente de la deformación elástica y otra parte como resultado de la deformación plástica o escurrimiento.

La curva esfuerzo v.s. deformación muestra una zona de trabajo donde los esfuerzos y las deformaciones son proporcionales para fines prácticos.

Este límite de proporcionalidad para el caso del módulo elástico es el 40% de la resistencia a la compresión ($f'c$) y la deformación para este punto.

Para el presente ensayo se ha utilizado un equipo Compresómetro - Extensómetro CT – 167, cuyo procedimiento se describe a continuación, el cual se ajusta según lo establecido en la Norma ASTM C – 469.

Se registrará solo la deformación axial para calcular el Módulo de Elasticidad, complementando el ensayo con un equipo de compresión (prensa).

Procedimiento del ensayo (con el equipo, Compresómetro - Extensómetro CT-167)**1. - Generalidades**

El Compresómetro – Extensómetro de cilindros de concreto es utilizado para determinar el módulo de elasticidad(módulo de Young) y la relación de Poisson del concreto en compresión. El instrumento cumple con la Norma ASTM C – 469. El uso de la CT – 167, medida de la deformación axial y la extensión diametral, puede realizarse en probetas cilíndricas de 6 pulgadas de diámetro o corazones diamantinos, cuando se aplica esfuerzo de compresión sobre los especímenes.

El artefacto es construido con una aleación ligera de magnesio y aluminio. Los puntos montantes y de contacto son de acero maquinado. Los controles (barras espaciadoras) son de acero inoxidable.

Las deformaciones axial y diametral puede leerse en un dial LC – 2 con una exactitud de 25 micropulgadas (media división del indicador del LC – 2 $0.5 \times 100 \mu\text{pulg} \times 0.5$).

Esta calidad es mejor que las 5 micropulgadas por pulgada de esfuerzo requerido por la Norma ASTM C – 469. El dial LC – 2, tiene un rango de 0.2 pulgadas graduadas en divisiones de 0.0001. La relación de palanca del instrumento multiplica por 2 la deformación. Luego una mitad de la división del dial indicador representa 25 micropulgadas de deformación de la longitud inicial (o diámetro) de la probeta de 6 pulgadas.

Unidades métricas se suministran con el VLC – 2M con un rango de 5mm y graduado en divisiones de 0.0002mm.

Tres bloques de metal suministrados con la unidad permite al operador montar convenientemente a la altura media del cilindro de concreto.

Para la preparación del espécimen y detalles del procedimiento del ensayo, referirse a la Norma ASTM C – 469.

2. - Ensamblaje

2.1 Coloque el cilindro de concreto sobre una mesa adecuada.

2.2 Ensamble el CT – 167 tal como se muestra (ver fotografía No 12). El dial indicador con la varilla de extensión es para, la medida de la deformación axial y deberá ser montada en la posición vertical. El otro dial indicador se montara horizontalmente.

2.3 Desenrosque los 7 tornillos de contacto (2 en el block superior, 3 en el inferior y 2 en el anillo medio) hasta que las puntas se nivelen con la superficie inferior de los anillos.

2.4 Coloque el Compresómetro sobre la probeta de concreto colocando al centro de los anillos.

2.5 Coloque los tres bloques de metal (ítem 6) bajo la localización del anillo más bajo y en las tres entradas del anillo. La longitud de los bloques (cilindros) deberá estar verticalmente para proporcionar la altura correcta.

2.6 Apriete a mano los tres tornillos de contacto del anillo inferior y los del superior contra la probeta.

2.7 También ajuste a mano los dos tornillos del anillo medio, asegurando que el vástago vertical del dial axial quede al centro de las dos porciones del anillo del medio.

2.8 Retire las dos barras espaciadoras.

2.9 Remueva los tres bloques de metal bajo el anillo inferior.

2.10 Coloque en cero el dial axial.

2.11 Coloque en cero el dial diametral.

3. - Operación

3.1 Mantenga lo más posible constante la temperatura y humedad durante la prueba, registre las fluctuaciones inusuales.

3.2 Si se dispone de una probeta compañera, determinar su resistencia a compresión previamente al ensayo del módulo de elasticidad.

3.3 Coloque la probeta con el equipo medidor en el plato inferior de la máquina de ensayo (prensa), centrándolo axialmente. Anote las lecturas de los dos diales cuidadosamente acerque el bloque superior al espécimen hasta obtener un buen asentamiento a mano sobre la probeta.

Cargue la probeta al menos dos veces. No registre ningún dato durante la primera carga. Base en cálculos en el promedio de las lecturas subsecuentes. Al menos dos lecturas se recomiendan para anotar la repetibilidad del ensayo. Durante la primera carga que es para fijar en calibres, observe su desarrollo (y corrija algún comportamiento irregular, previamente a la segunda carga).

Nota: Es conveniente fijar el calibre antes de cada lectura de tal manera que el indicador pasara del punto cero a la deformación longitudinal de 50 micropulgadas (1.27 del micrómetro / 25.4mm) representado por 6 divisiones en el LC – 2^a, 8 divisiones en el LC – 2M.

3.4 Obtenga cada set de lecturas como sigue:

Aplique la carga continuamente y sin choque. Fije el cabezal de la máquina tipo tornillo hasta moviéndolo a una velocidad de aproximación de 0.05 pulg/min. (1.25mm/min.), mientras que la máquina este parada. Las máquinas operadas hidráulicamente aplique la carga a una velocidad constante en un rango de 35 ± 5 psi / s (241 ± 34 Kpa/s).

Registre sin interrupción las lecturas en carga aplicadas y la deformación longitudinal en el punto (1) cuando la deformación longitudinal es de 50 millonésima y (2) cuando la carga aplicada es igual al 40% de la rotura. La deformación longitudinal se define como la total deformación dividida entre la longitud efectiva del calibre.

3.5 Registre la deformación transversal en los mismos puntos (en caso de requerirse determinar la relación de Poisson).

3.6 Si se toman medidas intermedias, plotee los resultados de los tres ensayos en la deformación longitudinal en las abscisas y la resistencia de la compresión en las ordenadas.

4. Cálculos

4.1 Se calcula el Módulo de Elasticidad con una aproximación de 50,000 psi (344.74 Mpa) de la siguiente manera:

$$E = (S2 - S1)/(e2 - 0.000050)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad, cuerda, psi

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S1 = Esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal e_1 , de 50 μ pulg/pulg.

E2 = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2.

4.2 La relación de Poisson se calcula, con una aproximación de 0.01, como sigue:

$$\mu = (Et2 - Et1)/(e2 - 0.000050)$$

donde:

μ = Relación de Poisson

Et2 = Deformación transversal al centro del espécimen producido por el esfuerzo S2

Et1 = Deformación transversal al centro del espécimen producido por el esfuerzo S1

5. Mantenimiento

5.1 Ocasionalmente cuente las porciones de acero del instrumento, tornillos, barras espaciadoras, tuercas, etc.

5.2 Deberá tenerse cuidado en el manipuleo del instrumento para evitar el desarreglo de las partes.

6. Accesorios

6.1 Moldeo de probeta ver catálogos de concreto.

6.2 Máquina de compresión ver catálogo Soiltest de concreto.

Los resultados del ensayo se presentan en los cuadros N^os. 6.06, 6.07, 6.08, y 6.09.

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO
Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

CUADRO No 6.01

ENSAYO DE COMPRESIÓN

RELACIÓN (A/C = R1 = 0.40)

MEZCLA	PROBETA No	EDAD DÍAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2
a/c = 0.40 rf = 0.49 agua (lt) = 238 aire = 1.5	P1 - 1	7	15.2	181.5	60675	334
	P1 - 2	7	15.2	181.5	58951	325
	P1 - 3	7	15.2	181.5	59913	330
	PROMEDIO					
a/c = 0.40 rf = 0.49 agua (lt) = 238 aire = 1.5	P1 - 1	14	15.2	181.5	71000	391
	P1 - 2	14	15.3	183.9	68337	372
	P1 - 3	14	15.2	181.5	61873	341
	PROMEDIO					
a/c = 0.40 rf = 0.49 agua (lt) = 238 aire = 1.5	P1 - 1	28	15.2	181.5	76974	424
	P1 - 2	28	15.2	181.5	76245	420
	P1 - 3	28	15.2	181.5	78902	435
	P1 - 4	28	15.2	181.5	78105	430
	P1 - 5	28	15.2	181.5	80805	445
	P1 - 6	28	15.2	181.5	78214	431
	PROMEDIO					

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO
Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

CUADRO No 6.02

ENSAYO DE COMPRESIÓN

RELACIÓN (A/C = R2 = 0.45)

MEZCLA	PROBETA No	EDAD DÍAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2
a/c = 0.45 rf = 0.49 agua (lt) = 235 aire = 1.5	P1 - 1	7	15.0	176.7	50868	288
	P1 - 2	7	15.2	181.5	54287	299
	P1 - 3	7	15.2	181.5	55944	308
	PROMEDIO					
a/c = 0.45 rf = 0.49 agua (lt) = 235 aire = 1.5	P1 - 1	14	15.2	181.5	61898	341
	P1 - 2	14	15.2	181.5	62106	342
	P1 - 3	14	15.2	181.5	63865	352
	PROMEDIO					
a/c = 0.45 rf = 0.49 agua (lt) = 235 aire = 1.5	P1 - 1	28	15.2	181.5	72593	400
	P1 - 2	28	15.2	181.5	74930	413
	P1 - 3	28	15.2	181.5	73914	407
	P1 - 4	28	15.2	181.5	72196	398
	P1 - 5	28	15.2	181.5	68640	378
	P1 - 6	28	15.2	181.5	70275	387
PROMEDIO						397

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO
Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

CUADRO No 6.03

ENSAYO DE COMPRESIÓN

RELACIÓN (A/C = R3 = 0.50)

MEZCLA	PROBETA No	EDAD DÍAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2
a/c = 0.50 rf = 0.49 agua (lt) = 230 aire = 1.5	P1 - 1	7	15.2	181.5	49931	275
	P1 - 2	7	15.1	179.1	50121	280
	P1 - 3	7	15.1	179.1	50146	280
	PROMEDIO					278
a/c = 0.50 rf = 0.49 agua (lt) = 230 aire = 1.5	P1 - 1	14	15.2	181.5	55721	307
	P1 - 2	14	15.2	181.5	55775	307
	P1 - 3	14	15.2	181.5	56225	310
	PROMEDIO					308
a/c = 0.50 rf = 0.49 agua (lt) = 230 aire = 1.5	P1 - 1	28	15.2	181.5	64106	353
	P1 - 2	28	15.2	181.5	62636	345
	P1 - 3	28	15.2	181.5	64759	357
	P1 - 4	28	15.2	181.5	66719	368
	P1 - 5	28	15.2	181.5	66647	367
	P1 - 6	28	15.2	181.5	64051	353
PROMEDIO					357	

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO
Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

CUADRO No 6.04

ENSAYO DE COMPRESIÓN

RELACIÓN (A/C = R4 = 0.55)

MEZCLA	PROBETA No	EDAD DÍAS	DIAMETRO CM	AREA CM2	CARGA KG	RESISTENCIA KG/CM2
a/c = 0.55 rf = 0.49 agua (lt) = 225 aire = 1.5	P1 - 1	7	15.2	181.5	47789	263
	P1 - 2	7	15.2	181.5	47390	261
	P1 - 3	7	15.0	176.7	46083	261
	PROMEDIO					262
a/c = 0.55 rf = 0.49 agua (lt) = 225 aire = 1.5	P1 - 1	14	15.2	181.5	50856	280
	P1 - 2	14	15.3	183.9	54214	295
	P1 - 3	14	15.2	181.5	49742	274
	PROMEDIO					283
a/c = 0.55 rf = 0.49 agua (lt) = 225 aire = 1.5	P1 - 1	28	15.2	181.5	60113	331
	P1 - 2	28	15.2	181.5	61979	341
	P1 - 3	28	15.2	181.5	60425	333
	P1 - 4	28	15.2	181.5	59942	330
	P1 - 5	28	15.2	181.5	61303	338
	P1 - 6	28	15.2	181.5	61074	336
PROMEDIO					335	

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO
Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

CUADRO No 6.05

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

EDAD : 28 DÍAS

MEZCLA	DIAMETRO CM	LONGITUD CM	CARGA KG.	f _{cr} KG/CM ²	PROMEDIO KG/CM ²
RELACIÓN (R1 = A/C = 0.40)					
a/c = 0.40	15.2	30.4	16496	23	23
rf = 0.49	15.2	30.6	16859	23	
agua (lt) = 238	15.2	30.4	16539	23	
aire = 1.5				23	
RELACIÓN (R2 = A/C = 0.45)					
a/c = 0.45	15.2	30.4	15735	22	22
rf = 0.49	15.3	30.5	15443	21	
agua (lt) = 235	15.2	30.4	16489	23	
aire = 1.5				22	
RELACIÓN (R3 = A/C = 0.50)					
a/c = 0.50	15.3	30.6	15955	22	22
rf = 0.49	15.2	30.6	15649	21	
agua (lt) = 230	15.3	30.5	15820	22	
aire = 1.5				21.66	
RELACIÓN (R4 = A/C = 0.55)					
a/c = 0.55	15.3	30.3	14826	20	20
rf = 0.49	15.3	30.5	14648	20	
agua (lt) = 225	15.0	30.4	14665	20	
aire = 1.5				20	

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO No 6.06

ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

RELACIÓN (A/C = R1 = 0,40)

EDAD : 28 Días

CARGA KN	CARGA KG	ESFUERZO EN COMPRESIÓN KG/CM2	LECTURA DEL DIAL PULG.	LECTURA CORREGIDA PULG.	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN UNITARIA *10e-4
40.0	4082	22	0.0034	0.001700	0.0001700	1.70
60.0	6122	34	0.0040	0.002000	0.0002000	2.00
80.0	8163	45	0.0048	0.002400	0.0002400	2.40
100.0	10204	56	0.0056	0.002800	0.0002800	2.80
120.0	12245	67	0.0061	0.003050	0.0003050	3.05
140.0	14286	79	0.0069	0.003450	0.0003450	3.45
160.0	16327	90	0.0076	0.003800	0.0003800	3.80
180.0	18367	101	0.0084	0.004200	0.0004200	4.20
200.0	20408	112	0.0095	0.004750	0.0004750	4.75
220.0	22449	124	0.0105	0.005250	0.0005250	5.25
240.0	24490	135	0.0110	0.005500	0.0005500	5.50
260.0	26531	146	0.0115	0.005750	0.0005750	5.75
280.0	28571	157	0.0127	0.006350	0.0006350	6.35
300.0	30612	169	0.0143	0.007150	0.0007150	7.15
320.0	32653	180	0.0158	0.007900	0.0007900	7.90
340.0	34694	191	0.0173	0.008650	0.0008650	8.65
360.0	36735	202	0.0191	0.009550	0.0009550	9.55
380.0	38776	214	0.0211	0.010550	0.0010550	10.55
400.0	40816	225	0.0228	0.011400	0.0011400	11.40
420.0	42857	236	0.0253	0.012650	0.0012650	12.65
440.0	44898	247	0.0273	0.013650	0.0013650	13.65
460.0	46939	259	0.0303	0.015150	0.0015150	15.15
480.0	48980	270	0.0331	0.016550	0.0016550	16.55
500.0	51020	281	0.0379	0.018950	0.0018950	18.95
520.0	53061	292	0.0437	0.021850	0.0021850	21.85

CARGA MAXIMA = 80810 Kg
 DIAMETRO TESTIGO = 15,2 cm
 AREA DE LA SECCIÓN = 181,5 cm²
 f_c = 445 Kg/cm²
 0,4*f_c = 178 Kg/cm²

C2 = Kg
 E2 = 178 Kg/cm²
 d2 = 0,000776
 C1 = Kg
 E1 = 10 Kg/cm²

MEET= 231405 Kg/cm²

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO No 6.07

ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

RELACIÓN (A/C = R2 = 0,45)

EDAD : 28 Días

CARGA KN	CARGA KG	ESFUERZO EN COMPRESIÓN KG/CM2	LECTURA DEL DIAL PULG.	LECTURA CORREGIDA PULG.	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN UNITARIA *10e-4
40.0	4082	22	0.0030	0.001500	0.000150	1.50
60.0	6122	34	0.0037	0.001850	0.000185	1.85
80.0	8163	45	0.0046	0.002300	0.000230	2.30
100.0	10204	56	0.0053	0.002650	0.000265	2.65
120.0	12245	67	0.0065	0.003250	0.000325	3.25
140.0	14286	79	0.0072	0.003600	0.000360	3.60
160.0	16327	90	0.0078	0.003900	0.000390	3.90
180.0	18367	101	0.0087	0.004350	0.000435	4.35
200.0	20408	112	0.0099	0.004950	0.000495	4.95
220.0	22449	124	0.0108	0.005400	0.000540	5.40
240.0	24490	135	0.0114	0.005700	0.000570	5.70
260.0	26531	146	0.0124	0.006200	0.000620	6.20
280.0	28571	157	0.0135	0.006750	0.000675	6.75
300.0	30612	169	0.0144	0.007200	0.000720	7.20
320.0	32653	180	0.0156	0.007800	0.000780	7.80
340.0	34694	191	0.0178	0.008900	0.000890	8.90
360.0	36735	202	0.0187	0.009350	0.000935	9.35
380.0	38776	214	0.0198	0.009900	0.000990	9.90
400.0	40816	225	0.0205	0.010250	0.001025	10.25
420.0	42857	236	0.0220	0.011000	0.001100	11.00
440.0	44898	247	0.0229	0.011450	0.001145	11.45
460.0	46939	259	0.0244	0.012200	0.001220	12.20
480.0	48980	270	0.0267	0.013350	0.001335	13.35
500.0	51020		0.0305	0.015250	0.001525	15.25
520.0	53061	292	0.0353	0.017650	0.001765	17.65

CARGA MAXIMA = 76741 Kg
 DIAMETRO TESTIGO = 15,2 cm
 AREA DE LA SECCIÓN = 181,5 cm²
 f_c = 423 Kg/cm²
 0,4*f_c = 169 Kg/cm²

C2 = Kg
 E2 = 169 Kg/cm²
 d2 = 0,000720
 C1 = Kg
 E1 = 10 Kg/cm²

MEET= 237313 Kg/cm²

CUADRO No 6.08

ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

RELACION (A/C = R3 = 0,50)

EDAD : 28 Días

CARGA KN	CARGA KG	ESFUERZO EN COMPRESIÓN KG/CM2	LECTURA DEL DIAL PULG.	LECTURA CORREGIDA PULG.	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN UNITARIA *10e-4
40.0	4082	22	0.0024	0.001200	0.000120	1.20
60.0	6122	34	0.0033	0.001650	0.000165	1.65
80.0	8163	45	0.0044	0.002200	0.000220	2.20
100.0	10204	56	0.0049	0.002450	0.000245	2.45
120.0	12245	67	0.0063	0.003150	0.000315	3.15
140.0	14286	79	0.0072	0.003600	0.000360	3.60
160.0	16327	90	0.0080	0.004000	0.000400	4.00
180.0	18367	101	0.0091	0.004550	0.000455	4.55
200.0	20408	112	0.0105	0.005250	0.000525	5.25
220.0	22449	124	0.0116	0.005800	0.000580	5.80
240.0	24490	135	0.0124	0.006200	0.000620	6.20
260.0	26531	146	0.0138	0.006900	0.000690	6.90
280.0	28571	157	0.0151	0.007550	0.000755	7.55
300.0	30612	169	0.0162	0.008100	0.000810	8.10
320.0	32653	180	0.0176	0.008800	0.000880	8.80
340.0	34694	191	0.0190	0.009500	0.000950	9.50
360.0	36735	202	0.0201	0.010050	0.001005	10.05
380.0	38776	214	0.0214	0.010700	0.001070	10.70
400.0	40816	225	0.0223	0.011150	0.001115	11.15
420.0	42857	236	0.0241	0.012050	0.001205	12.05
440.0	44898	247	0.0252	0.012600	0.001260	12.60
460.0	46939	259	0.0269	0.013450	0.001345	13.45
480.0	48980	270	0.0285	0.014250	0.001425	14.25
500.0	51020		0.0309	0.015450	0.001545	15.45
520.0	53061	292	0.0343	0.017150	0.001715	17.15

CARGA MAXIMA = 70954 Kg
 DIAMETRO TESTIGO = 15,2 cm
 AREA DE LA SECCIÓN = 181,5 cm²
 f_c = 391 Kg/cm²
 0,4*f_c = 1156 Kg/cm²

C2 = Kg
 E2 = 156 Kg/cm²
 d2 = 0,000749
 C1 = Kg
 E1 = 10 Kg/cm²

MEET= 208870 Kg/cm²

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

CUADRO No 6.09

ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

RELACIÓN (A/C = R4 = 0,55)

EDAD : 28 Días

CARGA KN	CARGA KG	ESFUERZO EN COMPRESIÓN KG/CM2	LECTURA DEL DIAL PULG.	LECTURA CORREGIDA PULG.	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN UNITARIA *10e-4
40.0	4082	22	0.0010	0.000500	0.000050	0.50
60.0	6122	34	0.0021	0.001050	0.000105	1.05
80.0	8163	45	0.0034	0.001700	0.000170	1.70
100.0	10204	56	0.0041	0.002050	0.000205	2.05
120.0	12245	67	0.0057	0.002850	0.000285	2.85
140.0	14286	79	0.0068	0.003400	0.000340	3.40
160.0	16327	90	0.0078	0.003900	0.000390	3.90
180.0	18367	101	0.0091	0.004550	0.000455	4.55
200.0	20408	112	0.0107	0.005350	0.000535	5.35
220.0	22449	124	0.0120	0.006000	0.000600	6.00
240.0	24490	135	0.0130	0.006500	0.000650	6.50
260.0	26531	146	0.0146	0.007300	0.000730	7.30
280.0	28571	157	0.0161	0.008050	0.000805	8.05
300.0	30612	169	0.0174	0.008700	0.000870	8.70
320.0	32653	180	0.0190	0.009500	0.000950	9.50
340.0	34694	191	0.0206	0.010300	0.001030	10.30
360.0	36735	202	0.0219	0.010950	0.001095	10.95
380.0	38776	214	0.0234	0.011700	0.001170	11.70
400.0	40816	225	0.0245	0.012250	0.001225	12.25
420.0	42857	236	0.0265	0.013250	0.001325	13.25
440.0	44898	247	0.0278	0.013900	0.001390	13.90
460.0	46939	259	0.0297	0.014850	0.001485	14.85
480.0	48980	270	0.0315	0.015750	0.001575	15.75
500.0	51020		0.0341	0.017050	0.001705	17.05
520.0	53061	292	0.0377	0.018850	0.001885	18.85

CARGA MAXIMA = 65869 Kg
 DIAMETRO TESTIGO = 15,2 cm
 AREA DE LA SECCIÓN = 181,5 cm²
 f_c = 363 Kg/cm²
 0,4*f_c = 145 Kg/cm²

C2 = Kg
 E2 = 145 Kg/cm²
 d2 = 0,000723
 C1 = Kg
 E1 = 22 Kg/cm²

MEET= 182764 Kg/cm²

CAPITULO VII

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Los resultados del ensayo de absorción total de agua, se presentan en los siguientes cuadros y gráficos:

CUADROS:

CUADRO No 7.01: Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 0m H₂O (poza), en 1 día (24 horas) de inmersión.

CUADRO No 7.02: Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 0m H₂O (poza), en 7 días de inmersión.

CUADRO No 7.03: Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 0m H₂O (poza), en 28 días de inmersión.

CUADRO No 7.04: Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 7m H₂O, en 1 día (24 horas) de inmersión en el equipo.

CUADRO No 7.05: Variación porcentual del ensayo de Absorción Total de agua (con respecto a 1 día de inmersión), para una presión de 0m H₂O (poza), en 1, 7 y 28 días de inmersión.

CUADRO No 7.06: Variación porcentual del ensayo de Absorción Total de agua (con respecto a la presión de 0m H₂O).

CUADRO No 7.07: Variación porcentual del ensayo de Absorción Total de agua (con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O).

CUADRO No 7.08: Variación porcentual del ensayo de Absorción Total de agua (con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O), agregando los resultados obtenidos para las relaciones agua/cemento de 0.65 a 0.80. de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño.

GRAFICOS:

GRAFICO No 7.01: Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c, para una presión de 0m H₂O (poza), en 1 día (24 horas) de inmersión.

GRAFICO No 7.02: Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c, para una presión de 0m H₂O (poza), en 7 días de inmersión.

GRAFICO No 7.03: Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c, para una presión de 0m H₂O (poza), en 28 días de inmersión.

GRAFICO No 7.04: Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c, para una presión de 7m H₂O, en 1 día (24 horas) de inmersión en el equipo.

GRAFICO No 7.05: Variación porcentual de los Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c (con respecto a 1 día de inmersión), para una presión de 0m H₂O (poza), en 1, 7 y 28 días de inmersión.

GRAFICO No 7.06: Variación porcentual de los Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c (con respecto a la presión de 0m H₂O).

GRAFICO No 7.07: Variación porcentual de los Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c (con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O).

GRAFICO No 7.08: Variación porcentual de los Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c (con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O), agregando los resultados obtenidos para las relaciones agua/cemento de 0.65 a 0.80. de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño.

Nota:

- Los ensayos, se realizaron en probetas de concreto endurecido de 15cm de diámetro y 30cm de altura; y están expresados en porcentaje de peso, para los siguientes casos:
 - a.- Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 0m H₂O en 1, 7 y 28 días de inmersión.
 - b.- Ensayo de Absorción Total de agua, para una presión de 7m H₂O en 1 día de inmersión.
- Las tablas de datos; los cuadros y gráficos, expresados en porcentaje de volumen y en litros/m² están en el anexo A.

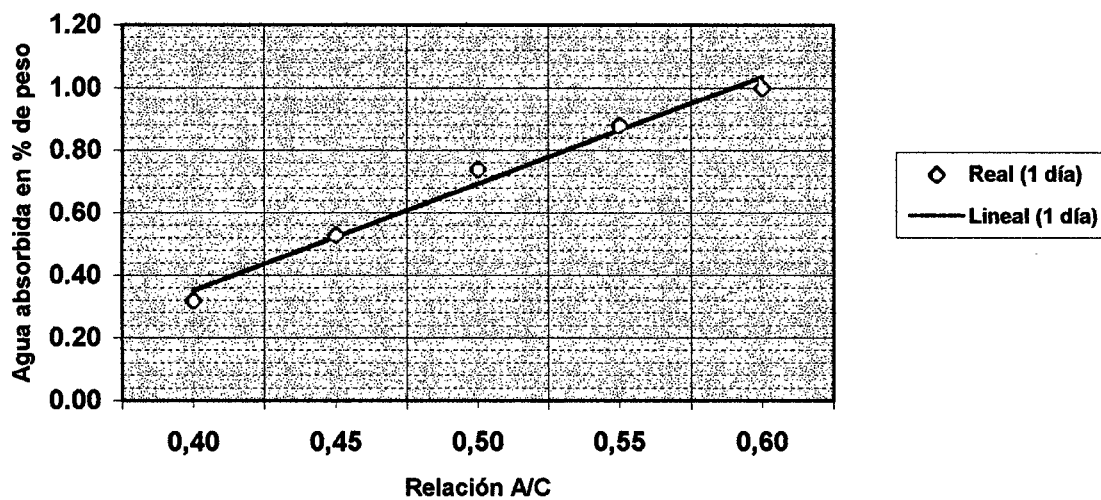
CUADRO No 7.01

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de peso
0,40	0.32
0,45	0.53
0,50	0.74
0,55	0.88
0,60	1.00

Gráfico No 7.01
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

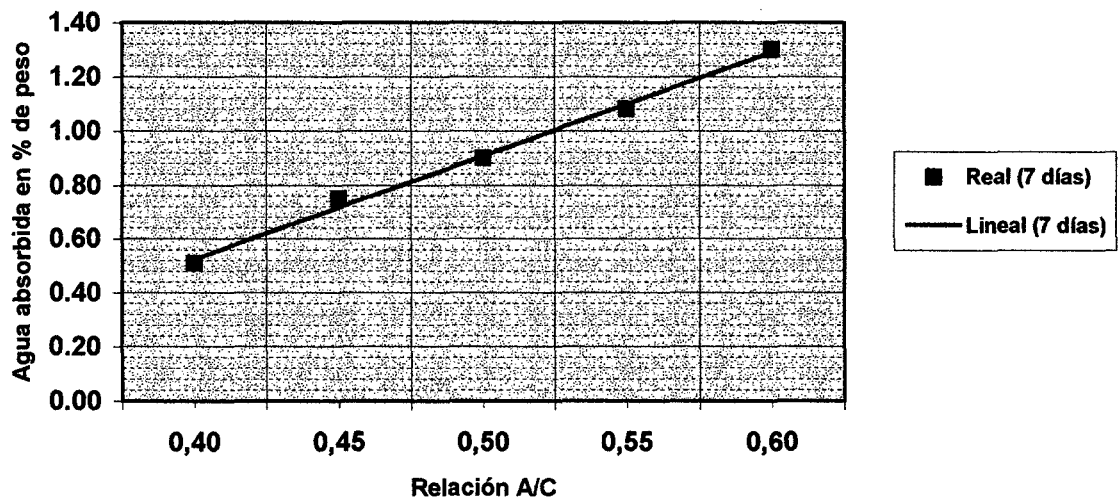
CUADRO No 7.02

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 7 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de peso
0,40	0.51
0,45	0.75
0,50	0.90
0,55	1.08
0,60	1.30

Gráfico No 7.02
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

CUADRO No 7.03

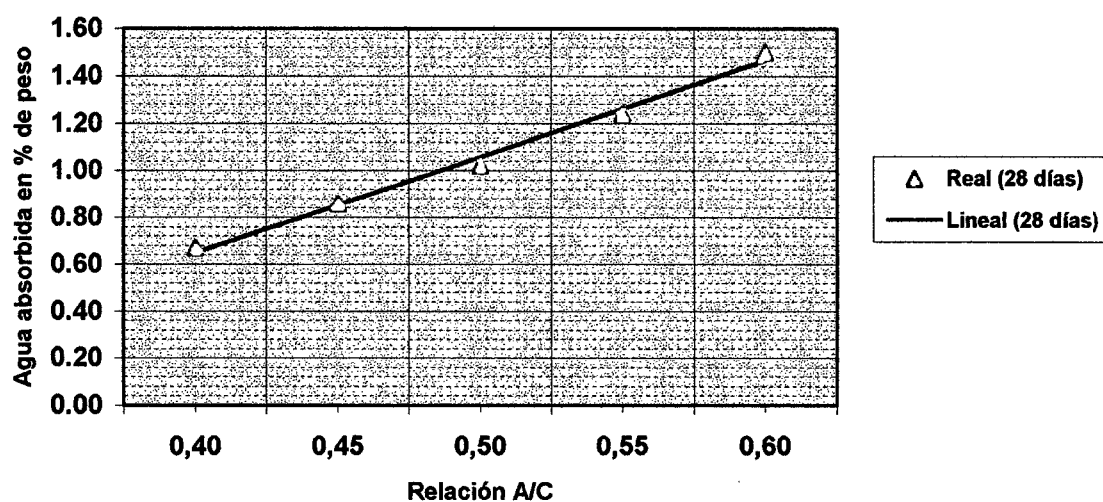
ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 28 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de peso
0,40	0.67
0,45	0.86
0,50	1.02
0,55	1.24
0,60	1.50

Gráfico No 7.03

Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

CUADRO No 7.04

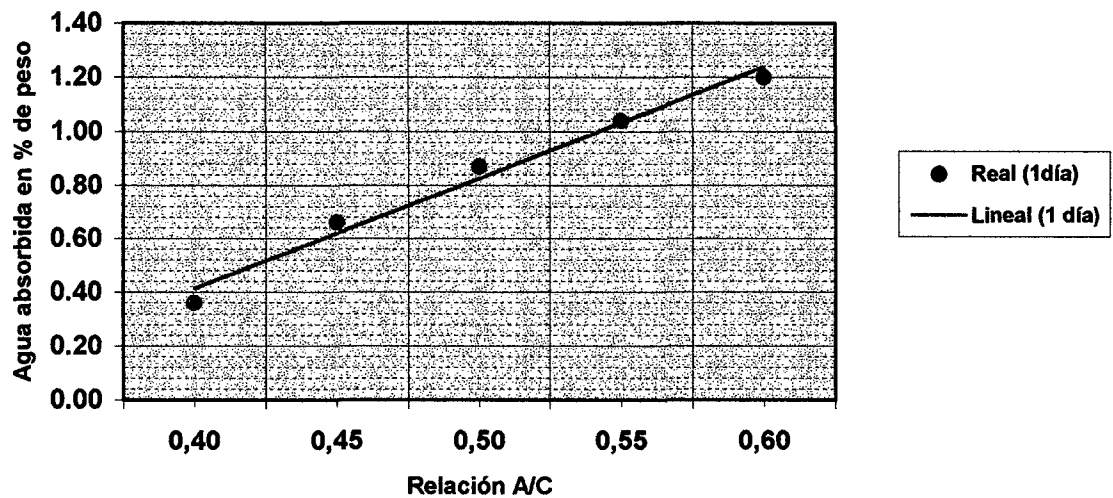
ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 7mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de peso
0,40	0.36
0,45	0.66
0,50	0.87
0,55	1.04
0,60	1.20

Gráfico No 7.04

Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

CUADRO No 7.05

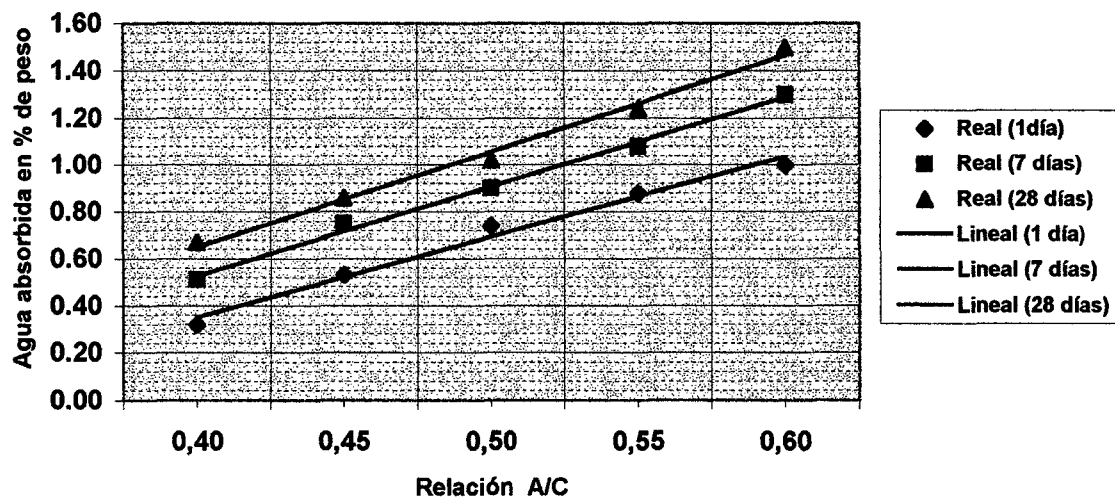
**Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión)**

Presión 0m H₂O - 1, 7 y 28 días

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso		
	Presión 0m H ₂ O		
	1 día	7días	28días
0,40	0.32	0.51	0.67
0,45	0.53	0.75	0.86
0,50	0.74	0.90	1.02
0,55	0.88	1.08	1.24
0,60	1.00	1.30	1.50

% de comparación	100%	135%	160%

Gráfico No 7.05
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

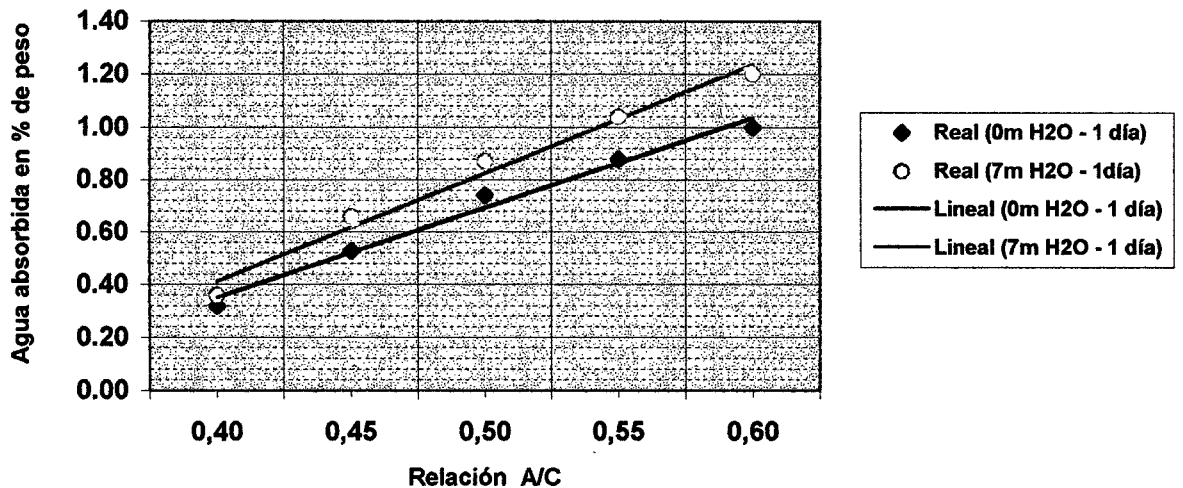
CUADRO No 7.06

**Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a la presión de 0m H₂O)**

Presiones 0m H₂O y 7m H₂O - 1 día

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso	
	Presión	
	0m H ₂ O	7m H ₂ O
0,40	0.32	0.36
0,45	0.53	0.66
0,50	0.74	0.87
0,55	0.88	1.04
0,60	1.00	1.20
% de comparación	100%	119%

Gráfico No 7.06
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

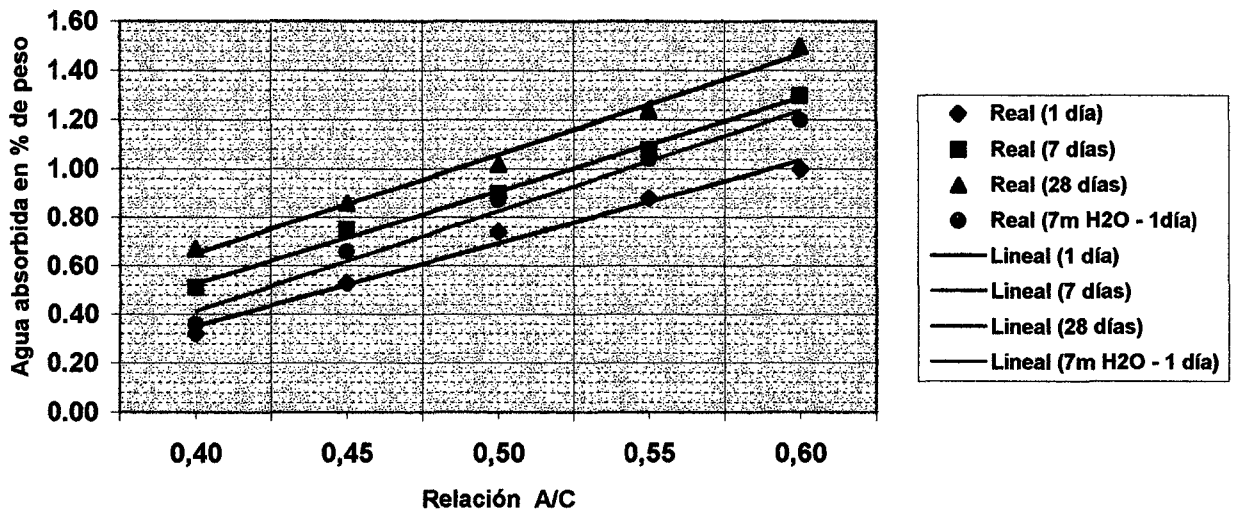
CUADRO No 7.07

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.32	0.51	0.67	0.36
0,45	0.53	0.75	0.86	0.66
0,50	0.74	0.90	1.02	0.87
0,55	0.88	1.08	1.24	1.04
0,60	1.00	1.30	1.50	1.20
% de comparación	100%	135%	160%	119%

Gráfico No 7.07
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

CUADRO No 7.08

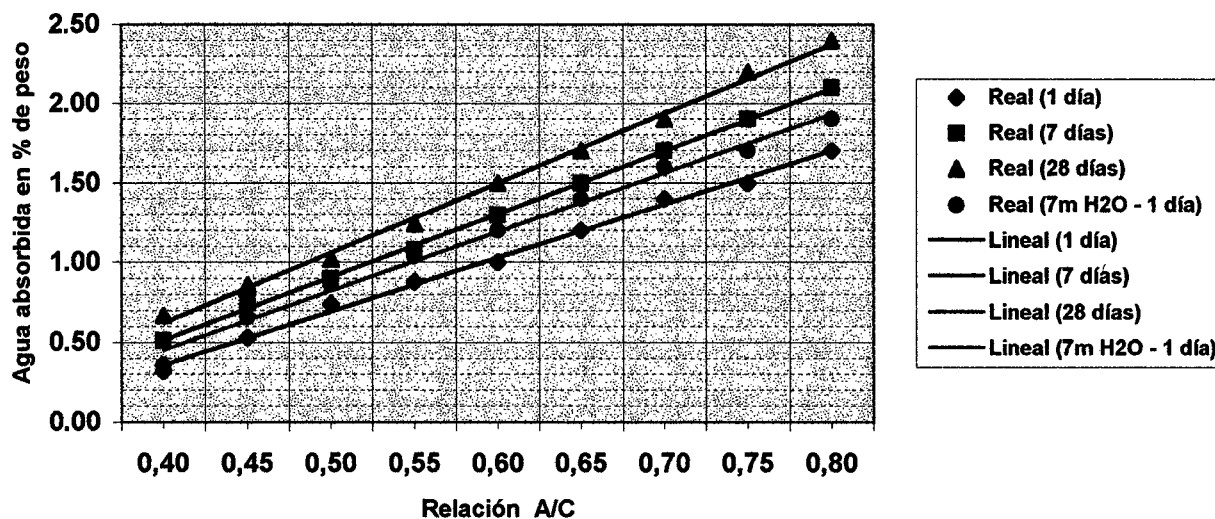
Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.32	0.51	0.67	0.36
0,45	0.53	0.75	0.86	0.66
0,50	0.74	0.90	1.02	0.87
0,55	0.88	1.08	1.24	1.04
0,60	1.00	1.30	1.50	1.20
0,65	1.20	1.50	1.70	1.40
0,70	1.40	1.70	1.90	1.60
0,75	1.50	1.90	2.20	1.70
0,80	1.70	2.10	2.40	1.90

% de comparación	100%	130%	152%	117%
------------------	------	------	------	------

Gráfico No 7.08
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Relación a/c = 0.65 a 0.80, datos obtenidos de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño

CAPITULO VIII

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****ANALISIS DE LOS RESULTADOS****1. GENERALIDADES**

El objetivo del presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar, mediante ensayos de laboratorio, la Absorción Total del concreto mediante la fabricación de probetas de concreto de 15cm*30cm sometiéndolo a una Presión de 0m de H₂O para 1, 7, 28 días y a una Presión de 7m de H₂O a un día (24 horas), mediante un equipo diseñado y fabricado para la medición de la Absorción.

El equipo fabricado nos sirve para determinar en un instante dado la penetración de agua en el volumen del concreto dado a diferentes presiones; en nuestro caso esta sometido a 7m de H₂O para 1 día (24 horas). Con la finalidad de obtener curvas en porcentajes de peso y volumen para un diseño de mezcla de a/c =0.40, 0.45, 0.50 y 0.55.

El equipo fabricado se muestra en la grafica N° 8.06.

Los materiales empleados fueron los siguientes:

- Cemento : Cemento Portland Tipo I – Marca Sol
- Relación
- Agua/Cemento : 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55
- Agregados : Arena
 - : Procedencia : Jicamarca
 - : Piedra
 - : Procedencia : Planta de Agregados en Ansieta
- Rango de
- Asentamiento : de 3 a 4 pulg.

El procedimiento seguido fue el de obtener una mezcla patrón del concreto para cada relación agua/cemento de 0.40, 0.45, 0.50, y 0.55. Luego se le somete a una Presión de 0m de H₂O para 1, 7, 28 y a una Presión de 7m de H₂O a 1 día (24 horas) para determinar diferentes curvas en porcentaje de peso y volumen.

Luego así obtener curvas patrones para presiones de 0m de H₂O y 7m de H₂O para cada mezcla según la relación agua/cemento.

El criterio de reducción del agua de mezcla, fue el de mantener un rango de asentamiento entre 3 a 4 pulgadas.

ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL

Se obtuvieron 4 diferentes dosificaciones en la mezcla de concreto, porque estoy trabajando con resistencias altas, para cada relación agua/cemento se fabricaron 14 probetas lo que hace un total de 56 probetas.

Se estudiaron las características del concreto, mediante la realización de los ensayos de Asentamiento en el Cono de Abrams (Consistencia), Exudación, Peso Unitario, Tiempo de Fragua, para el concreto en su estado fresco, y los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial, Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral, Modulo de Elasticidad Estático y Ensayo de Absorción Total, para el concreto en su estado endurecido.

2. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

2.1 Tipo de cemento empleado

En la presente tesis se utiliza el Cemento Portland Tipo I – sol, como material aglomerante. Es uno de los cementos de mayor uso en nuestro país y él más comercial en Lima (marca "sol").

El despacho del cemento portland que producen las plantas, se realiza en bolsas de 42.5 Kg y a granel. En nuestro caso el cemento utilizado es a granel, cuyas ventajas son las siguientes:

- Economía en la compra de cemento; de manejo en descarga, almacenamiento y manipulación; y por perdida originada en sacos deteriorados o mojados.
- Incremento en la productividad de la obra, por contar con cemento inmediatamente disponible.
- Evita el riesgo de robo.

Se ha procedido a efectuar un control en el desarrollo de las Resistencias a la Compresión con el tiempo, de acuerdo con los requerimientos de aceptabilidad de la Norma ASTM 150 – 92, que los valores mínimos de:

Tiempo	f'c mínimo(kg/cm ²)	%
3 días	126	45
7 días	196	70
14 días	238	85
28 días	280	100

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****2.2 Agregado fino empleado**

El Agregado Fino empleado es arena procedente de la cantera de Jicamarca, es un material cuyas características físicas son las siguientes:

Peso Especifico de Masa	= 2580 kg/m ³
Absorción	= 1.40%
Contenido de Humedad	= 3.67%
Peso Unitario Suelto	= 1315 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	= 1627 kg/m ³
Modulo de Finura	= 2.73
Material que pasa la malla No 200	= 3.30%
Granulometría Huso de Arena ASTM C 33 – 92 ^a	

En cuanto se refiere al peso específico y porcentaje de absorción, estas se encuentran dentro de los rangos normales; así el peso específico de la arena es de 2580 kg/m³, el cual está en el rango normal de 2500 a 2750 kg/m³, y la absorción de 1.4% es un valor normal.

El contenido de humedad del agregado fino utilizado está en el rango de valores de 3 a 4% lo cual es relativamente alto, por lo que para evitar variaciones y protegerlo del cambio de ambiente se tubo que almacenar en cilindros.

La granulometría se ajusta al huso de la Norma ASTM C 33 – 92^a, es una de las características de mayor exigencia, cuyo Modulo de Finura es de 2.73 y se aproxima al valor medio establecido de la norma que es de 2.3 a 3.1, es un material muy fino. Asimismo el otro requisito que debemos tener en cuenta es el de las sustancias dañinas, cuyo porcentaje menor que pasa la malla No 200 de este agregado es de 3.30%, el cual es menor al valor límite de 5% que establece la Norma.

2.3 Agregado grueso empleado

El Agregado Grueso empleado, está constituido por piedra chancada, producido en la Planta Chancadora de UNICON Concreto Pre mezclado en Ansieta, procesando Hormigón procedente de la cantera de "Lurin", este material está constituido principalmente por cantos rodados de diferentes tamaños.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

El material producido finalmente, presenta las siguientes características físicas:

Peso Especifico de Masa	= 2770 kg/m ³
Absorción	= 0.58%
Contenido de Humedad	= 0.25%
Peso Unitario Suelto	= 1424 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	= 1551 kg/m ³
Modulo de Finura	= 6.8
Diámetro Nominal Máximo	= ¾"
Granulometría Huso de Arena	ASTM C 150 – 92

Las características exigidas o requeridas están en función del tipo de obra y las condiciones de exposición, como las establece la Norma ITINTEC 400.037.

Para la Norma ITINTEC 400.022 el peso específico de masa ideal del agregado grueso deberá estar comprendido entre 2500 a 2750 kg/m³, el peso específico del agregado fue de 2770 kg/m³, lo cual nos indica, que el agregado presenta un peso específico bueno y alto; es decir que no posee muchos poros, lo cual se corrobora con un porcentaje de absorción de 0.58% que es un valor relativamente bajo, una baja absorción (peso específico alto), significa baja porosidad del agregado, esto nos sirve para tener confianza en el hecho de que el contenido de humedad de 0.25% no sufrirá grandes cambios, por lo tanto esta característica no será necesario darle un control diario. Además una baja absorción, es indicativa que la influencia del agregado en la permeabilidad del concreto será lo menos posible.

Según la Norma ITINTEC 400.017 el Peso Unitario Compactado deberá estar entre 1500 a 1700 kg/m³, en este rango se considera un agregado grueso de excelente consistencia y trabajabilidad.

El agregado grueso presenta un Peso Unitario Compactado de 1551 kg/m³, lo cual indica un valor mas o menos de calidad buena.

Según la Norma ITINTEC 400.012, en cuanto a la exigencia de su granulometría, en la mezcla se emplea el agregado con una gradación que cumple con el Huso N° 57, por cubrir un mayor espectros en los diferentes tamaños que presenta un agregado; para obtener esta granulometría se obtiene primero dos granulometrías que cumplan con los Husos N°s. 5 y 67, luego se las mezcla en una proporción de 3 a 7 respectivamente, obteniendose finalmente material que se ajusta al Huso N° 57, con un Modulo de Finura de 6.8. Esta característica por tratarse de un agregado chancado, ha sido favorable para la adherencia de la pasta y no muy favorable para la trabajabilidad, teniendo que emplear una cantidad mayor de agua.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****2.4 Agua empleada**

El agua que se utiliza es una agua potable que proviene de la ciudad de Lima, esta agua esta almacenada en una cisterna de la planta San Juan de UNICON.

3. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN OPTIMA DE LOS AGREGADOS

Se asume el criterio de máxima compacidad, se preparan las mezclas en diferentes proporciones de agregados, buscando la proporción optima donde se presente el Máximo Peso Unitario y la Máxima Resistencia a la Compresión.

Inicialmente se toman las proporciones entre arena y piedra de:

ARENA	PIEDRA
0.46	0.54
0.48	0.52
0.50	0.50
0.52	0.48
0.54	0.46

El Máximo Peso Unitario del Agregado Global se obtiene en la proporción de arena / piedra de 50.25% / 49.75% y para hallar la Máxima Resistencia a la Compresión se toman las proporciones entre arena y piedra de:

ARENA	PIEDRA
0.47	0.53
0.50	0.50
0.53	0.47

Donde la Máxima Resistencia a la Compresión se obtiene en la proporción de arena / piedra de 0.49 / 0.51. Los resultados se muestran en los cuadros N°s 4.02 y 4.04.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****4. DISEÑO DE MEZCLAS**

El método empleado es el Método del ACI, con una modificación, en la determinación de las cantidades de los agregados es donde se emplea la proporción óptima arena / piedra = 0.49 / 0.51, a diferencia del método del ACI que emplea un factor de agregado grueso, correspondiente a un modulo de finura del agregado fino. Las dosificaciones patrones se muestran en los cuadros N°s 4.05, 4.06, 4.07 y 4.08.

5. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO**5.1 Ensayo de Consistencia**

El ensayo de asiento o “slump” indica uno de los factores de la trabajabilidad de las mezclas de concreto, como es la consistencia.

En el capítulo 4 estudiado, los diseños de mezclas han sido ejecutados para obtener concretos con un slump que varíe entre el rango de 3 a 4 pulgadas.

Comparando los diseños de mezclas, variando la relación agua/cemento, y realizando un control del asentamiento que debe mantenerse en el rango ya establecido, se observa en los cuadros N°s 4.05, 4.06, 4.07 y 4.08 lo siguiente:

- A mayor relación agua/cemento se produce una mayor reducción del agua de mezcla ó se presenta una mayor reducción del agua de mezcla, a una mayor relación agua/cemento.

Los resultados de los “slump” para cada diseño de mezcla.

Variando para una relación agua / cemento de 0.40 a una relación agua / cemento de 0.45, se obtiene reducción del agua de mezcla, del orden de 3 litros; siguiendo la variación para una relación agua / cemento de 0.45 a una relación agua / cemento 0.50, se obtiene reducción del agua de mezcla, del orden de 5 litros; y continuando de una relación agua / cemento de 0.50 a una relación de agua / cemento de 0.55, se obtiene reducción del agua de mezcla, del orden de 5 litros por metro cubico de concreto.

- Los resultados de los “slump” para cada diseño de mezcla

También hemos apreciado que cuando la relación agua/cemento es muy baja (cemento en la mezcla por encima de los 350 kg/m³), el concreto posee una pasta muy buena, pero hay que tener cuidado con la temperatura en la determinación del slump, ya que el resultado del asentamiento se modifica con la temperatura de la mezcla e, indirectamente, por la temperatura del ambiente. El incremento de la temperatura hace disminuir el asentamiento.

Por ello, para mantener el control del asentamiento cuando el clima es más caluroso, habrá de requerirse de un aumento de la dosificación del agua.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****5.2 Ensayo de peso unitario**

El valor promedio de los valores de peso unitario obtenido es de 2342 kg/m³ para los diferentes diseños de mezclas, este valor se encuentra dentro de los concretos considerados como normales (2300 a 2500 kg/m³).

El resultado de peso unitario obtenido es aceptable y nos indica que depende fundamentalmente de las características de los agregados y no esta en función de la relación agua/cemento.

5.3 Ensayo de exudación

En el ensayo de Exudación, lo que se evalúa es el agua de mezcla que se separa de la masa y sube a la superficie del concreto. En el ensayo de Exudación del Concreto Fresco se observa que:

La Exudación del Concreto Fresco en la mezcla para cada relación agua / cemento tiene la siguiente variación:

- Comparando para una relación agua / cemento de 0.40 a 0.45, se obtiene un aumento de 0.08 %, ósea de 1.18 a 1.26 % respectivamente.

- Comparando para una relación agua / cemento de 0.45 a 0.50, se obtiene un aumento de 0.23 %, ósea de 1.26 a 1.49 % respectivamente.

- Comparando para una relación agua / cemento de 0.50 a 0.55, se obtiene un aumento de 0.09 %, ósea de 1.49 a 1.58 % respectivamente.

Lo cual puede deducirse que a mayor relación agua/cemento, tiende a aumentar el porcentaje de exudación, lo que nos indica que la exudación esta directamente relacionada con la relación agua/cemento, es decir se observa una mayor perdida de agua, conforme aumenta la relación agua/cemento.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****5.4 Ensayo del tiempo de fragua**

De este ensayo realizado, los resultados nos muestra que para las mismas condiciones de temperatura y variando solamente las relaciones agua/cemento, la fragua se da con mas "rapidez" para relaciones agua/cemento bajas (de 0.40 a 0.55).

Comparando los diseños para cada relación agua / cemento se obtiene lo siguiente:

En este caso:

- Para una relación agua / cemento de 0.40 el Tiempo de Fragua Inicial se da después de 3 horas 53 minutos, variando en 6 minutos el Tiempo de Fragua Inicial para una relación agua / cemento de 0.45.
- Para una relación agua / cemento de 0.45 el Tiempo de Fragua Inicial se da después de 3 horas 47 minutos, variando en 13 minutos el Tiempo de Fragua Inicial para una relación agua / cemento de 0.50.
- Para una relación agua / cemento de 0.50 el Tiempo de Fragua Inicial se da después de 4 horas, variando en 5 minutos el Tiempo de Fragua Inicial para una relación agua / cemento de 0.55, lo que da 4 horas 5 minutos.
- Para una relación agua / cemento de 0.40 el Tiempo de Fragua Final se da después de 5 horas 44 minutos, variando en 11 minutos el Tiempo de Fragua Final para una relación agua / cemento de 0.45.
- Para una relación agua / cemento de 0.45 el Tiempo de Fragua Final se da después de 5 horas 33 minutos, variando en 21 minutos el Tiempo de Fragua Final para una relación agua / cemento de 0.50.
- Para una relación agua / cemento de 0.50 el Tiempo de Fragua Final se da después de 5 horas 54 minutos, variando en 6 minutos el Tiempo de Fragua Final para una relación agua / cemento de 0.55, lo que nos da 6 horas.

ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL

Se observa que a mayor relación agua/cemento se produce un mayor incremento del tiempo de fragua tanto inicial como final. Este incremento es debido a que sus diseños de mezclas son para resistencias altas y no se está usando aditivo.

6 ANALISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

6.1 Ensayo de la resistencia a la compresión

Los resultados obtenidos de los ensayos de la resistencia a la compresión, para distintas relaciones agua/cemento, nos muestran que conforme disminuye la relación agua/cemento (alto contenido de cemento por m³), mayor es la resistencia a la compresión en el concreto. Donde se puede deducir que se encuentran inversamente proporcional.

También para cada relación agua/cemento, al aumentar las edades de 7, 14, 28 días, se obtiene un incremento de la resistencia a la compresión en porcentaje cuyos valores promedios, en este caso son de 77, 86, y 100% respectivamente, tomando como 100% para la resistencia obtenida a la edad de 28 días.

A continuación se presentan las resistencias del concreto patrón para cada relación agua/cemento de 0.40 al 0.55:

- Edad del Concreto (días)	7	14	28
- Nº de Probetas (promedio)	3	3	6
- Resistencia del concreto patrón para una relación a/c = 0.40	330	368	431
- Variación de la Resistencia a la Compresión (%)	77	85	100
- Resistencia del concreto patrón para relación a/c = 0.45	298	345	397
- Variación de la Resistencia a la Compresión (%)	75	87	100
- Resistencia del concreto patrón para relación a/c = 0.50	278	308	357
- Variación de la Resistencia a la Compresión (%)	78	86	100
- Resistencia del concreto patrón para relación a/c = 0.55	262	283	335
- Variación de la Resistencia a la Compresión (%)	78	84	100

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****6.2 Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral**

Los resultados obtenidos de resistencia a la tracción, determinada por un ensayo por compresión diametral a la edad de 28 días del concreto, nos indican que estas se encuentran directamente relacionados con la resistencia a la compresión. Cuya correlación obtenida es:

$RT = 11.28 + 2.73\%f_c$, donde su valor se da en kg/cm^2 .

De este ensayo al aumentar la relación agua/cemento se observa que la resistencia a la tracción por compresión diametral disminuye, como se muestra a continuación:

- Al aumentar la relación agua/cemento de 0.40 a 0.45 se obtiene un valor menor del orden de $1 Kg./cm^2$, ósea de $23 Kg/cm^2$ a $22 Kg/cm^2$ respectivamente.
- Al aumentar la relación agua/cemento de 0.45 a 0.50 se obtiene un valor menor del orden de $0.34 Kg/cm^2$, ósea de $22 Kg/cm^2$ a $21.66 Kg/cm^2$ respectivamente.
- Al aumentar la relación agua/cemento de 0.50 a 0.55 se obtiene un valor menor del orden de $1.66 Kg/cm^2$, ósea de $21.66 Kg/cm^2$ a $20 Kg/cm^2$ respectivamente.

6.3 Ensayo del modulo de elasticidad estático

Los resultados obtenidos de este ensayo, al analizarlo nos indican que conforme aumenta la relación agua/cemento, disminuye. El Modulo de Elasticidad Estático, lo cual se deduce que este ensayo varia de manera inversa con la relación agua/cemento y en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto; también se deduce que para una misma carga o esfuerzo a que es sometida la probeta, el concreto que posee una relación agua/cemento bajo (alto contenido de cemento por m^3), experimenta menores deformaciones respecto aquel de una relación agua/cemento mayor.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

6.4 Ensayo de absorción total de agua

El análisis de los resultados de este ensayo es parte del objetivo, ya que sobre él se basa el presente estudio del estado de permeabilidad.

Para el ensayo de Absorción Total de agua en el Concreto, se utilizaron 14 probetas de concreto, cuyas medidas son de 15cm*30cm, manteniendo en lo posible las mismas condiciones de operación, materiales, y equipo, variando únicamente los diseños de mezclas, definidos por las relaciones agua/cemento de 0.40 a 0.60 (concretos de mediana a alta resistencia), obteniéndose 3 gráficos principales: Peso (%), Volumen (%) y Volumen por área absorbida (litros/m²) v.s. la relación a/c, sometiénolo a una Presión de 0mH₂O (en la poza) para 1, 7, 28 días de inmersión, y a una Presión de 7mH₂O para 1 día (24 horas) de inmersión en el equipo.

Las variaciones de la cantidad de agua que se presentan para las distintas relaciones agua/cemento, son valores promedios, sobre una muestra de 14 probetas para cada relación (ver anexo), y el resumen que se muestra a continuación:

Para una relación R1 = A/C = 0.40:

- Edad del concreto (días)	1	7	28	
- Presión (mH ₂ O)	0	7	0	0
- N° probetas validas (promedio)	9	10	11	12
- Variación de la cantidad de agua en Peso (%)	0.32	0.36	0.51	0.67
- Variación de la cantidad de agua en Volumen (%)	0.77	0.87	1.24	1.61
- Variación de la cantidad de agua en Volumen por área absorbida (litros/m ²)	0.24	0.26	0.38	0.49

Para una relación R2 = A/C = 0.45:

- Edad del concreto (días)	1	7	28	
- Presión (mH ₂ O)	0	7	0	0
- N° probetas validas (promedio)	12	12	13	13
- Variación de la cantidad de agua en Peso (%)	0.53	0.66	0.75	0.86
- Variación de la cantidad de agua en Volumen (%)	1.26	1.63	1.79	2.07
- Variación de la cantidad de agua en Volumen por área absorbida (litros/m ²)	0.38	0.48	0.54	0.63

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

Para una relación R3 = A/C = 0.50:

- Edad del concreto (días)	1	7	28	
- Presión (mH ₂ O)	0	7	0	0
- Nº probetas validas (promedio)	11	12	11	12
- Variación de la cantidad de agua en Peso (%)	0.74	0.87	0.90	1.02
- Variación de la cantidad de agua en Volumen (%)	1.77	2.08	2.12	2.43
- Variación de la cantidad de agua en Volumen por área absorbida (litros/m ²)	0.54	0.63	0.65	0.74

Para una relación R4 = A/C = 0.55:

- Edad del concreto (días)	1	7	28	
- Presión (mH ₂ O)	0	7	0	0
- Nº probetas validas (promedio)	9	9	11	9
- Variación de la cantidad de agua en Peso (%)	0.88	1.04	1.08	1.24
- Variación de la cantidad de agua en Volumen (%)	2.10	2.48	2.57	2.95
- Variación de la cantidad de agua en Volumen por área absorbida (litros/m ²)	0.64	0.75	0.78	0.90

Para mayor claridad de los análisis de los resultados, lo vamos a dividir en tres partes:

6.4.1 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 0m H₂O (poza) para un día de inmersión

Los grados de absorción total, obtenidos para las relaciones agua/cemento estudiados de 0.40 a 0.60, considerados como concretos de mediana a alta resistencia, se presentan en el siguiente cuadro N° 8.01:

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

**CUADRO No 8.01
GRADOS DE ABSORCIÓN TOTAL
PRESIÓN 0m H₂O (poza) – 1 DÍA**

RELACION A/C PATRON	AGUA ABSORBIDA		
	PESO (%)	VOLUMEN (%)	LITROS/M2
0.40	0.32	0.77	0.24
0.45	0.53	1.26	0.38
0.50	0.74	1.77	0.54
0.55	0.88	2.10	0.64
0.60	1.00	2.40	0.74

Donde:

Curado de las probetas	: 28 Días
Tiempo de ensayo	: 1 día (24 horas)
Peso (%)	: Porcentaje de peso
Volumen (%)	: Porcentaje de volumen
Litros/m ²	: Volumen por área absorbida

Del cuadro podemos observar que:

a.- Los grados de absorción total de agua, expresados en porcentaje de peso, varían de 0.32 a 1.00%. La variación de estos resultados con respecto a cada relación agua/cemento, puede notarse que existe una marcada diferencia entre ellos, hay una menor absorción conforme la relación agua/cemento es menor.

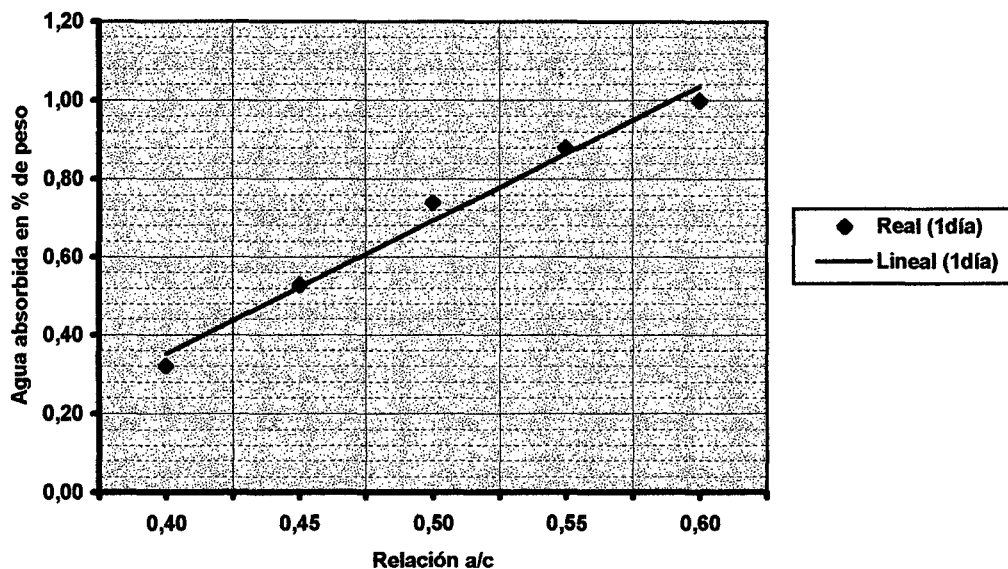
b.- Los grados de absorción total de agua, expresados en porcentaje de volumen, varían de 0.77 a 2.40; estos valores nos indican, con respecto a los valores expresados como porcentaje de peso, que más o menos llega a ser el doble y las diferencias de cada relación se hacen más notorias; de esto podemos explicar que en el ensayo se midió el agua total o neta absorbida (diferencia de pesos), para una determinada presión y tiempo; y luego como resultado, son referidas respecto al peso de la muestra considerada, como también respecto al volumen, siendo numéricamente menor el volumen con relación al peso de la muestra.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

c.- Los grados de absorción total de agua, expresados en volumen por unidad de área absorbida, varían de 0.24 a 0.74 litros/m²; es decir varían aproximadamente de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de litro por metro cuadrado de área absorbida, teniendo las mismas variaciones que los anteriores, porque es el mismo valor neto absorbido de agua en la muestra.

Del cuadro No 8.01, los resultados obtenidos expresados en porcentaje de peso, al representarlo en forma gráfica (gráfica No 8.01), se muestran, que los grados de absorción total varían en forma directa y con tendencia lineal, en función a la relación agua/cemento; es decir cuanto menor es la relación agua/cemento (concreto con alto contenido de cemento por m³), el grado de absorción total será menor en el concreto.

**GRAFICA No 8.01
GRADO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA V.S. RELACIÓN A/C
Presión 0mH₂O(poza) - 1día**



A continuación en el cuadro No 8.02, apreciamos la comparación de los grados de absorción total de agua, en el que tomado como 100% el valor correspondiente para la relación agua/cemento de 0.60 (valor que debe mejorarse); se tiene que, para las demás relaciones, los valores varían de manera aritmética (tendencia lineal), obteniéndose para la relación agua/cemento más baja

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

estudiada de 0.40 un valor de 32%, es decir a medida que baja la relación agua/cemento, disminuyen los grados de absorción total de agua. Siendo esta disminución en promedio de aproximadamente de 17%, por cada disminución de 0.05 de la relación agua/cemento (respecto a la relación agua/cemento de 0.60)

**CUADRO No 8.02
COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA**

RELACIÓN A/C	Agua absorbida en % respecto La relación de a/c=0.60
0.60	100%
0.55	88%
0.50	74%
0.45	53%
0.40	32%

Donde:

Curado de las probetas : 28 días
 Tiempo de ensayo : 1 día (24 horas)
 A/C : 0.60 (valor de comparación)

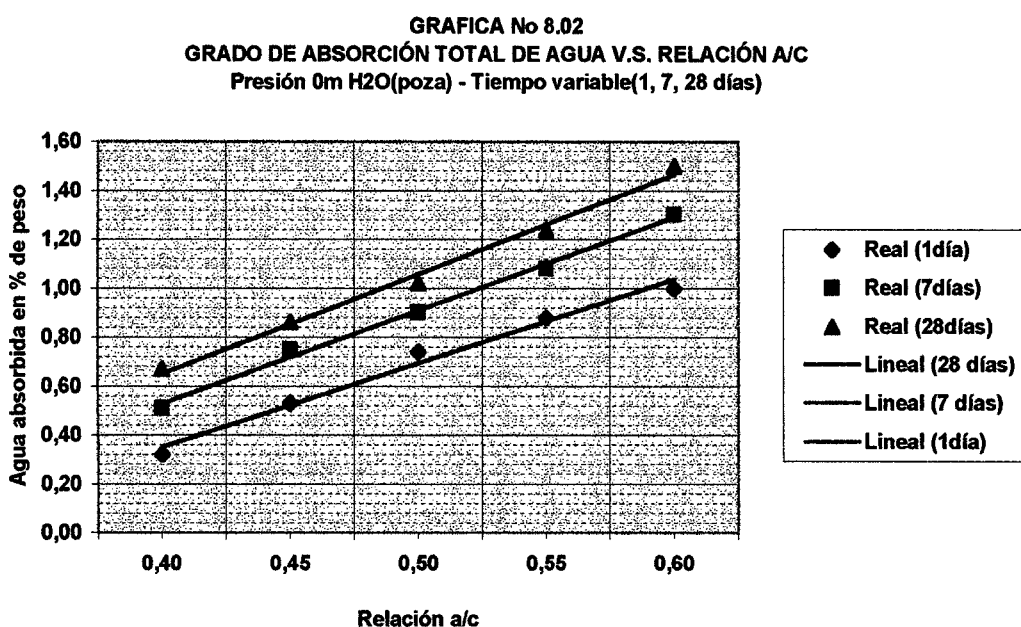
6.4.2 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 0m H₂O (poza) y su variabilidad cuando se incrementa el tiempo (7 y 28 días)

En la gráfica No 8.02, se muestran los grados de absorción total de agua en el concreto ensayadas para 7 y 28 días, se puede apreciar que la tendencia se mantiene igual al ensayo realizado a 1 día (24 horas), con la única diferencia que sus valores se incrementan.

Los incrementos en los grados de absorción total, que se dan al ensayar para 7 y 28 días, respecto a 1 día (24 horas) tomando como 100%, son aproximadamente de 135% y 160% como valores promedios respectivamente para todas las relaciones agua/cemento (0.40 a 0.60). Estos valores nos indican que cuando se incrementa el tiempo de inmersión de dichas probetas, sus valores llegan a incrementarse hasta llegar a "saturarse" las probetas de concreto, que aproximadamente se puede decir que a los 28 días se "saturan".

ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL

Según estos valores la muestra de concreto ensayada llegaría a “saturarse” con un 50% mas , sobre aquel obtenido a 1 día (24 horas); pero lo mas importante de todo esto es en que grado se manifiesta la absorción total para cada relación agua/cemento. Lo cual podemos observar de las gráficas N°s.8.02 y 8.03, que hay menos grado de absorción total, cuando menor es el tiempo y la relación agua/cemento.

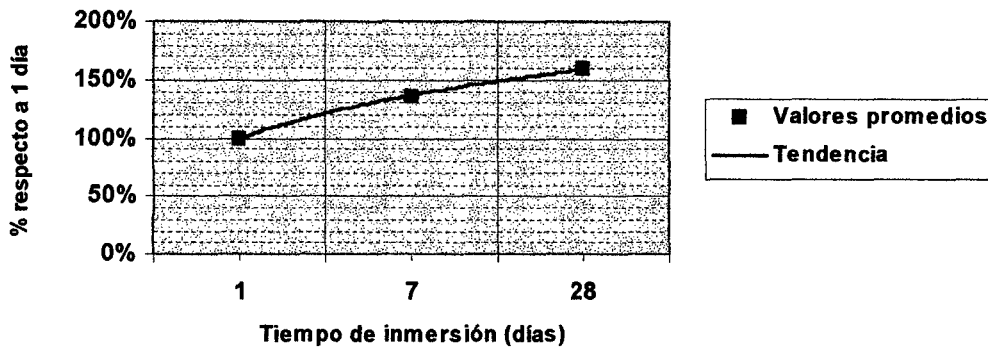


Los incrementos en porcentaje de los grados de absorción total según el tiempo se muestran en el siguiente cuadro y gráfica No 8.03:

Tiempo de ensayo	Grados de absorción total en % respecto a 24 horas
1 día	100%
7 días	135%
28 días	160%

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

**GRAFICA No 8.03
VARIACIÓN PORCENTUAL DE ABSORCIÓN TOTAL EN EL TIEMPO**



6.4.3 Ensayo de absorción total de agua en el concreto a una presión de 7m H₂O para 1 día (24 horas) de inmersión

En el cuadro No 8.04, se muestran los grados de absorción total ensayadas a una presión de 7m H₂O (10 psi.), para un tiempo de 1 día (24 horas) de inmersión, estos valores son mayores respecto a aquellos realizados a una presión de 0m H₂O (en la poza) para el mismo tiempo.

Tiene un incremento en el grado de absorción total para todas las relaciones agua/cemento ensayadas, de 119% en valor promedio, lo cual indica que el agua a presión trata de salir por las paredes del equipo, por lo que debido a la propiedad de permeabilidad de los concretos, al no poder salir, se consigue la filtración del agua en las paredes de las probetas de concreto ensayadas, alcanzando un grado de absorción total el cual se muestra en el cuadro.

CUADRO No 8.04

**GRADOS DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA A UNA PRESIÓN DE 7m H₂O
1 DÍA DE INMERSIÓN**

RELACIÓN A/C PATRON	A PRESIÓN	
	0 m de H ₂ O	7 m H ₂ O
0.40	0.32	0.36
0.45	0.53	0.66
0.50	0.74	0.87
0.55	0.88	1.04
0.60	1.00	1.20

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

6.5 Absorción total de agua, para relaciones agua/cemento mayores a 0.60

En el siguiente cuadro No 8.05 se presentan los grados de absorción total ya analizados, para relaciones agua/cemento de 0.40 a 0.60 (concretos de mediana a alta resistencia), al cual le vamos adicionar los resultados obtenidos por el Ing. Sergio Mamani Avendaño, para relaciones agua/cemento de 0.65 a 0.80 (concretos de mediana a baja resistencia)

CUADRO No 8.05

GRADOS DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA A UNA PRESIÓN DE 0m H₂O (poza)

RELACIÓN A/C PATRON	AGUA ABSORBIDA		
	En % de peso	En % de volumen	En Litros/m ²
0.40	0.32	0.77	0.24
0.45	0.53	1.26	0.38
0.50	0.74	1.77	0.54
0.55	0.88	2.10	0.64
0.60	1.00	2.40	0.74
0.65	1.20	2.80	0.86
0.70	1.40	3.20	0.97
0.75	1.50	3.60	1.09
0.80	1.70	3.90	1.21

Donde:

Curado de las probetas	: 28 Días
Tiempo de ensayo	: 1 día (24 horas)
Peso (%)	: Porcentaje de peso
Volumen (%)	: Porcentaje de volumen
Litros/m ²	: Volumen por área absorbida

Al adicionar los resultados en el cuadro, podemos describir el siguiente análisis:

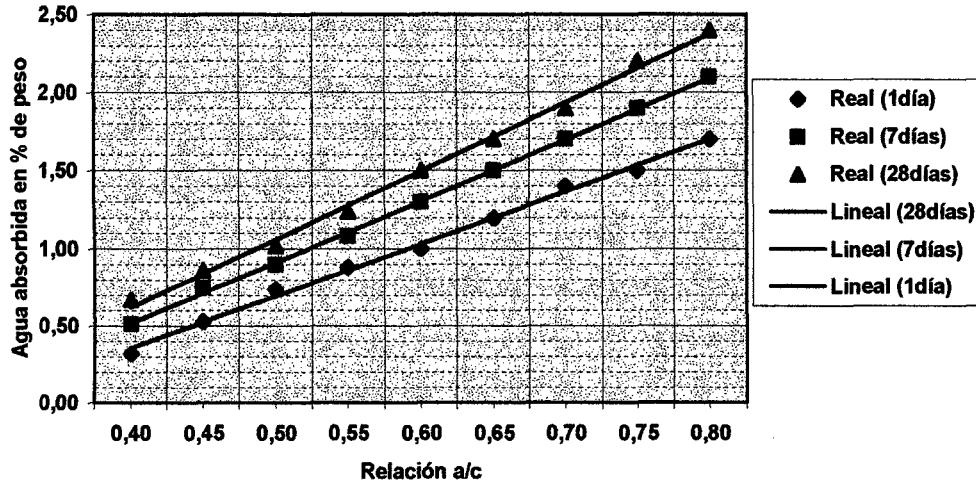
a.- Para las relaciones agua/cemento mayores a 0.60, en la medida que estos aumentan, los grados de absorción total también aumentan, llegándose a obtener para la relación agua/cemento de 0.80, un grado de absorción total relativamente muy alto de 1.70% en porcentaje de peso, 3.9% en porcentaje de volumen y 1.21 litros/m² expresado como volumen por unidad de área absorbida.

ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL

b.- La tendencia lineal señalada, y las variaciones correspondientes que se han mencionado en el análisis realizado para relaciones agua/cemento de 0.40 a 0.60, se mantienen para estas relaciones mayores a 0.60; mencionando lo siguiente:

- Los grados de absorción total varían en forma directa y tendencia lineal, en función a la relación agua/cemento; es decir cuanto menor es la relación agua/cemento (concreto de alto contenido de cemento por m³) el concreto tiene menor grado de absorción total.
- Los grados de absorción total ensayadas para 7 y 28 días, mantienen la misma tendencia para aquel realizado a 1 día (24 horas), con la diferencia que estos valores se incrementan.

GRAFICA No 8.05
GRADO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA V.S. RELACIÓN A/C
Presión 0m H₂O (poza) - Tiempo Variable (1, 7, 28 días)



Donde:

Curado de las probetas : 28 días

c.- Al hacer la comparación de los grados de absorción total, tomando como 100% el valor para la relación agua/cemento de 0.60 (mayor valor para concretos de mediana a alta resistencia), como podemos apreciar en el cuadro No 8.06, para una relación agua/cemento alta de 0.80, su grado de absorción logra aumentar a un 170%, lo que quiere decir que hay un aumento mayor a 50% comparado con respecto a la relación de 0.60, donde vemos que este valor es muy elevado para poder tener como requerimiento en la durabilidad del concreto.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

CUADRO No 8.06

**COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA A UNA PRESIÓN
DE 0m H₂O (poza)**

RELACIÓN A/C PATRON	AGUA ABSORBIDA			Comparación
	En % de peso	En % de volumen	En Litros/m ²	
0.40	0.32	0.77	0.24	32%
0.45	0.53	1.26	0.38	53%
0.50	0.74	1.77	0.54	74%
0.55	0.88	2.10	0.64	88%
0.60	1.00	2.40	0.74	100%
0.65	1.20	2.80	0.86	120%
0.70	1.40	3.20	0.97	140%
0.75	1.50	3.60	1.09	150%
0.80	1.70	3.90	1.21	170%

Donde:

Curado de las probetas : 28 Días

Tiempo de ensayo : 1 día (24 horas)

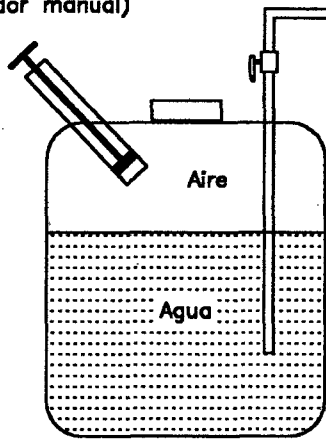
Comparación : Comparación porcentual respecto a la relación a/c=0.60

d.- Los resultados adicionados para este análisis de comparación, complementan resultados en un rango mucho mayor de la relaciones agua/cemento, tal como ha sido nuestro objetivo, debido a que los ensayos en las muestras se han realizado para las mismas condiciones de materiales, equipo y operación.

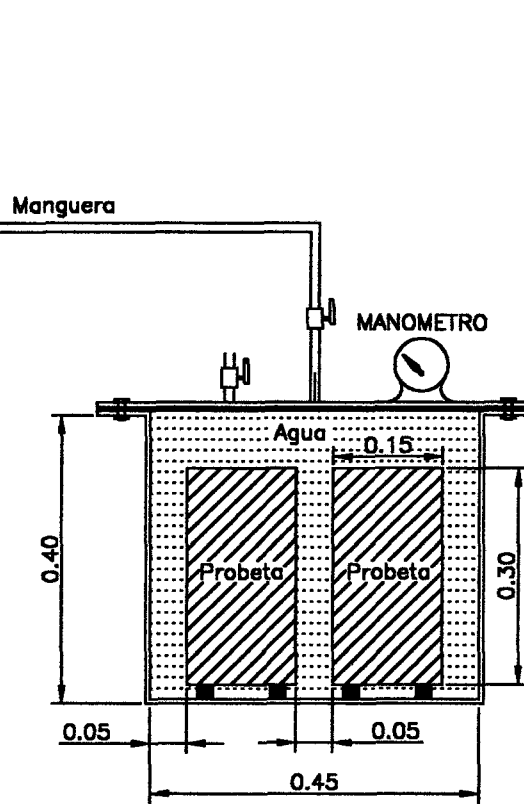
Grafico No 8.06

EQUIPO DE ABSORCION TOTAL DE AGUA A PRESION *
(ESQUEMA DEL ENSAYO)

COMPRESOR DE AIRE
(inflador manual)



SISTEMA DE PRESION



TANQUE DE INMERSION DE
LAS PROBETAS DE CONCRETO

(capacidad : cuatro probetas)

SUS COMPONENTES DEL TANQUE SON:

- VALVULA DE PURGA
- MANOMETRO
- CONEXION TANQUE-MANGUERA (ϕ 1/2")
- SISTEMA DE SIERRE
- Brida superior en la tapa (e=1/4")
- Empaquetadura de jebe (e=1/4")
- Brida inferior en el cajón (e=1/4")
- 12 pernos (ϕ 3/8x1")
- SOPORTE PARA PROBETAS (ϕ 1/2")

Notas:

- El tanque consiste en una caja metalica de 45x45cm. de base y 40cm. de altura, elaborado con planchas de acero de espesor 1/4"
- Las medidas que se denotan en el dibujo estan dadas en metros (ESC 1:10)

(*) Equipo diseñado y fabricado por:

Bach. Sergio Mamani Avendaño
Bach. Adolfo Suárez Leyva
Bach. Jorge Arce Pomalía
Bach. Iván Quijano Uribe
Ing. Carlos Barzola Gastelú

PROP. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
PLANO: EQUIPO DE ABSORCION TOTAL DE AGUA A PRESION (esquema de ensayo)			
PROYECTO/TEMA: ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD PARA CONCRETOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA, UTILIZANDO EL CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL Nueva Propuesta de diseño, fabricación y medición			
ASESOR: ING. C. BARZOLA	INGENIERO: A. SUAREZ L.	ESCALA: 1:10	FECHA: ENERO '97

P-1

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****1.-GENERALIDADES**

En el estudio del estado de permeabilidad del concreto, tema de investigación que ha tenido por objetivo, determinar la absorción total de agua que toma el concreto en su estado endurecido, con el fin de explicar la propiedad de permeabilidad; realizando los ensayos con el equipo "nuevo" diseñado y fabricado para diseños de mezclas definidos por las relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 (concreto de mediana a alta resistencia), utilizando el cemento Portland tipo I - Sol, probetas de concreto de 15 x 30; sometiéndolos esto último a una presión de 0m H₂O para 1, 7 y 28 días; y a una presión de 7m H₂O para 1 día (24 horas), después de someterlo a un curado de 28 días dichas probetas.

Para obtener estos objetivos, además de realizar los ensayos en si, se ha estudiado la influencia que tiene la permeabilidad en los mecanismos de ataque que afectan la durabilidad del concreto y estudiar los elementos a los cuales se debe la permeabilidad.

Para realizar los ensayos del concreto, primero se ha determinado las características físicas de los agregados, luego el método de diseño de mezcla utilizado (agregado global), se consideró una proporción de arena y piedra que daba la máxima compactación (al mezclarlos estos dos materiales), y corregido luego, por aquella proporción que diera el mayor valor de resistencia a la compresión ensayadas a los 7 días de curado (ensayo de prueba), esta proporción fue de 49% de arena y 51% de piedra; además en el diseño se consideró una cantidad de agua que permitiera obtener concretos con asentamientos de 3" a 4" (capítulo 4).

Teniendo los diseños definitivos, se prepararon las probetas de concreto, para las relaciones agua/cemento indicados, y se efectuaron los ensayos manteniendo las mismas condiciones de materiales, equipo y operación empleado.

Después del proceso de investigación descrito se pueden dictar las conclusiones y recomendaciones siguientes:

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

2.-CONCLUSIONES

- 1.-Los grados de absorción total que toman las probetas de concreto endurecido, ensayadas para las distintas relaciones agua/cemento(0.40 a 0.60); se concluye que hay una gran diferencia, siendo mayores los grados de absorción total para relaciones agua/cemento mayor, bajo las mismas condiciones de materiales, equipo y operación.

- 2.-En el Cuadro Nº 9.01 se muestran los grados de absorción total, obtenidas de las probetas de concreto endurecido, ensayadas a 1 día (24 horas), y a la presión de 0m H₂O (poza), a partir de estos resultados, se concluye que:

**CUADRO Nº 9.01
GRADOS DE ABSORCION TOTAL
PRESION 0m H2O - 1 DIA**

RELACION A/C PATRON	AGUA ABSORBIDA		
	PESO (%)	VOLUMEN (%)	LITROS/M2
0.40	0.32	0.77	0.24
0.45	0.53	1.26	0.38
0.50	0.74	1.77	0.54
0.55	0.88	2.10	0.64
0.60	1.00	2.40	0.74

Donde:

- Curado de las probetas : 28 días
 Tiempo de ensayo : 1 día
 Peso (%) : Porcentaje de peso
 Volumen (%) : Porcentaje de volumen
 Litros/m² : Volumen por área absorbida

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

- a.-Los grados de absorción total obtenidos para relaciones agua/cemento menores a 0.60, son inferiores a 1.00% en porcentaje de peso, obteniéndose un grado de absorción total de 0.32% para la menor relación estudiado de 0.40.
- b.-Los grados de absorción total obtenidas del cuadro N° 9.01, varían en forma directa y con tendencia lineal, en función a la relación agua/cemento, es decir para relaciones agua/cemento mayores, el concreto tiene mayor grado de absorción total.
- c.-El grado de absorción total obtenido para la menor relación agua/cemento de 0.40 (0.32%), representa el 32% del que corresponde a la relación agua/cemento estudiado de 0.60 (1.00%), lo cual significa, que al aumentar la relación agua/cemento, aumenta los grados de absorción total.

Este aumento en promedio es de aproximadamente del 17% por cada aumento de 0.05 en la relación agua/cemento, tomando para este caso como 100% el grado de absorción correspondiente a la relación agua/cemento estudiado de 0.60 (el mayor valor requerido para concretos de mediana a alta resistencia).

Relacion a/c patrón (grado de absorcion total en % de peso)	Grado de absorcion total en % respecto a la relacion a/c = 0.60
0.40 (0.32%)	32
0.45 (0.53%)	53
0.50 (0.74%)	74
0.55 (0.88%)	88
0.60 (1.00%)	100

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

3.-Las probetas de concreto endurecido, ensayadas para tiempos de inmersión mayor (7 y 28 días); sus grados de absorción total, mantienen la misma relación directa y tendencia lineal para las distintas relaciones agua/cemento; obteniéndose la diferencia en que los grados de absorción total son mayores, alcanzando para 7 y 28 días un 135% y 160% respectivamente, en relación aquel realizado solo a 24 horas (1 día) de inmersión en el equipo. El cual se muestra en el cuadro No 9.03 y grafico No 9.01.

TIEMPO DE INMERSION	24 HORAS 1 DIA	7 DIAS	28 DIAS
Grado de Absorción total en % respecto a 1 día.	100	135	160

Porcentajes calculados con relación al peso.

4.-Los grados de absorción total, ensayados en las probetas de concreto endurecido para 1 día (24 horas) y para una presión de 7m de H₂O (10 psi), presión mayor que la de la poza (presión 0m de H₂O), mantienen la misma relación directa y tendencia lineal para las distintas relaciones agua/cemento; la diferencia está en sus valores, son mayores y alcanzan un 119% (cuadro No 9.03 y grafico No 9.01), respecto a aquel realizado en la poza, lo cual podemos concluir que a mayor presión de agua, hay mayor rapidez de absorción en las probetas de concreto endurecido.

PRESION DE ENSAYO	0 m H2O (poza)	7 m H2O (10 psi)
Grado de Absorción total en % respecto a 0m H2O.	100	119

Porcentaje calculados con relación al peso.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I – SOL**

5.-Los parámetros que permiten evaluar la calidad del concreto, son los resultados de los ensayos del concreto al estado fresco y estado endurecido, que se encuentran interrelacionados con los grados de absorción total de agua. Entre los parámetros más evidentes sobre los grados de absorción total, está el ensayo de exudación, puesto que para relaciones agua/cemento mayores, mayor es el porcentaje de exudación, por lo tanto el concreto tiene un grado de absorción total mayor; y en el concreto endurecido está la resistencia a la compresión, el cual indica pues, que el concreto mientras menor sea su resistencia a la compresión, mayor será su grado de absorción total.

Relacion a/c patrón	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
(Grado de absorcion total en % de peso)	(0.32)	(0.53)	(0.74)	(0.88)	(1.00)
Resistencia a la compresión					
f'c (kg/cm2)	431	397	357	335	330

6.-Los grados de absorción total obtenidos en el presente estudio, pueden ser tomados como datos patrones, para que en el futuro se ampliará los estudios sobre el estado de permeabilidad del concreto utilizando el cemento Portland tipo I - Sol, adicionándole aditivos y a diferentes presiones, ya que en esta tesis solamente se hizo el estudio para concretos (sin aditivos), características de los materiales y las condiciones de operación como normales, con una presión de 7m de H₂O (10 psi.) en el equipo.

7.-Los ensayos de absorción total a una presión de agua, realizadas en el equipo que se ha diseñado y fabricado, ha dado resultados satisfactorios, ya que nos permite realizar ensayos sobre las probetas de concreto endurecido (15 x 30), donde su operación es muy sencilla. Este ensayo se aproxima mejor en los casos donde la superficie del concreto se encuentra expuesto a una determinada presión.

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL**

8.-De acuerdo a los grados de absorción total obtenidos, por el Ing. Sergio Mamani Avendaño, para relaciones agua/cemento mayores que 0.60 (cuadros N°s. 9.02, 9.04 y grafico No 9.02), se ha podido reafirmar la relación directa y tendencia lineal que existe, entre las relaciones agua/cemento y los grados de absorción total. Es así, que para la mayor relación agua/cemento, en este caso de 0.80, se ha obtenido un grado de absorción total de 1.70% en porcentaje de peso, el cual representa un 170% respecto al grado de absorción total correspondiente a la relación agua/cemento estudiado de 0.60.

**CUADRO N° 9.02
GRADOS DE ABSORCION TOTAL
PRESION 0m H₂O - 1 DIA**

RELACIÓN A/C PATRON	AGUA ABSORBIDA			Comparación
	En % de peso	En % de volumen	En Litros/m ²	
0.40	0.32	0.77	0.24	32%
0.45	0.53	1.26	0.38	53%
0.50	0.74	1.77	0.54	74%
0.55	0.88	2.10	0.64	88%
0.60	1.00	2.40	0.74	100%
0.65	1.20	2.80	0.86	120%
0.70	1.40	3.20	0.97	140%
0.75	1.50	3.60	1.09	150%
0.80	1.70	3.90	1.21	170%

Donde:

Curado de las probetas : 28 Días

Tiempo de ensayo : 1 día (24 horas)

**ESTUDIO DEL ESTADO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL****3.-RECOMENDACIONES**

1.-En el ensayo de absorción total del concreto, tener cuidado antes, de que las probetas de concreto endurecido, estén bien secas, limpias y evitar que se maltrate o golpeen al colocarlos en el equipo de ensayo.

Después del ensayo de absorción total, tener cuidado al sacar las probetas que están en el equipo, realizar un secado superficial adecuado y pesar usando una balanza con una exactitud al gramo.

2.-De acuerdo a los resultados obtenidos de los grados de absorción total en el concreto, utilizando el cemento Portland tipo I - Sol y las características de los materiales del presente estudio, podemos tomar como una recomendación para la durabilidad del concreto de acuerdo al ACI para una relación agua/cemento menores a 0.50; el concreto para este requerimiento de durabilidad deberá tener como máximo un grado de absorción total de 0.74% en peso (a una presión de 0m de H₂O y 24 horas de inmersión) y en caso de hacerse el ensayo a una presión de 7m de H₂O y 24 horas de inmersión será de 0.87% en peso, lo cual alcanza un 119% a esta determinada presión.

3.-Para tener una buena mezcla uniforme de cemento, agregados (finos y gruesos) y agua; y lograr así un grado de absorción total menor, es necesario estudiar cuidadosamente la dosificación, eso implica utilizar un tipo de cemento adecuado, estudiar la granulometría y la determinación de las proporciones en que debe usarse tanto los agregados gruesos como los finos, una buena preparación compacta de manera de obtener la mayor densidad y sin segregación.

4.-El curado es muy importante ya que permite que el concreto se mantenga por más tiempo húmedo, será mas favorable para la hidratación del cemento; dando lugar a tener menos absorción total y en consecuencia aumentará la impermeabilidad por disminución de vacíos.

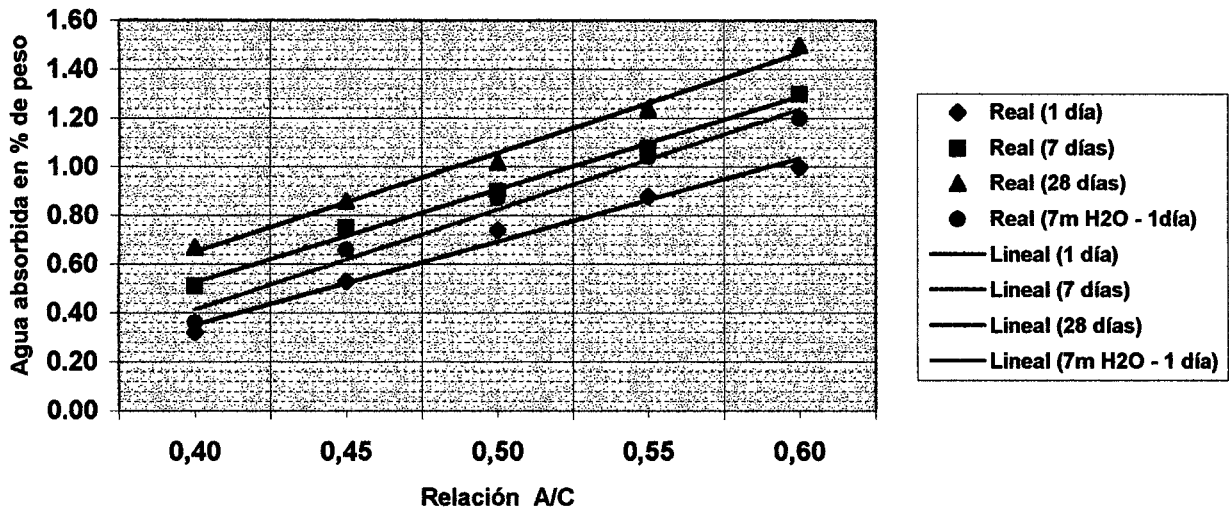
CUADRO No 9.03

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.32	0.51	0.67	0.36
0,45	0.53	0.75	0.86	0.66
0,50	0.74	0.90	1.02	0.87
0,55	0.88	1.08	1.24	1.04
0,60	1.00	1.30	1.50	1.20
% de comparación	100%	135%	160%	119%

Gráfico No 9.01
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

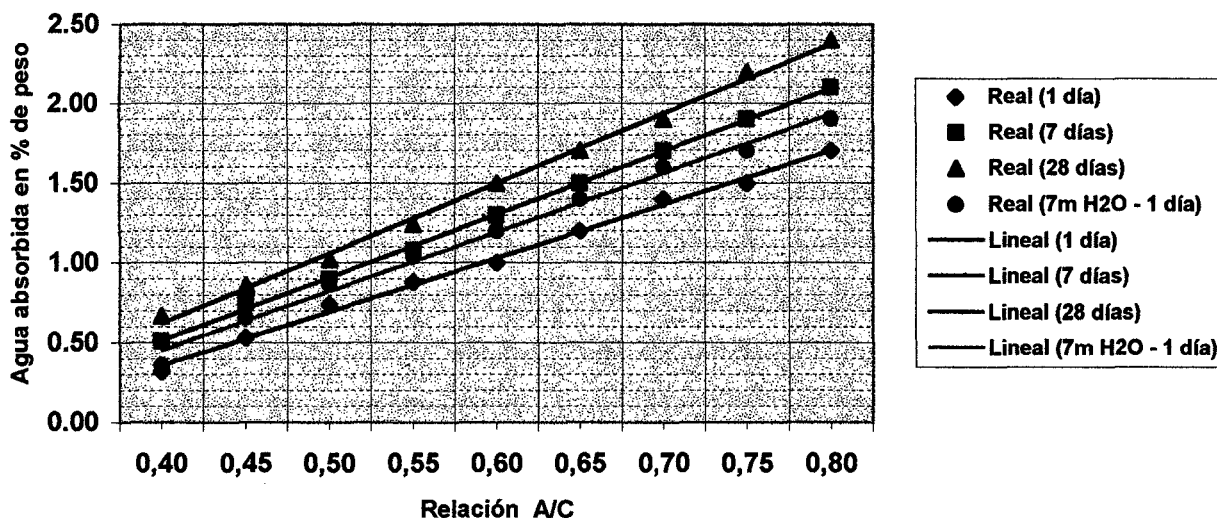
CUADRO No 9.04

**Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)**

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de peso			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.32	0.51	0.67	0.36
0,45	0.53	0.75	0.86	0.66
0,50	0.74	0.90	1.02	0.87
0,55	0.88	1.08	1.24	1.04
0,60	1.00	1.30	1.50	1.20
0,65	1.20	1.50	1.70	1.40
0,70	1.40	1.70	1.90	1.60
0,75	1.50	1.90	2.20	1.70
0,80	1.70	2.10	2.40	1.90
% de comparación	100%	130%	152%	117%

**Gráfico No 9.02
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c**



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Relación a/c = 0.65 a 0.80, datos obtenidos de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño

ANEXO A

**TABLAS DE DATOS, CUADROS Y GRAFICOS EN PORCENTAJE
DE VOLUMEN Y EN LITROS/M2**

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

ANEXO A - 7.1

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R1 = A/C = 0,40)

PRESIÓN 0m H2O (1, 7 y 28 Días) - PRESIÓN 7m H2O (24 Horas)

DATOS		PRESIÓN			
PROBETA No	PESO SECO	0m H2O			7m H2O
		1 día	7 días	28 días	1 día
R1.01	13,380	13,425	13,447	13,482	13,430
R1.02	13,403	13,428	13,453	13,483	13,451
R1.03	13,345	13,388	13,448	13,483	13,395
R1.04	13,386	13,436	13,451	13,476	13,446
R1.05	13,242	13,262	13,305	13,337	13,277
R1.06	13,360	13,405	13,435	13,456	13,412
R1.07	13,360	13,410	13,423	13,445	13,420
R1.08	13,320	13,326	13,383	13,400	13,365
R1.09	13,380	13,400	13,423	13,438	13,432
R1.10	13,241	13,281	13,316	13,336	13,295
R1.11	13,380	13,425	13,460	13,480	13,425
R1.12	13,405	13,448	13,472	13,485	13,460
R1.13	13,280	13,325	13,343	13,365	13,335
R1.14	13,270	13,305	13,335	13,350	13,310

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R1.01 a R1.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.2

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R1 = A/C = 0,40)

PRESIÓN 0m H2O - 1 Día

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R1.01	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.02	0,025					FALSO
R1.03	0,043	0,043	0,32	0,78	0,24	VERDADERO
R1.04	0,050					FALSO
R1.05	0,020					FALSO
R1.06	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.07	0,050					FALSO
R1.08	0,042	0,042	0,32	0,76	0,23	VERDADERO
R1.09	0,020					FALSO
R1.10	0,040	0,040	0,30	0,72	0,22	VERDADERO
R1.11	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.12	0,043	0,043	0,32	0,78	0,24	VERDADERO
R1.13	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.14	0,035	0,035	0,26	0,63	0,19	VERDADERO
PROMEDIO	0,039	0,043	0,32	0,77	0,24	

MEDIA	0,039
DESVESTANDAR	0,010
RANGO	< 0,049 - 0,029 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R1.01 a R1.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.3

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R1 = A/C = 0,40)

PRESIÓN 0m H2O - 7 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R1.01	0,067	0,067	0,50	1,21	0,37	VERDADERO
R1.02	0,050					FALSO
R1.03	0,103					FALSO
R1.04	0,065	0,065	0,49	1,17	0,36	VERDADERO
R1.05	0,063	0,063	0,48	1,14	0,35	VERDADERO
R1.06	0,075	0,075	0,56	1,36	0,41	VERDADERO
R1.07	0,063	0,063	0,47	1,14	0,35	VERDADERO
R1.08	0,063	0,063	0,47	1,14	0,35	VERDADERO
R1.09	0,043					FALSO
R1.10	0,075	0,075	0,57	1,36	0,41	VERDADERO
R1.11	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R1.12	0,067	0,067	0,50	1,21	0,37	VERDADERO
R1.13	0,063	0,063	0,47	1,14	0,35	VERDADERO
R1.14	0,065	0,065	0,49	1,17	0,36	VERDADERO
PROMEDIO	0,067	0,068	0,51	1,23	0,38	

MEDIA	0,067
DESVESTANDAR	0,014
RANGO	< 0,081 - 0,053 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R1.01 a R1.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.4

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R1 = A/C = 0,40)

PRESIÓN 0m H2O - 28 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R1.01	0,102	0,102	0,76	1,84	0,56	VERDADERO
R1.02	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R1.03	0,138					FALSO
R1.04	0,090	0,090	0,67	1,63	0,49	VERDADERO
R1.05	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R1.06	0,096	0,096	0,72	1,73	0,53	VERDADERO
R1.07	0,085	0,085	0,64	1,54	0,47	VERDADERO
R1.08	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R1.09	0,058					FALSO
R1.10	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R1.11	0,100	0,100	0,75	1,81	0,55	VERDADERO
R1.12	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R1.13	0,085	0,085	0,64	1,54	0,47	VERDADERO
R1.14	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO

PROMEDIO	0,090	0,089	0,67	1,61	0,49
-----------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------

MEDIA	0,090
DESVESTANDAR	0,018
RANGO	< 0,108 - 0,073 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R1.01 a R1.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.5

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R1 = A/C = 0,40)

PRESIÓN - 7m H2O (24 Horas)

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R1.01	0,050	0,050	0,37	0,90	0,27	VERDADERO
R1.02	0,048	0,048	0,36	0,87	0,26	VERDADERO
R1.03	0,050	0,050	0,37	0,90	0,27	VERDADERO
R1.04	0,060					FALSO
R1.05	0,035					FALSO
R1.06	0,052	0,052	0,37	0,94	0,29	VERDADERO
R1.07	0,060					FALSO
R1.08	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.09	0,052	0,052	0,39	0,94	0,29	VERDADERO
R1.10	0,054	0,054	0,41	0,98	0,30	VERDADERO
R1.11	0,045	0,045	0,34	0,81	0,25	VERDADERO
R1.12	0,055	0,055	0,41	0,99	0,30	VERDADERO
R1.13	0,045	0,045	0,35	0,81	0,25	VERDADERO
R1.14	0,040					FALSO

PROMEDIO	0,049	0,051	0,37	0,88	0,26
-----------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------

MEDIA	0,049
DESVESTANDAR	0,007
RANGO	< 0,056 - 0,042 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R1.01 a R1.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

ANEXO A - 7.6

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R2 = A/C = 0,45)

PRESIÓN 0m H2O (1, 7 y 28 Días) - PRESIÓN 7m H2O (24 Horas)

DATOS		PRESIÓN			
PROBETA No	PESO SECO	0m H2O			7m H2O
		1 día	7 días	28 días	1 día
R2.01	13,250	13,325	13,345	13,355	13,350
R2.02	13,201	13,271	13,298	13,306	13,296
R2.03	13,301	13,366	13,388	13,396	13,386
R2.04	13,200	13,280	13,305	13,318	13,310
R2.05	13,232	13,297	13,325	13,342	13,317
R2.06	13,305	13,381	13,410	13,425	13,405
R2.07	13,298	13,358	13,385	13,401	13,374
R2.08	13,288	13,348	13,380	13,401	13,368
R2.09	13,359	13,434	13,465	13,479	13,454
R2.10	13,250	13,300	13,345	13,375	13,310
R2.11	13,255	13,330	13,365	13,380	13,355
R2.12	13,210	13,285	13,325	13,340	13,300
R2.13	13,300	13,360	13,398	13,420	13,380
R2.14	13,240	13,310	13,388	13,455	13,335

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R2.01 a R2.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.7

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN ($R_2 = A/C = 0,45$)

PRESIÓN 0m H₂O - 1 Día

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H ₂ O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM ³)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M ²	
R2.01	0,075	0,075	0,57	1,36	0,41	VERDADERO
R2.02	0,070	0,070	0,53	1,26	0,38	VERDADERO
R2.03	0,065	0,065	0,49	1,17	0,36	VERDADERO
R2.04	0,080					FALSO
R2.05	0,065	0,065	0,49	1,68	0,51	VERDADERO
R2.06	0,076	0,076	0,57	1,90	0,42	VERDADERO
R2.07	0,060	0,060	0,45	1,57	0,48	VERDADERO
R2.08	0,060	0,060	0,45	1,08	0,33	VERDADERO
R2.09	0,075	0,075	0,56	1,36	0,41	VERDADERO
R2.10	0,050					FALSO
R2.11	0,075	0,075	0,57	1,36	0,41	VERDADERO
R2.12	0,075	0,075	0,57	1,36	0,41	VERDADERO
R2.13	0,060	0,060	0,45	1,08	0,33	VERDADERO
R2.14	0,070	0,070	0,53	1,26	0,38	VERDADERO

PROMEDIO	0,068	0,070	0,53	1,24	0,38
-----------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------

MEDIA	0,068
DESVESTANDAR	0,009
RANGO	< 0,077 - 0,060 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m ²

UNIDADES	
R2.01 a R2.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm³

ANEXO A - 7.8

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R2 = A/C = 0,45)

PRESIÓN 0m H2O - 7 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R2.01	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R2.02	0,097	0,097	0,73	1,75	0,53	VERDADERO
R2.03	0,087	0,087	0,65	1,57	0,48	VERDADERO
R2.04	0,105	0,105	0,80	1,90	0,58	VERDADERO
R2.05	0,093	0,093	0,70	1,68	0,51	VERDADERO
R2.06	0,105	0,105	0,79	1,90	0,58	VERDADERO
R2.07	0,087	0,087	0,65	1,57	0,48	VERDADERO
R2.08	0,092	0,092	0,69	1,66	0,51	VERDADERO
R2.09	0,106	0,106	0,79	1,92	0,58	VERDADERO
R2.10	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R2.11	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R2.12	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R2.13	0,098	0,098	0,74	1,77	0,54	VERDADERO
R2.14	0,148					FALSO
PROMEDIO	0,102	0,099	0,75	1,79	0,54	

MEDIA	0,102
DESVESTANDAR	0,016
RANGO	< 0,118 - 0,086 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R2.01 a R2.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.9

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R2 = A/C = 0,45)

PRESIÓN 0m H2O - 28 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R2.01	0,105	0,105	0,79	1,90	0,58	VERDADERO
R2.02	0,105	0,105	0,80	1,90	0,58	VERDADERO
R2.03	0,095	0,095	0,71	1,72	0,52	VERDADERO
R2.04	0,118	0,118	0,89	2,13	0,65	VERDADERO
R2.05	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R2.06	0,120	0,120	0,90	2,17	0,66	VERDADERO
R2.07	0,103	0,103	0,77	1,86	0,57	VERDADERO
R2.08	0,113	0,113	0,85	2,04	0,62	VERDADERO
R2.09	0,120	0,120	0,90	2,17	0,66	VERDADERO
R2.10	0,125	0,125	0,94	2,26	0,69	VERDADERO
R2.11	0,125	0,125	0,94	2,26	0,69	VERDADERO
R2.12	0,130	0,130	0,98	2,35	0,71	VERDADERO
R2.13	0,120	0,120	0,90	2,17	0,66	VERDADERO
R2.14	0,215					FALSO

PROMEDIO	0,122	0,115	0,86	2,07	0,63
----------	-------	-------	------	------	------

MEDIA	0,122
DESVESTANDAR	0,029
RANGO	< 0,150 - 0,093 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R2.01 a R2.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.10

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R2 = A/C = 0,45)

PRESIÓN - 7m H2O (24 Horas)

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R2.01	0,100	0,100	0,75	1,81	0,55	VERDADERO
R2.02	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R2.03	0,085	0,085	0,64	1,54	0,47	VERDADERO
R2.04	0,110					FALSO
R2.05	0,085	0,085	0,64	1,54	0,47	VERDADERO
R2.06	0,100	0,100	0,75	1,81	0,55	VERDADERO
R2.07	0,076	0,076	0,57	1,37	0,42	VERDADERO
R2.08	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R2.09	0,095	0,095	0,71	1,72	0,52	VERDADERO
R2.10	0,060					FALSO
R2.11	0,100	0,100	0,75	1,81	0,55	VERDADERO
R2.12	0,090	0,090	0,68	1,63	0,49	VERDADERO
R2.13	0,080	0,080	0,60	1,45	0,44	VERDADERO
R2.14	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO

PROMEDIO	0,089	0,088	0,66	1,63	0,48
-----------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------

MEDIA	0,089
DESVESTANDAR	0,013
RANGO	< 0,102 - 0,076 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R2.01 a R2.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

ANEXO A - 7.11

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R3 = A/C = 0,50)

PRESIÓN 0m H2O (1, 7 y 28 Días) - PRESIÓN 7m H2O (24 Horas)

DATOS		PRESIÓN			
PROBETA	PESO	0m H2O			7m H2O
No	SECO	1 día	7 días	28 días	1 día
R3.01	13,235	13,335	13,349	13,363	13,349
R3.02	13,210	13,300	13,320	13,338	13,330
R3.03	13,245	13,357	13,375	13,390	13,370
R3.04	13,180	13,280	13,310	13,335	13,300
R3.05	13,230	13,335	13,349	13,360	13,345
R3.06	13,220	13,335	13,352	13,366	13,360
R3.07	13,260	13,380	13,395	13,410	13,400
R3.08	13,300	13,400	13,415	13,428	13,410
R3.09	13,170	13,260	13,285	13,305	13,285
R3.10	13,210	13,296	13,320	13,342	13,320
R3.11	13,180	13,275	13,295	13,310	13,292
R3.12	13,210	13,280	13,315	13,345	13,320
R3.13	13,200	13,310	13,322	13,334	13,324
R3.14	13,225	13,315	13,340	13,365	13,335

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R3.01 a R3.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.12

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R3 = A/C = 0,50)

PRESIÓN 0m H2O - 1 Día

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R3.01	0,100	0,100	0,76	1,81	0,55	VERDADERO
R3.02	0,090	0,090	0,68	1,63	0,49	VERDADERO
R3.03	0,112	0,112	0,85	2,02	0,62	VERDADERO
R3.04	0,100	0,100	0,76	1,81	0,55	VERDADERO
R3.05	0,105	0,105	0,79	1,90	0,58	VERDADERO
R3.06	0,115					FALSO
R3.07	0,120					FALSO
R3.08	0,100	0,100	0,75	1,81	0,55	VERDADERO
R3.09	0,090	0,090	0,68	1,63	0,49	VERDADERO
R3.10	0,086	0,086	0,65	1,55	0,47	VERDADERO
R3.11	0,095	0,095	0,72	1,72	0,52	VERDADERO
R3.12	0,070					FALSO
R3.13	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.14	0,090	0,090	0,68	1,63	0,49	VERDADERO
PROMEDIO	0,099	0,098	0,74	1,77	0,54	

MEDIA	0,099
DESVESTANDAR	0,013
RANGO	< 0,112 - 0,086 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R3.01 a R3.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.13

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R3 = A/C = 0,50)

PRESIÓN 0m H2O - 7 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R3.01	0,114	0,114	0,86	2,06	0,63	VERDADERO
R3.02	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.03	0,130	0,130	0,98	2,35	0,71	VERDADERO
R3.04	0,130	0,130	0,99	2,35	0,71	VERDADERO
R3.05	0,119	0,119	0,90	2,15	0,65	VERDADERO
R3.06	0,132					FALSO
R3.07	0,135					FALSO
R3.08	0,115	0,115	0,86	2,08	0,63	VERDADERO
R3.09	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R3.10	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.11	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R3.12	0,105					FALSO
R3.13	0,122	0,122	0,92	2,20	0,67	VERDADERO
R3.14	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
PROMEDIO	0,119	0,119	0,90	2,13	0,65	

MEDIA	0,119
DESVESTANDAR	0,011
RANGO	< 0,130 - 0,108 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R3.01 a R3.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.14

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R3 = A/C = 0,50)

PRESIÓN 0m H2O - 28 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R3.01	0,128	0,128	0,97	2,31	0,70	VERDADERO
R3.02	0,128	0,128	0,97	2,31	0,70	VERDADERO
R3.03	0,145	0,145	1,09	2,62	0,80	VERDADERO
R3.04	0,155					FALSO
R3.05	0,130	0,130	0,98	2,35	0,71	VERDADERO
R3.06	0,146	0,146	1,10	2,64	0,80	VERDADERO
R3.07	0,150					FALSO
R3.08	0,128	0,128	0,96	2,31	0,70	VERDADERO
R3.09	0,135	0,135	1,03	2,44	0,74	VERDADERO
R3.10	0,132	0,132	1,00	2,39	0,73	VERDADERO
R3.11	0,130	0,130	0,99	2,35	0,71	VERDADERO
R3.12	0,135	0,135	1,02	2,44	0,74	VERDADERO
R3.13	0,134	0,134	1,02	2,42	0,74	VERDADERO
R3.14	0,140	0,140	1,06	2,53	0,77	VERDADERO
PROMEDIO	0,137	0,135	1,02	2,43	0,74	

MEDIA	0,137
DESVESTANDAR	0,009
RANGO	< 0,146 - 0,128 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R3.01 a R3.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.15

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R3 = A/C = 0,50)

PRESIÓN - 7m H2O (24 Horas)

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R3.01	0,114	0,114	0,86	2,06	0,63	VERDADERO
R3.02	0,120	0,120	0,91	2,17	0,66	VERDADERO
R3.03	0,125	0,125	0,94	2,26	0,69	VERDADERO
R3.04	0,120	0,120	0,91	2,17	0,66	VERDADERO
R3.05	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R3.06	0,140					FALSO
R3.07	0,140					FALSO
R3.08	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.09	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R3.10	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.11	0,112	0,112	0,85	2,02	0,62	VERDADERO
R3.12	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R3.13	0,124	0,124	0,94	2,24	0,68	VERDADERO
R3.14	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
PROMEDIO	0,119	0,115	0,87	2,08	0,63	

MEDIA	0,119
DESVESTANDAR	0,009
RANGO	< 0,128 - 0,110 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R3.01 a R3.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

**Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol**

ANEXO A - 7.16

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R4 = A/C = 0,55)

PRESIÓN 0m H2O (1, 7 y 28 Días) - PRESIÓN 7m H2O (24 Horas)

DATOS		PRESIÓN			
PROBETA No	PESO SECO	0m H2O			7m H2O
		1 día	7 días	28 días	1 día
R4.01	13,155	13,275	13,293	13,305	13,316
R4.02	13,180	13,287	13,320	13,345	13,312
R4.03	13,215	13,350	13,360	13,370	13,371
R4.04	13,200	13,335	13,345	13,355	13,356
R4.05	13,230	13,340	13,360	13,378	13,362
R4.06	13,185	13,295	13,317	13,339	13,335
R4.07	13,155	13,258	13,295	13,320	13,290
R4.08	13,170	13,290	13,306	13,330	13,304
R4.09	13,180	13,305	13,326	13,345	13,336
R4.10	13,230	13,340	13,374	13,400	13,365
R4.11	13,150	13,265	13,298	13,330	13,292
R4.12	13,185	13,285	13,330	13,365	13,310
R4.13	13,190	13,315	13,345	13,375	13,330
R4.14	13,210	13,310	13,348	13,385	13,345

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R4.01 a R4.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.17

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R4 = A/C = 0,55)

PRESIÓN 0m H2O - 1 Día

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R4.01	0,120	0,120	0,91	2,17	0,66	VERDADERO
R4.02	0,107	0,107	0,81	1,93	0,59	VERDADERO
R4.03	0,135					FALSO
R4.04	0,135					FALSO
R4.05	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R4.06	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R4.07	0,103					FALSO
R4.08	0,120	0,120	0,91	2,17	0,66	VERDADERO
R4.09	0,125	0,125	0,95	2,26	0,69	VERDADERO
R4.10	0,110	0,110	0,83	1,99	0,60	VERDADERO
R4.11	0,115	0,115	0,87	2,08	0,63	VERDADERO
R4.12	0,100					FALSO
R4.13	0,125	0,125	0,95	2,26	0,69	VERDADERO
R4.14	0,100					FALSO
PROMEDIO	0,115	0,116	0,88	2,09	0,64	

MEDIA	0,115
DESVESTANDAR	0,012
RANGO	< 0,127 - 0,103 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R4.01 a R4.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.18

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R4 = A/C = 0,55)

PRESIÓN 0m H2O - 7 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R4.01	0,138	0,138	1,05	2,49	0,76	VERDADERO
R4.02	0,140	0,140	1,06	2,53	0,77	VERDADERO
R4.03	0,145	0,145	1,10	2,62	0,80	VERDADERO
R4.04	0,145	0,145	1,10	2,62	0,80	VERDADERO
R4.05	0,130					FALSO
R4.06	0,132					FALSO
R4.07	0,140	0,140	1,06	2,53	0,77	VERDADERO
R4.08	0,136,	0,136,	1,03	2,46	0,75	VERDADERO
R4.09	0,146	0,146	1,11	2,64	0,80	VERDADERO
R4.10	0,144	0,144	1,09	2,60	0,79	VERDADERO
R4.11	0,148	0,148	1,13	2,67	0,81	VERDADERO
R4.12	0,145	0,145	1,10	2,62	0,80	VERDADERO
R4.13	0,155					FALSO
R4.14	0,138	0,138	1,04	2,49	0,76	VERDADERO
PROMEDIO	0,142	0,142	1,08	2,57	0,78	

MEDIA	0,142
DESVESTANDAR	0,007
RANGO	< 0,149 - 0,135 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R4.01 a R4.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.19

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R4 = A/C = 0,55)

PRESIÓN 0m H2O - 28 Días

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R4.01	0,150					FALSO
R4.02	0,165	0,165	1,25	2,98	0,91	VERDADERO
R4.03	0,155	0,155	1,17	2,80	0,85	VERDADERO
R4.04	0,155	0,155	1,17	2,80	0,85	VERDADERO
R4.05	0,148					FALSO
R4.06	0,154	0,154	1,17	2,78	0,85	VERDADERO
R4.07	0,165	0,165	1,25	2,98	0,91	VERDADERO
R4.08	0,160	0,160	1,21	2,89	0,88	VERDADERO
R4.09	0,165	0,165	1,25	2,98	0,91	VERDADERO
R4.10	0,170	0,170	1,28	3,07	0,93	VERDADERO
R4.11	0,180					FALSO
R4.12	0,180					FALSO
R4.13	0,185					FALSO
R4.14	0,175	0,175	1,32	3,16	0,96	VERDADERO
PROMEDIO	0,165	0,163	1,24	2,95	0,90	

MEDIA	0,165
DESVESTANDAR	0,012
RANGO	< 0,177 - 0,153 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

UNIDADES	
R4.01 a R4.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.20

TABLA DE DATOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

RELACIÓN (R4 = A/C = 0,55)

PRESIÓN - 7m H2O (24 Horas)

PROBETA No	DIFERENCIA PHUM (7m H2O)-PSECO	CANTIDAD DE AGUA EN LA PROBETA				PROBETA VALIDA
		VOLUMEN (CM3)	PESO %	VOLUMEN %	LITROS/M2	
R4.01	0,161					FALSO
R4.02	0,132	0,132	1,00	2,39	0,73	VERDADERO
R4.03	0,156					FALSO
R4.04	0,156					FALSO
R4.05	0,132	0,132	1,00	2,39	0,73	VERDADERO
R4.06	0,150	0,150	1,14	2,71	0,82	VERDADERO
R4.07	0,135	0,135	1,03	2,44	0,74	VERDADERO
R4.08	0,134	0,134	1,02	2,42	0,74	VERDADERO
R4.09	0,156					FALSO
R4.10	0,135	0,135	1,02	2,44	0,74	VERDADERO
R4.11	0,142	0,142	1,08	2,57	0,78	VERDADERO
R4.12	0,125					FALSO
R4.13	0,140	0,140	1,06	2,53	0,77	VERDADERO
R4.14	0,135	0,135	1,02	2,44	0,74	VERDADERO
PROMEDIO	0,142	0,137	1,04	2,48	0,75	

MEDIA	0,142
DESVESTANDAR	0,011
RANGO	< 0,153 - 0,131 >

DATOS DE LA PROBETA		
Diametro	15,2	cm
Longitud	30,5	cm
Volumen	5,53	litros
Area	0,1819	m2

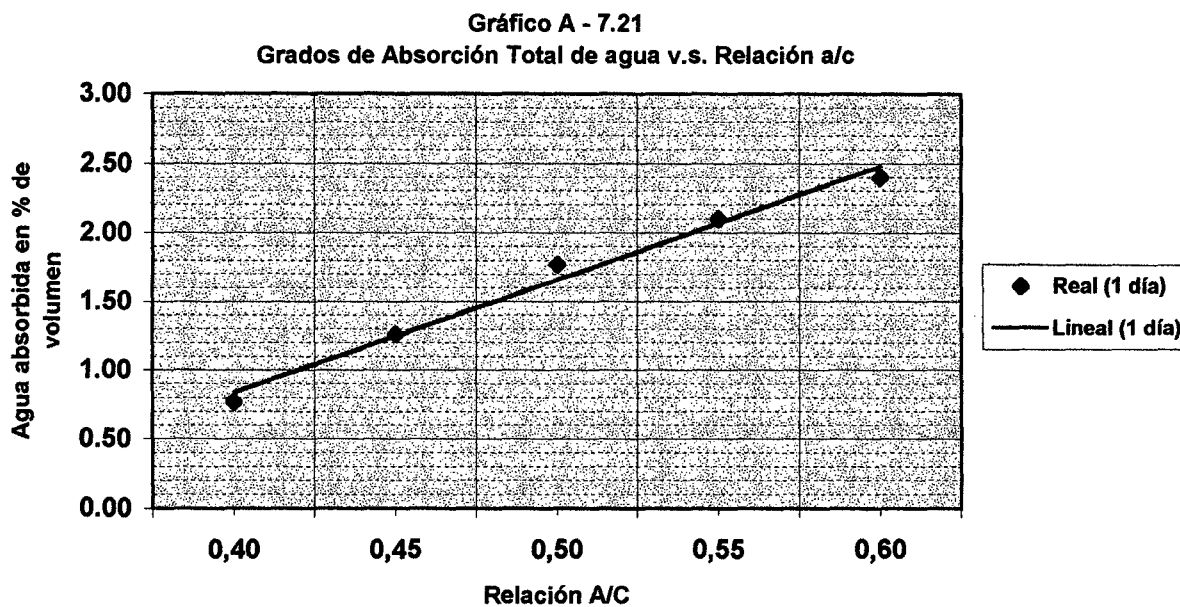
UNIDADES	
R4.01 a R4.14	
PESO	gr.
VOLUMEN	cm3

ANEXO A - 7.21

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de volumen
0,40	0.77
0,45	1.26
0,50	1.77
0,55	2.10
0,60	2.40



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

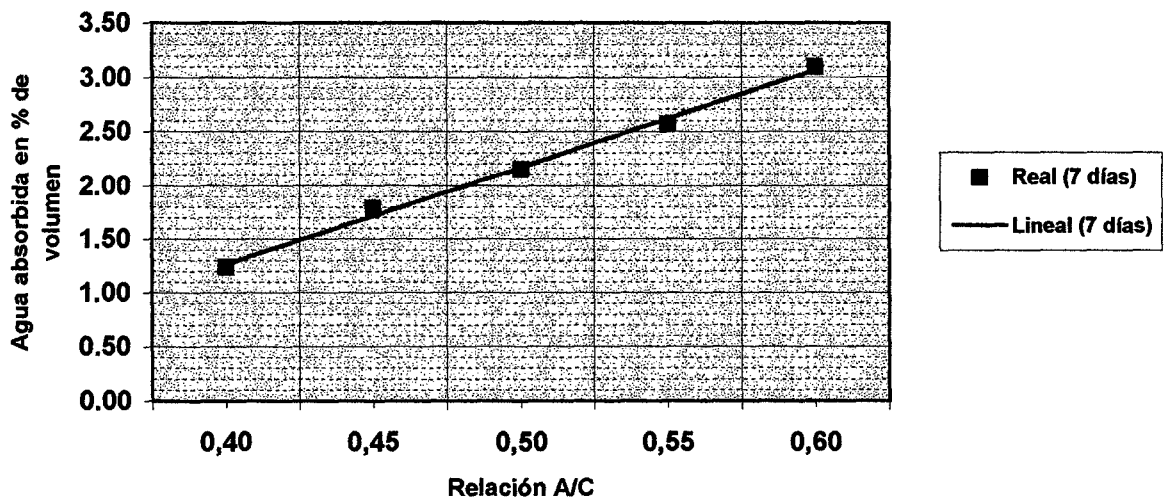
ANEXO A - 7.22

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 7 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de volumen
0,40	1.24
0,45	1.79
0,50	2.15
0,55	2.57
0,60	3.10

Gráfico A - 7.22
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

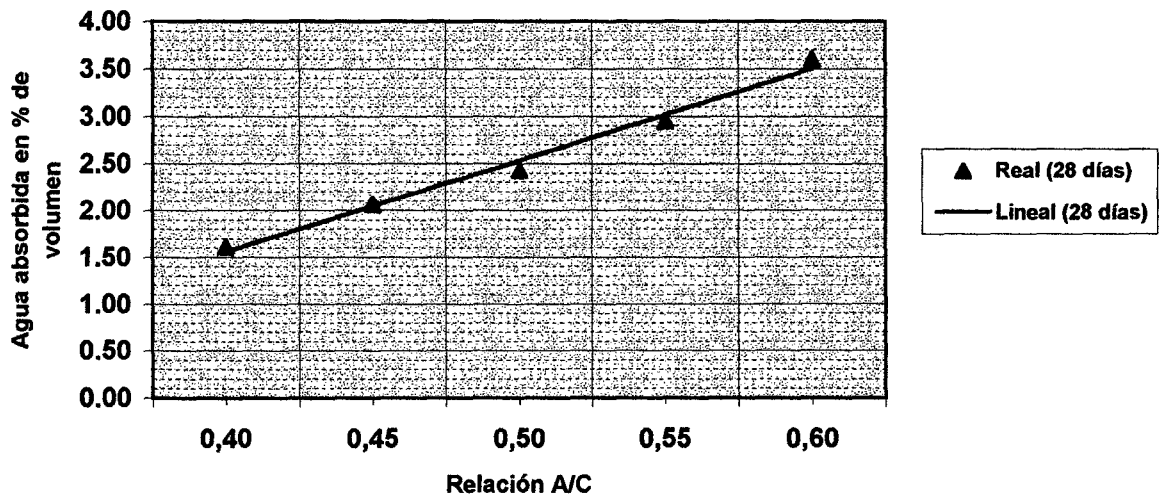
ANEXO A - 7.23

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 28 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de volumen
0,40	1.61
0,45	2.07
0,50	2.43
0,55	2.95
0,60	3.60

Gráfico A - 7.23
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Estudio del Estado de Permeabilidad del Concreto
Cemento Portland Tipo I - sol

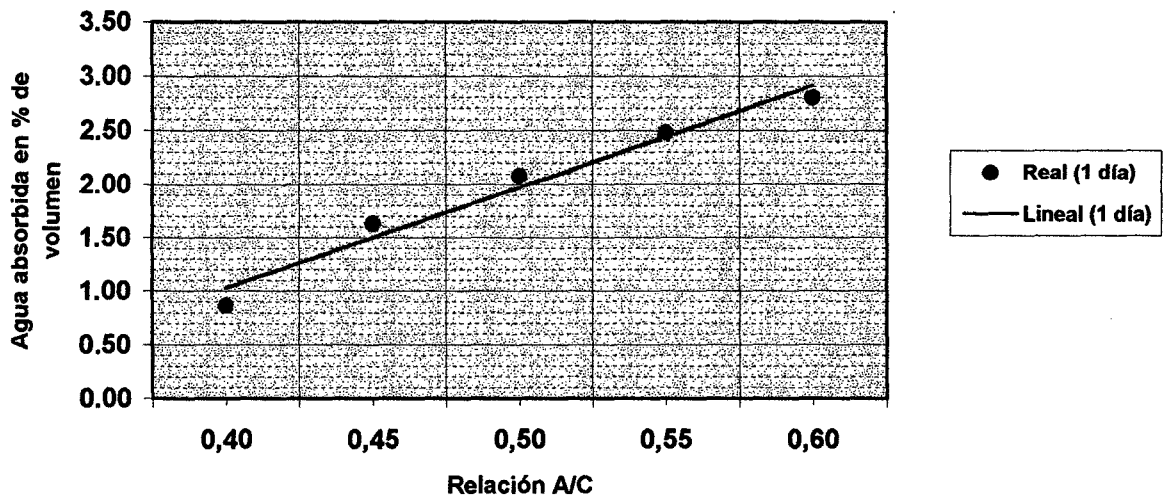
ANEXO A - 7.24

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 7mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en % de volumen
0,40	0.87
0,45	1.63
0,50	2.08
0,55	2.48
0,60	2.80

Gráfico A - 7.24
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

ANEXO A - 7.25

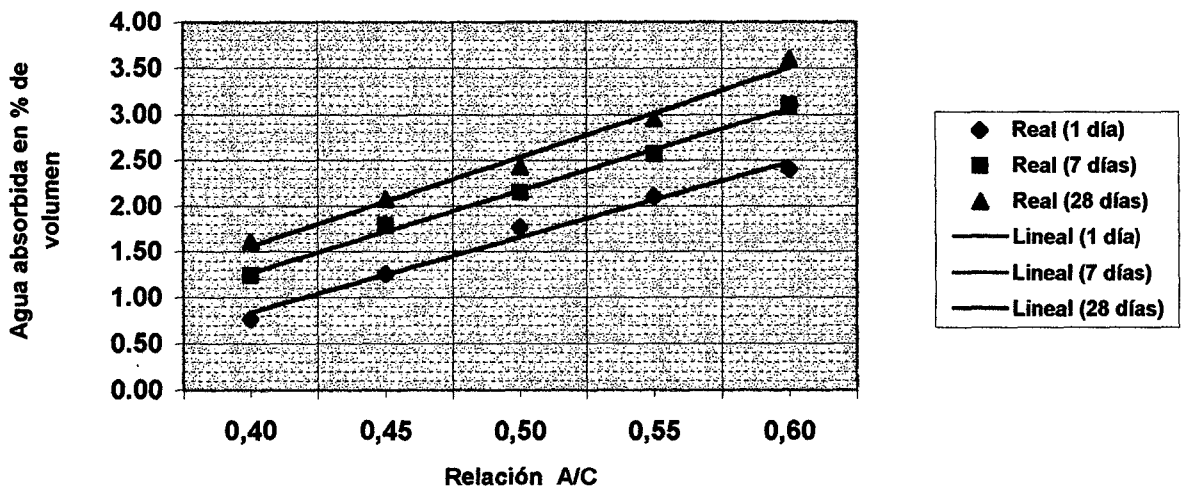
**Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión)**

Presión 0m H₂O - 1, 7 y 28 días

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de volumen		
	Presión 0m H ₂ O		
	1 día	7 días	28 días
0,40	0.77	1.24	1.61
0,45	1.26	1.79	2.07
0,50	1.77	2.15	2.43
0,55	2.10	2.57	2.95
0,60	2.40	3.10	3.60

% de comparación	100%	135%	160%
------------------	------	------	------

Gráfico A - 7.25
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

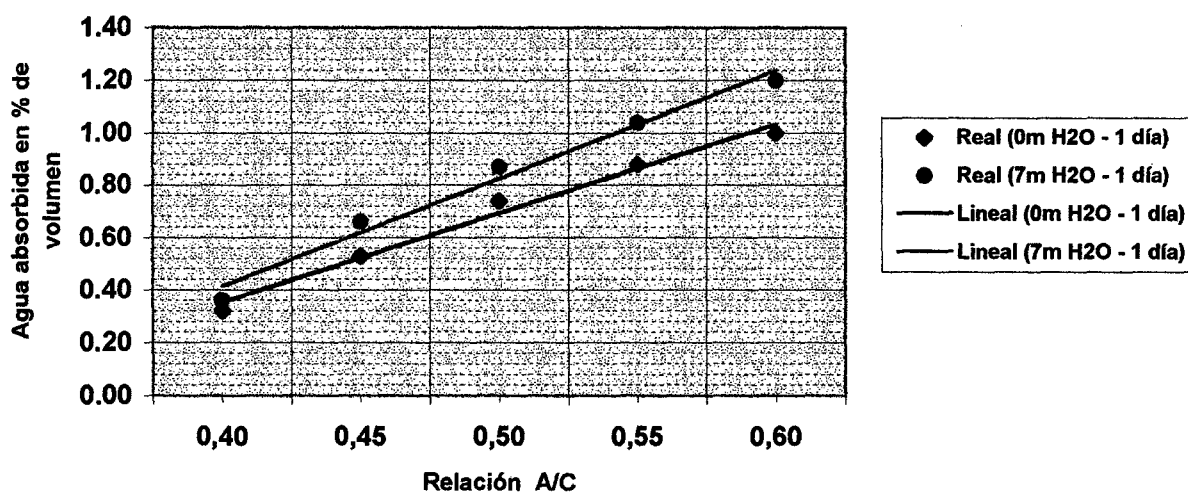
ANEXO A - 7.26

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a la presión de 0m H₂O)

Presiones 0m H₂O y 7m H₂O - 1 día

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de volumen	
	Presión	
	0m H ₂ O	7m H ₂ O
0,40	0.77	0.87
0,45	1.26	1.63
0,50	1.77	2.08
0,55	2.10	2.48
0,60	2.40	2.80
% de comparación	100%	119%

Gráfico A - 7.26
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

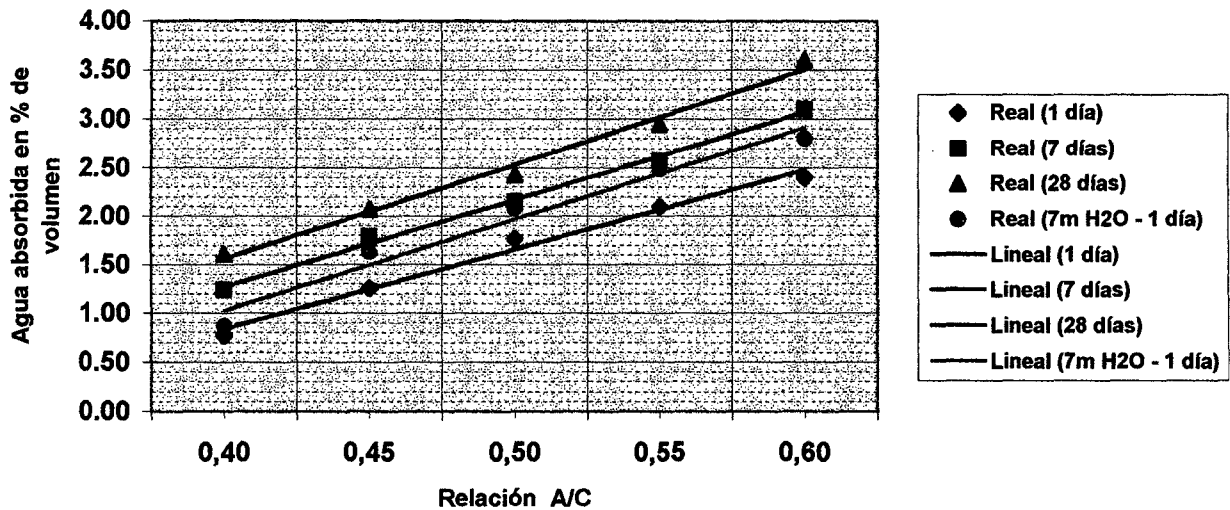
ANEXO A - 7.27

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de volumen			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.77	1.24	1.61	0.87
0,45	1.26	1.79	2.07	1.63
0,50	1.77	2.15	2.43	2.08
0,55	2.10	2.57	2.95	2.48
0,60	2.40	3.10	3.60	2.80
% de comparación	100%	135%	160%	119%

Gráfico A - 7.27
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

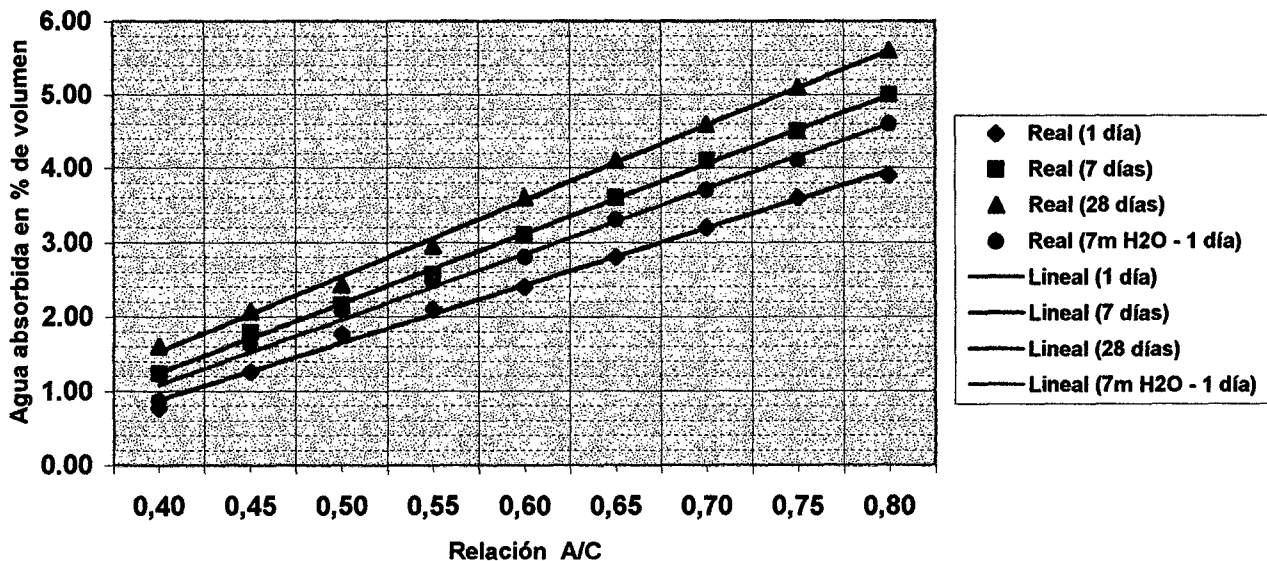
ANEXO A - 7.28

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en % de volumen			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.77	1.24	1.61	0.87
0,45	1.26	1.79	2.07	1.63
0,50	1.77	2.15	2.43	2.08
0,55	2.10	2.57	2.95	2.48
0,60	2.40	3.10	3.60	2.80
0,65	2.80	3.60	4.10	3.30
0,70	3.20	4.10	4.60	3.70
0,75	3.60	4.50	5.10	4.10
0,80	3.90	5.00	5.60	4.60
% de comparación	100%	132%	153%	118%

Gráfico A - 7.28
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Relación a/c = 0.65 a 0.80, datos obtenidos de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño

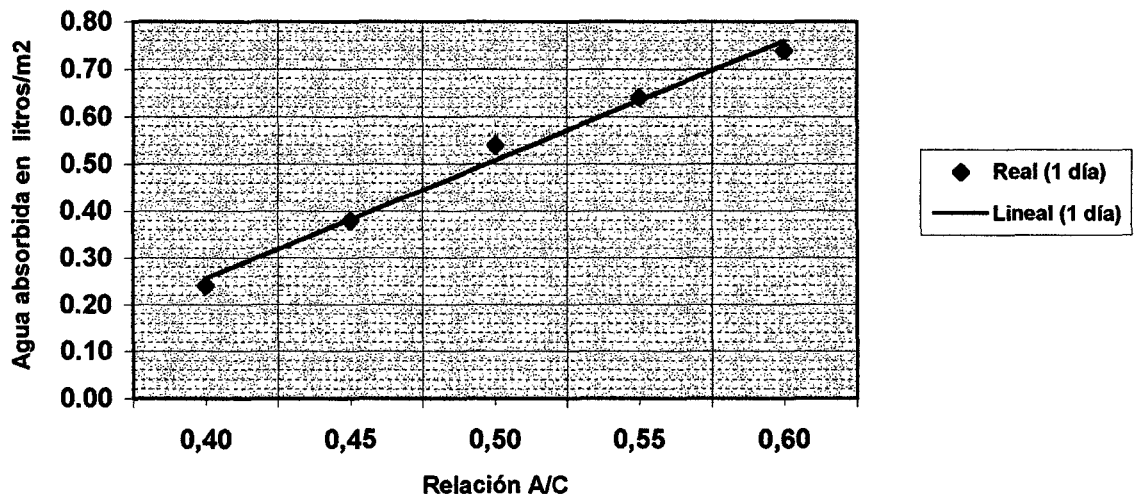
ANEXO A - 7.29

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en Litros/m ²
0,40	0.24
0,45	0.38
0,50	0.54
0,55	0.64
0,60	0.74

Gráfico A - 7.29
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

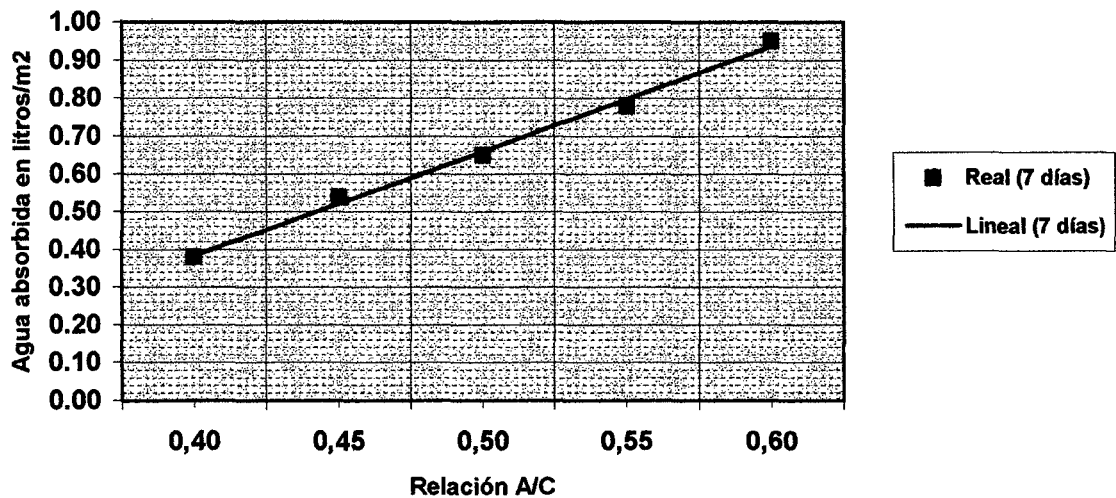
ANEXO A - 7.30

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 7 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en Litros/m ²
0,40	0.38
0,45	0.54
0,50	0.65
0,55	0.78
0,60	0.95

Gráfico A - 7.30
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

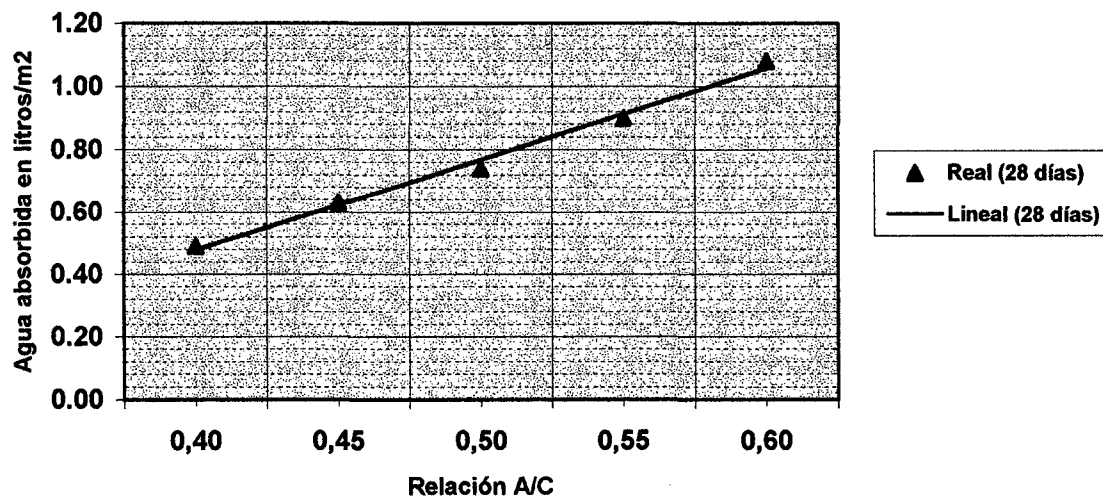
ANEXO A - 7.31

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 0mH₂O - 28 Días

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en Litros/m ²
0,40	0.49
0,45	0.63
0,50	0.74
0,55	0.90
0,60	1.08

Gráfico A - 7.31
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

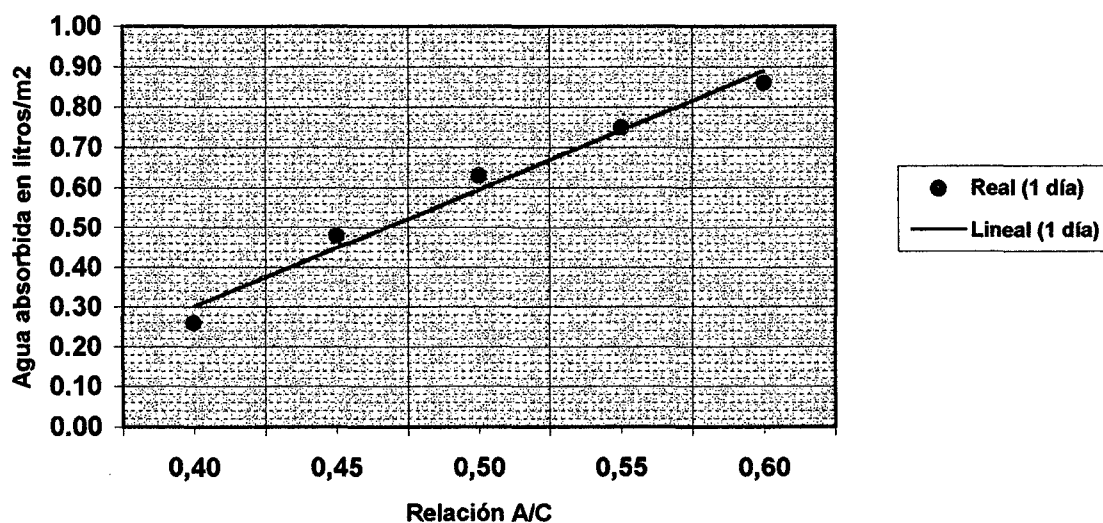
ANEXO A - 7.32

ENSAYO DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA

Presión 7mH₂O - 1 Día (24 horas)

Relación a/c Patrón	Grados de Absorción Total expresada en Litros/m ²
0,40	0.26
0,45	0.48
0,50	0.63
0,55	0.75
0,60	0.86

Gráfico A - 7.32
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

ANEXO A - 7.33

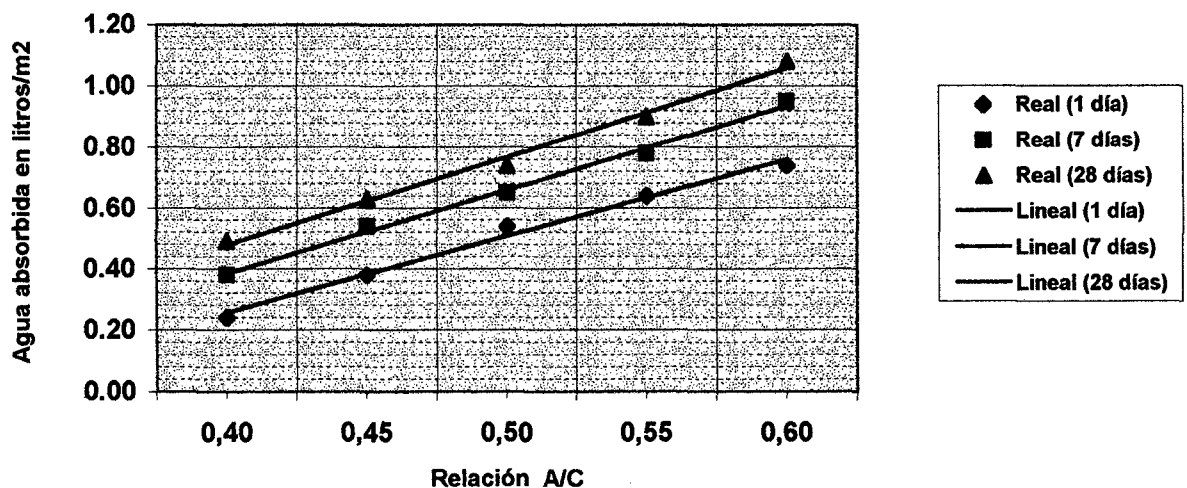
Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión)

Presión 0m H₂O - 1, 7 y 28 días

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en Litros/m ²		
	Presión 0m H ₂ O		
	1 día	7 días	28 días
0,40	0.24	0.38	0.49
0,45	0.38	0.54	0.63
0,50	0.54	0.65	0.74
0,55	0.64	0.78	0.90
0,60	0.74	0.95	1.08

% de comparación	100%	134%	159%
------------------	------	------	------

Gráfico A - 7.33
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

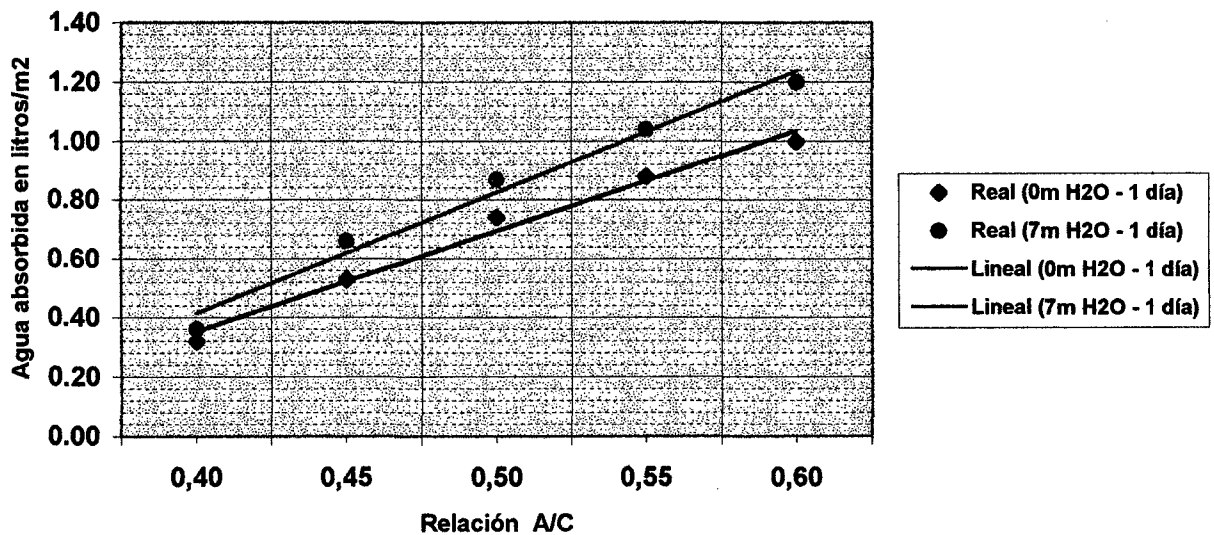
ANEXO A - 7.34

**Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a la presión de 0m H₂O)**

Presiones 0m H₂O y 7m H₂O - 1 día

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en Litros/m ²	
	Presión	
	0m H ₂ O	7m H ₂ O
0,40	0.24	0.26
0,45	0.38	0.48
0,50	0.54	0.63
0,55	0.64	0.75
0,60	0.74	0.86
% de comparación	100%	117%

**Gráfico A - 7.34
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c**



Donde : Curado de las probetas : 28 días

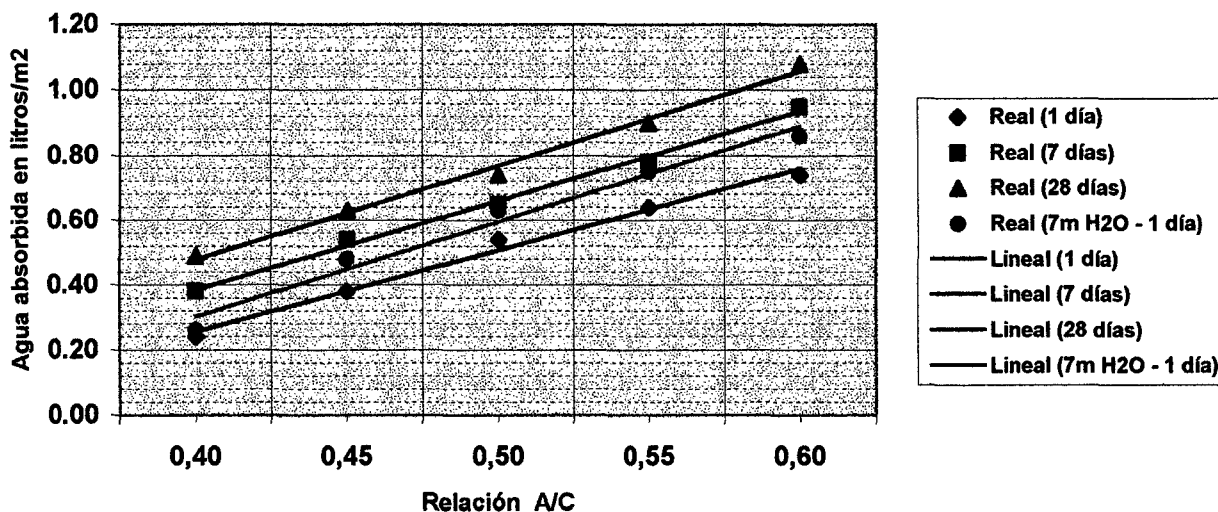
ANEXO A - 7.35

Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en litros/m ²			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7 días	28 días	1 día (24 Horas)
0,40	0.24	0.38	0.49	0.26
0,45	0.38	0.54	0.63	0.48
0,50	0.54	0.65	0.74	0.63
0,55	0.64	0.78	0.90	0.75
0,60	0.74	0.95	1.08	0.86
% de comparación	100%	134%	159%	117%

Gráfico A - 7.35
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

ANEXO A - 7.36

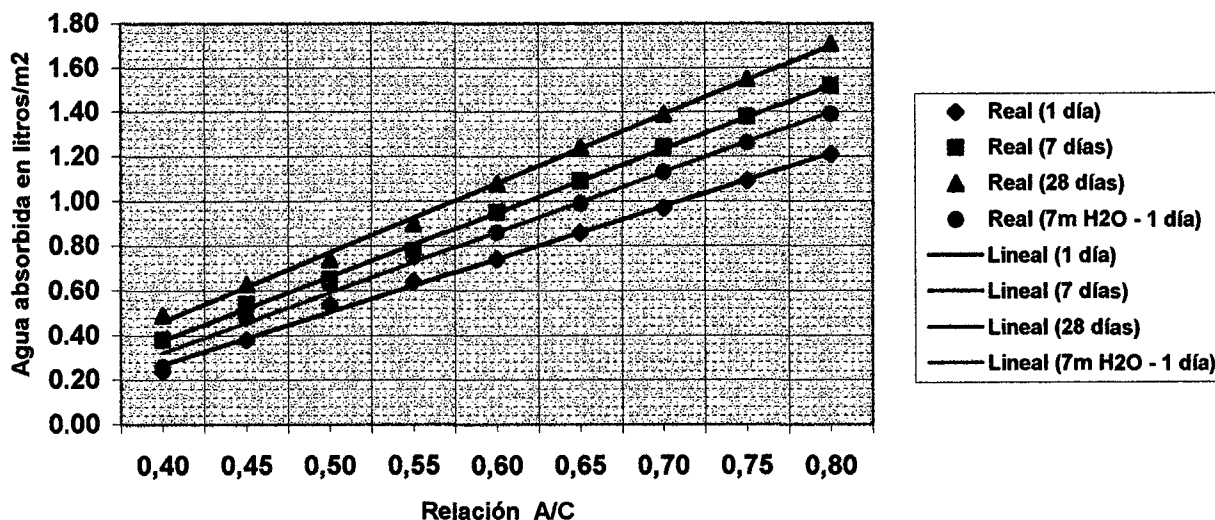
Variación porcentual del Ensayo de Absorción Total de Agua
(con respecto a 1 día de inmersión, y a la presión de 0m H₂O)

Presión 0m H₂O (1, 7 y 28 días) - Presión 7m H₂O (24 Horas)

Relación a/c Patrón	Agua absorbida en Litros/m ²			
	Presión 0m H ₂ O			Presión 7m H ₂ O
	1 día	7días	28días	1 día (24 Horas)
0,40	0.24	0.38	0.49	0.26
0,45	0.38	0.54	0.63	0.48
0,50	0.54	0.65	0.74	0.63
0,55	0.64	0.78	0.90	0.75
0,60	0.74	0.95	1.08	0.86
0,65	0.86	1.09	1.24	0.99
0,70	0.97	1.24	1.39	1.13
0,75	1.09	1.38	1.55	1.26
0,80	1.21	1.52	1.71	1.39

% de comparación	100%	131%	152%	116%
------------------	------	------	------	------

Gráfico A - 7.36
Grados de Absorción Total de agua v.s. Relación a/c



Donde : Curado de las probetas : 28 días

Relación a/c = 0.65 a 0.80, datos obtenidos de la tesis del Ing. Sergio Mamani Avendaño

ANEXO B
TOMAS FOTOGRAFICAS

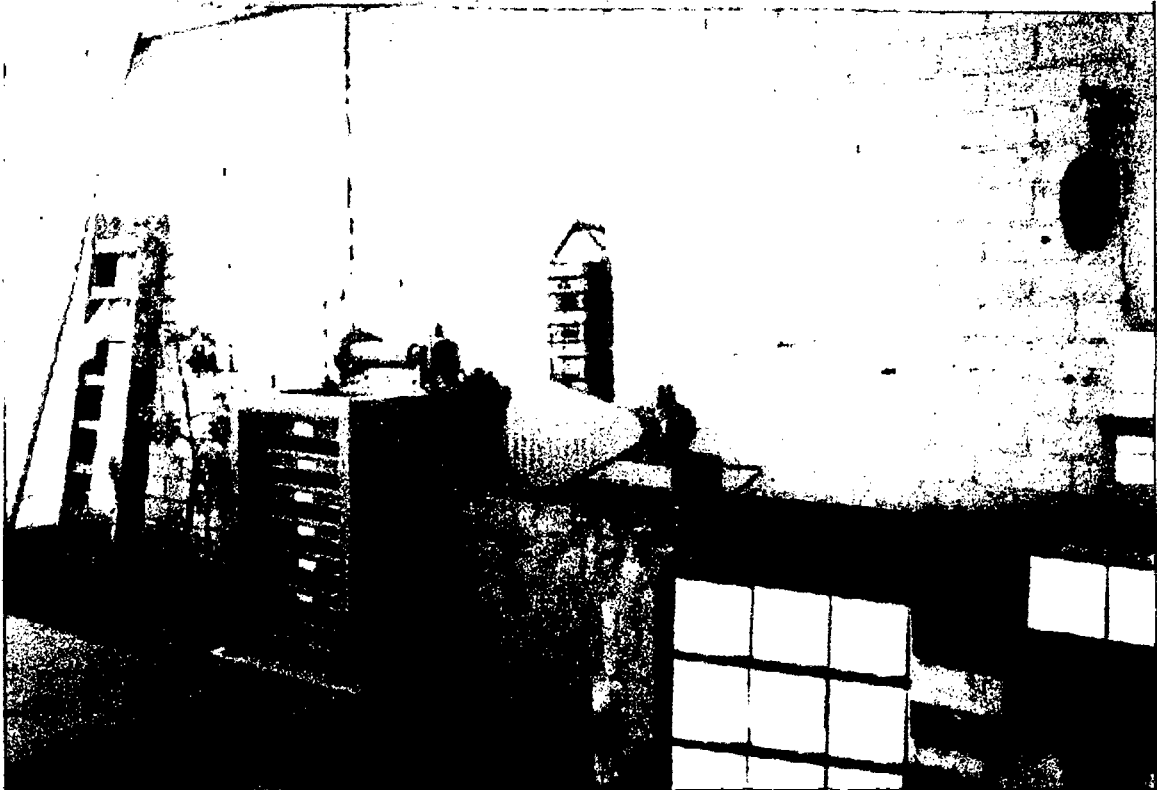


FOTO No 1

En esta foto se aprecia las maquinas de zarandeo de la piedra y arena, que sirven para hallar la gradación según el orden de las mallas. Pesamos el material que retiene cada malla, para después mediante un calculo numérico hallar la granulometría de ambos materiales.



FOTO No 2

Se aprecia la medición del Asentamiento o Slump (en el Ensayo de Consistencia, por el método del Cono de Abrams).

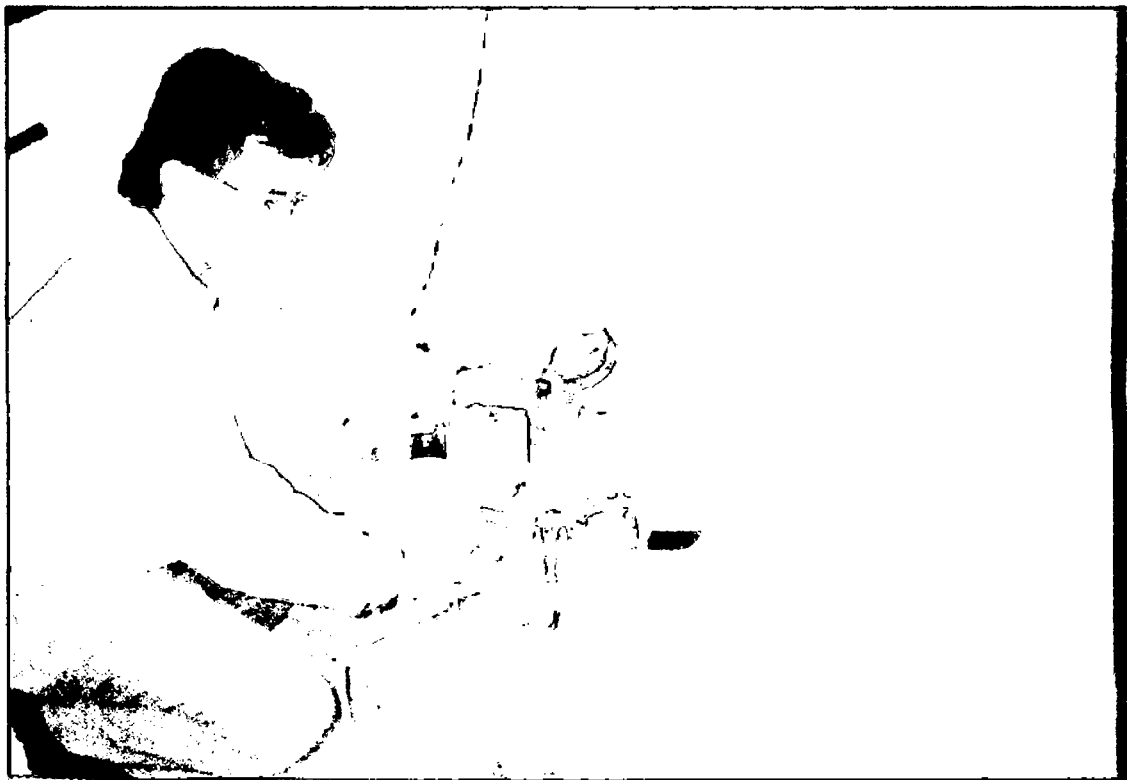


FOTO No 3

Se aprecia el Ensayo de Contenido de Aire (con el equipo denominado Washington).



FOTO No 4

Se aprecia en esta foto, el pesado de la muestra, para determinar el Ensayo de Peso Unitario, realizado en el balde de 1/2 p3.



FOTO No 5

Vista del proceso para el Ensayo de Exudación, se aprecia el sacado de agua de la superficie con una jeringa.

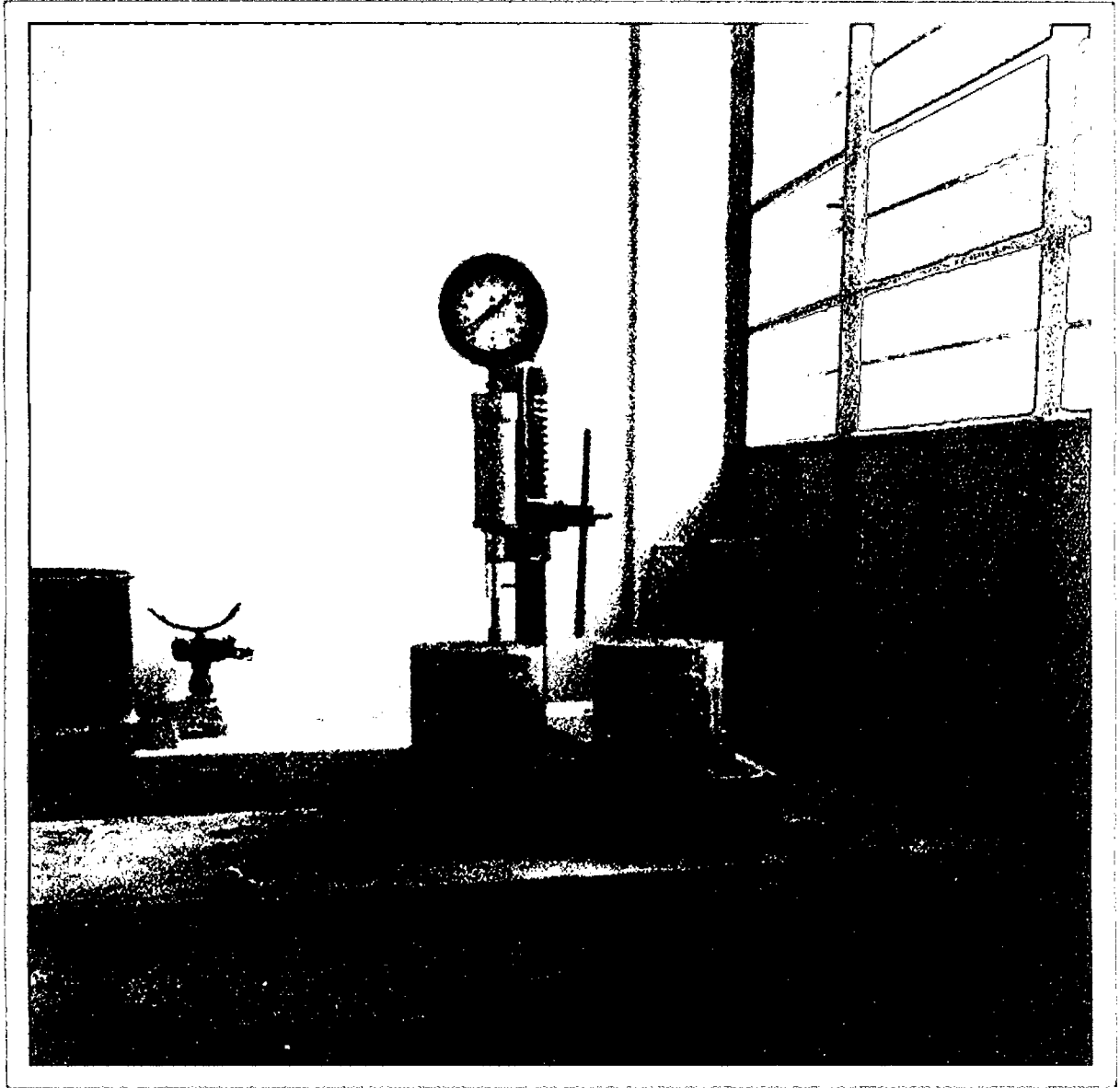


FOTO No 6

Vista del equipo de penetración de las agujas en la muestra del mortero a ensayar, para determinar el Tiempo de Fraguado.



FOTO No 7

Se aprecia en esta vista, el proceso de enrasado, en la fabricación de las probetas de concreto.



FOTO No 8

Vista de las pozas de curado de las probetas de concreto.



FOTO No 9

Vista del proceso de capeado para mantener las superficies (superior e inferior) niveladas para su respectivo ensayo de Compresión.



FOTO No 10

Se aprecia el Ensayo de Compresión de las probetas de concreto para determinar su resistencia máxima antes de la rotura.

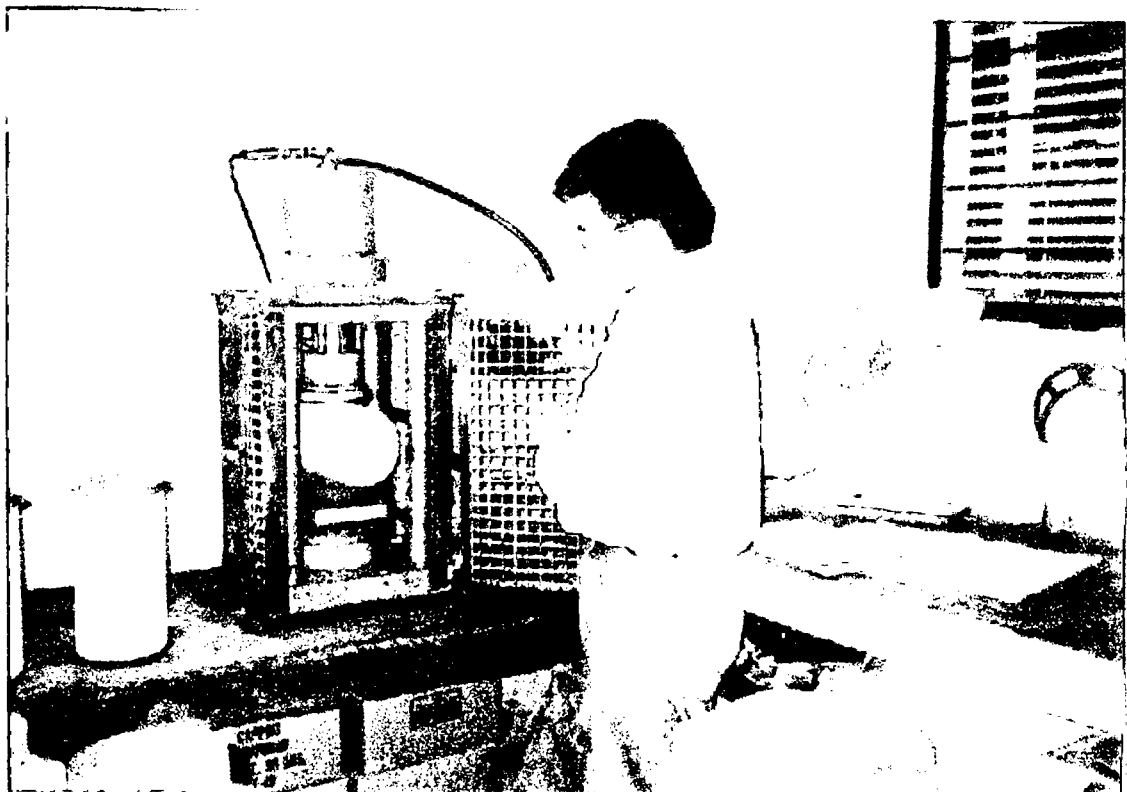


FOTO No 11

Se aprecia el Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

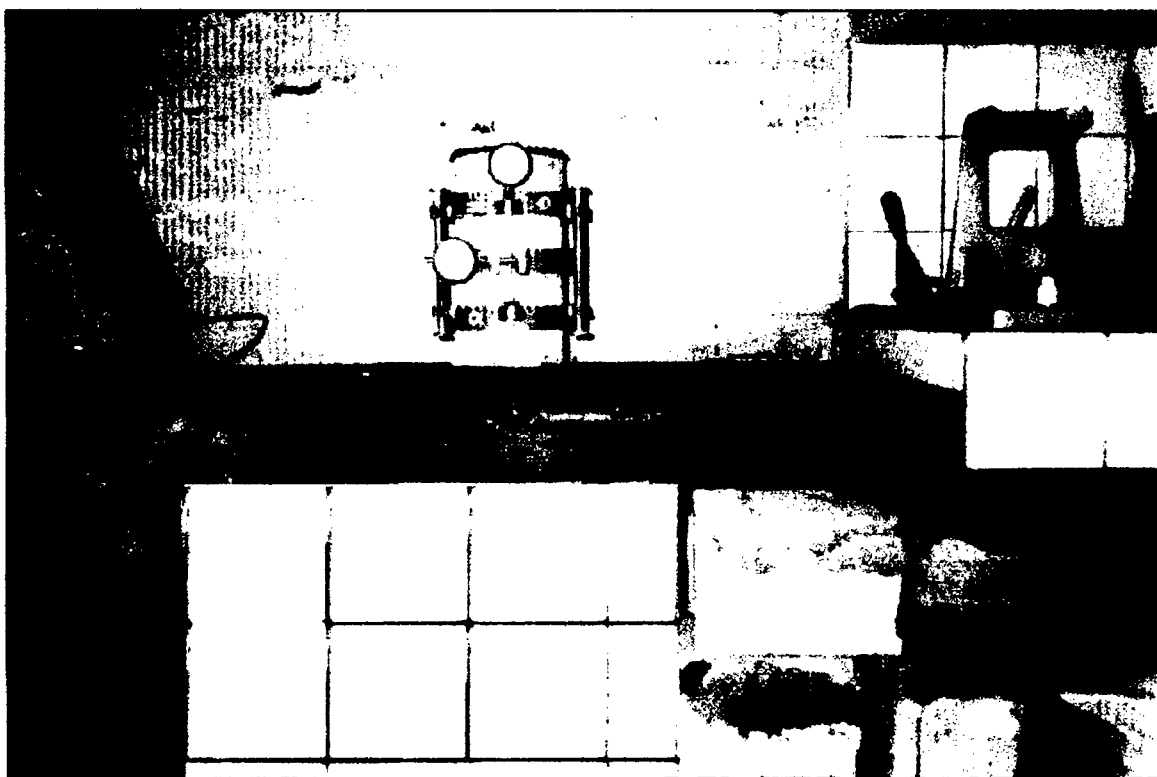


FOTO No 12

Colocación del Compresómetro - Extensómetro CT - 167; el dial LC - 2 registra la deformación axial.

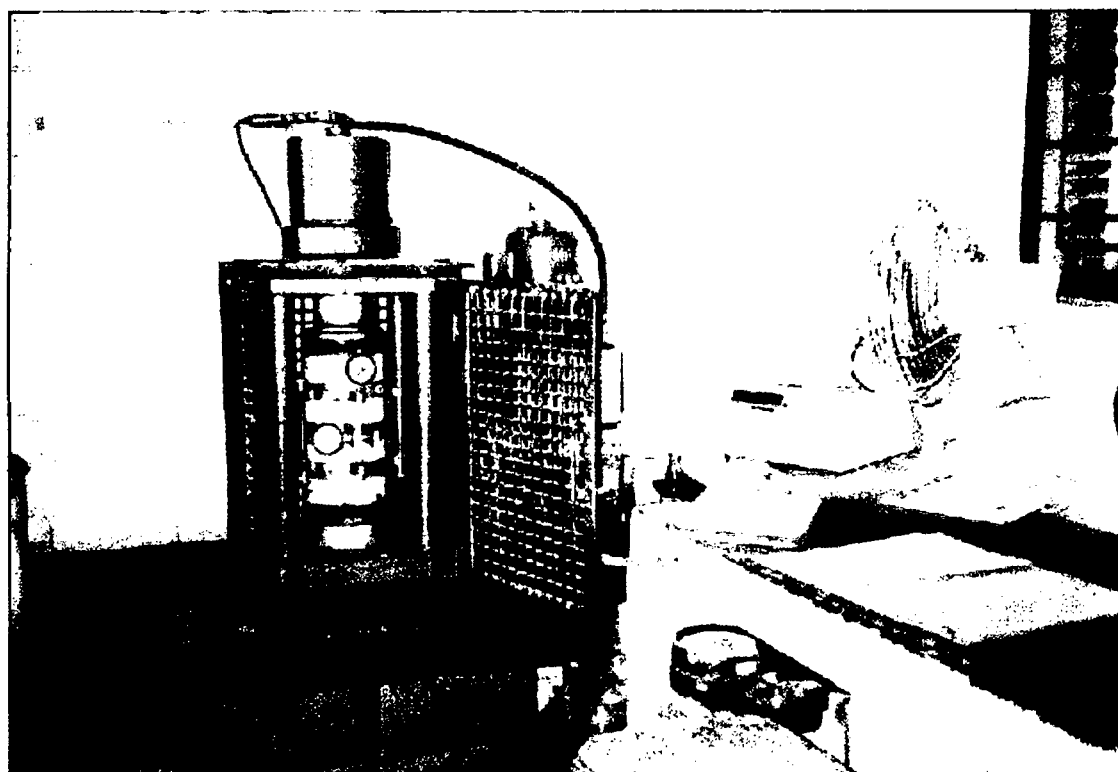


FOTO No 13

Realización del Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático, en la que la carga es ejercida por la prensa (se registran las cargas y deformaciones).

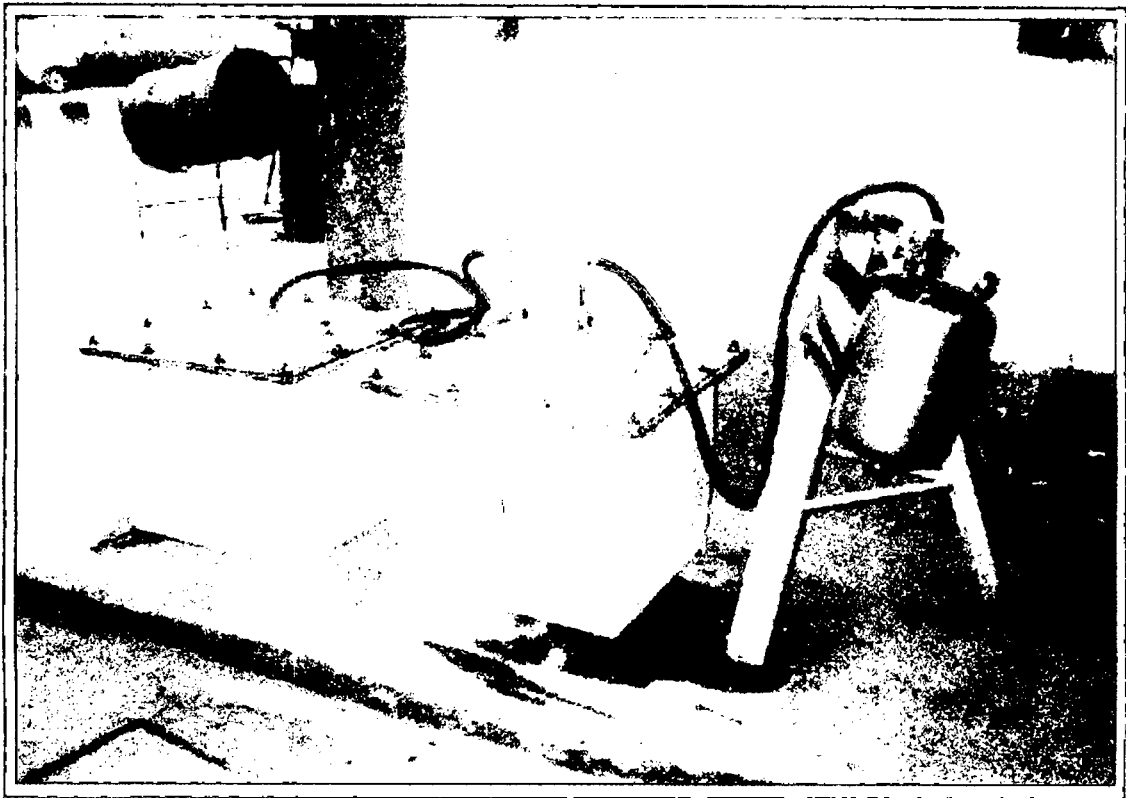


FOTO No 14

Se aprecia el Ensayo de Absorción Total de Agua para una determinada Presión (7m de H₂O).



FOTO No 15

En otra vista se aprecia el Ensayo de Absorción Total de Agua para la misma Presión (7m de H₂O).

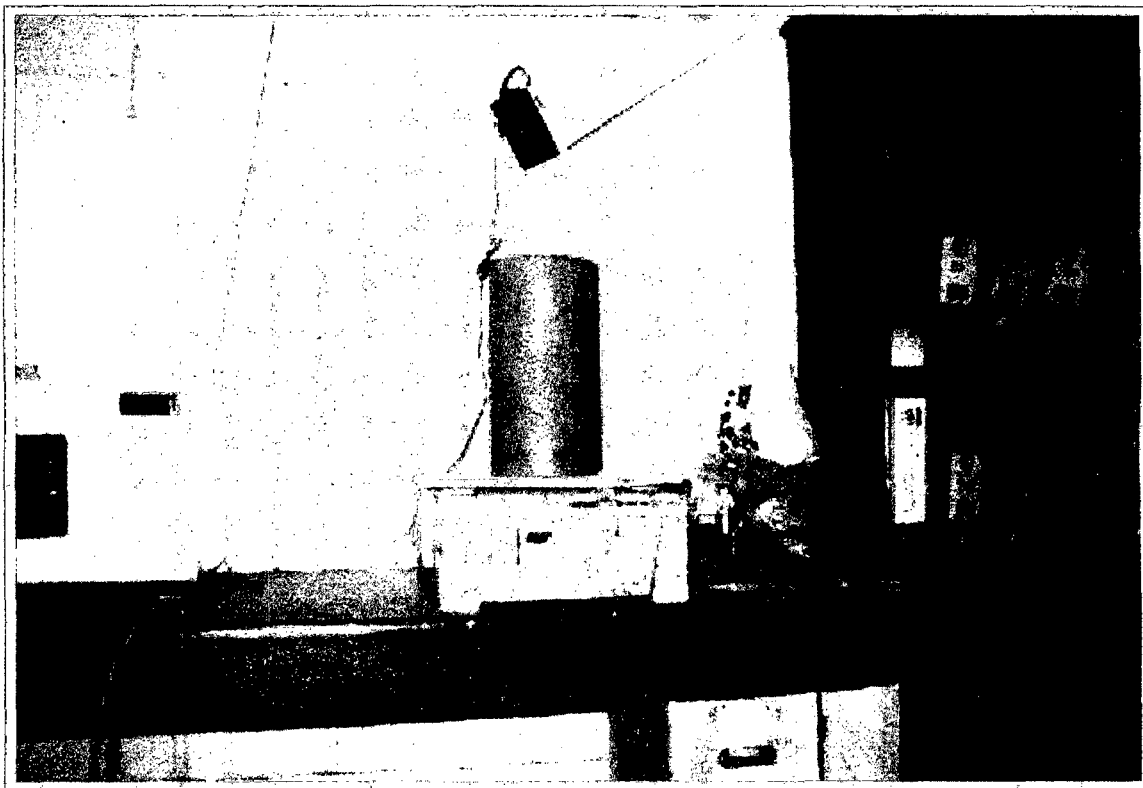


FOTO No 16

En esta foto se aprecia el pesado seco y húmedo de las probetas de concreto, antes y después de haber ejecutado el ensayo de Absorción Total de Agua respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- TÍTULO : Normas ITINTEC
AUTOR : ITINTEC
EDITORIAL : Editores Técnicos Asociados; Lima – Perú 1987
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil
CONTENIDO : Normas de Ensayo de Concreto, Normas de Cemento tipo I
Normas Técnicas de Ensayo de Agregados
- 2.- TÍTULO : Supervisión de Obras de concreto
AUTOR : American Concrete Institute, UNI
EDITORIAL : American Concrete Institute, UNI
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil
CONTENIDO : Fundamentos del Concreto, Control de calidad y colocación del concreto.
- 3.- TÍTULO : Tecnología del Concreto
AUTOR : Ing. Enrique Rivva López
EDITORIAL : Hozlo S.C.R.L. Lima – Perú 1992
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil
CONTENIDO : Diseño de Mezcla, propiedades del concreto fresco y endurecido,
Materiales, etc.
- 4.- TÍTULO : Diseño de mezclas, método del agregado global y módulo de finura, para
para concretos de mediana a alta resistencia.
AUTOR : Ing. Cachay Huamán Rafael.
EDITORIAL : LIMA – PERU 1995
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil
CONTENIDO : Diseño de mezclas
- 5.- TÍTULO : Algunos estudios acerca de la permeabilidad del concreto.
AUTOR : Ing. Indalecio Medrano Bustios
EDITORIAL : LIMA – PERU 1973
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil.
CONTENIDO : Estructura interna del concreto, factores que influyen en la permeabilidad
del concreto.
- 6.- TÍTULO : Durabilidad del Concreto
AUTOR : Ing. María Salomé Avila Sotelo
EDITORIAL : Universidad Nacional de Ingeniería, LIMA – PERU 1993
BIBLIOTECA : Facultad de Ingeniería Civil.
CONTENIDO : Efectos externos contra la duración del concreto.