



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

"CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICAS DE MEZCLAS DE
CONCRETO HIDRÁULICO ELABORADAS CON PÉTREOS
PROVENIENTES DE LA HOYA DE SOLÍS DEL MUNICIPIO DE
VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

VÍCTOR MANUEL VENEGAS GARCÍA

ASESOR: M.A. WILFRIDO MARTÍNEZ MOLINA

MORELIA, MICHOACÁN, **NOVIEMBRE** 2006



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor de tesis el M.A. Wilfrido Martínez Molina por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo y por la atención brindada todas mis dudas, así como por el valioso tiempo que empleo en atenderme.

Un agradecimiento más, es para la Dra. Elía M. Alonso Guzmán quien en todo momento me ha manifestado su apoyo y me ayudó a resolver los problemas que cada día fueron más conforme iba avanzando en el desarrollo de esta.

A todo el personal del Laboratorio de Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la U.M.S.N.H. por su apoyo como compañeros, en especial al Técnico Jesús Zauno de quien he aprendido varias cosas.



DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mis padres Manuel Venegas Espinosa y Lilia García Rodríguez por el apoyo Incondicional que me han brindado antes, después y durante mis estudios y llegar a ser lo que hoy soy.

También lo dedico a quien de una forma hu otra siempre han estado conmigo, mis hermanos, José Guadalupe, Sandra Elizabeth, Carlos Gerardo, Ángel Alejandro, Ramiro Javier, Francisco Rafael, Oscar, así como a mi cuñada Fabiola, mi cuñado Noe y a mis sobrinos Karla Lizeth, Katia, Brenda, Ángeles, Lilia, Carlos, David, a todos por existir en mi vida.

Y recuerden que todos obtenemos la vida al nacer, pero la comenzamos a vivir cuando luchamos por alcanzar nuestras propias metas.



INDICE

I.- INTRODUCCIÓN

I.1	Historia de Valle de Santiago Gto.	3
I.2	Localización	3
I.3	Datos históricos	4
I.4	Fundación de la ciudad.	5
I.5	Una gran llanura al sur de Guanajuato	5
I.6	Historia del cemento.....	8
I.7	Proceso productivo.....	9
	a) 1ª Etapa- Preparación de las materias primas	9
	b) 2ª Etapa- Cocción: El Clinker	10
	c) 3ª Etapa- Molienda. El Cemento	12
I.8	Rocas Ígneas.....	14
I.9	Rocas Ígneas intrusivas.....	15
I.10	Rocas Ígneas extrusivas	16
I.11	Grado de cristalinidad de rocas ígneas	17
	a) Tamaño de los cristales	17
	b) Distribución de tamaños de los cristales	18

II.- CARACTERIZACIÓN DE PÉTREOS

II.1	Método estándar de ensaye para determinar la absorción en agregado fino A.S.T.M. C-127-88	19
II.2	Método estándar de ensaye para determinar la gravedad específica del agregado fino A.S.T.M. C-128-97	22
II.3	Análisis granulométrico en arenas A.S.T.M C-142-97	24
II.4	Análisis granulométrico en gravas y tamaño máximo del agregado A.S.T.M	27
II.5	Absorción en gravas A.S.T.M. C-127 (reproved 1993)	29
II.6	Gravedad específica en gravas (densidad aparente) A.S.T.M. C-127 (reproved 1993)	31
II.7.	Peso volumétrico seco y suelto en gravas A.S.T.M. C-29-97.....	33
II.8	Peso volumétrico seco y varillado en gravas A.S.T.M. C-29-97	35
II.9	Peso volumétrico seco y suelto de la arena A.S.T.M. C-29-97.....	37
II.10	Peso volumétrico seco y varillado en arenas A.S.T.M. C-29-97.....	39
II.11	Equivalente de arena A.S.T.M. C-187-82	41
II.12	Impurezas organicas en arenas para concreto A.S.T.M. C-40-99.....	46
II.13	Sedimentación en arenas	48
II.14	Material que pasa por la malla N° 200 en arenas A.S.T.M. C-117-95.....	49
II.15	Pruebas de terrones de arcilla en arena.	51
II.16	Densidad aparente del cemento A.S.T.M. C-188-44.....	53
II.17	Consistencia normal del cemento A.S.T.M. C-187-58	55
II.18	Método vicat para el fraguado A.S.T.M. C-191.58	57
II.19	Cabeceado de cilindros A.S.T.M. C-617	59
II.20	Limites de consistencia, de plasticidad o de Atterberg.....	60



III. DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO ACI 318-77

III.1	Prueba de revenimiento (trabajabilidad, workability)	67
III.2	Otras propiedades del concreto	70
	a) Segregación	70
	b) Sangrado	71
III.3	Método para proporcionar mezclas de concreto.....	72
III.4	Conceptos que rigen la elaboración de mezclas	73
	a) Trabajabilidad.....	73
	b) Consistencia	73
	c) Cohesividad.....	73
III.5	Cálculo para un metro cúbico de concreto hidráulico.....	75
III.6	Proporcionamiento para elaborar un saco de cemento.....	80
III.7	Moldeo de cilindros.....	81
III.8	Cálculo y procedimiento para la realización de los cilindros los cuales usaremos para nuestro diseño.....	84
III.9	Cálculo y procedimiento para la realización de las vigas las cuales usaremos para nuestro diseño.....	86
III.10	Moldeo de vigas para la prueba de flexión.	87
III.11	Curado inicial A.S.T.M. C-31-87	91

IV.- PRUEBAS MECÁNICAS

IV.1	Resistencia de compresión simple en cilindros de concreto A.S.T.M. 39-869.....	92
IV.2	Resistencia a la tensión en cilindros de concreto (prueba a la Brasileña) A.S.T.M. 39-969.....	94
IV.3	Resistencia a la flexión del concreto usando una viga simplemente apoyada Con carga en los tercios del claro A.S.T.M. C-78-84	96

V.- RESULTADOS

V.1	Resultados obtenidos para esfuerzos a la compresión simple.....	99
V.2	Grafica de esfuerzo a la compresión simple	100
V.3	Resultados obtenidos para el esfuerzo a la tensión indirecta (prueba a la Brasileña)	101
V.4	Grafica de esfuerzo a tensión indirecta	101
V.5	Resultados obtenidos para el esfuerzo cortante en vigas	102
V.6	Grafica par el esfuerzo cortante en vigas	103

VI.- CONCLUSIONES.....	104
------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	105
--------------------	-----



I. INTRODUCCIÓN

I.1. HISTORIA DE VALLE DE SANTIAGO, GTO.

La ciudad de Valle de Santiago es la cabecera del municipio del mismo nombre, correspondiente a uno de los 46 municipios que conforman el estado de Guanajuato del que se sabe que los primeros pobladores fueron chichimecas y otomíes, y hasta hace poco tiempo se consideraba la Cultura Chupícuaro como la más importante. Recientes descubrimientos de otras probables culturas como basamento Norte ubicada en las inmediaciones de la Sierra de Pénjamo, sitio arqueológico conocido como Plazuelas en donde se encuentran 4 pirámides sobre una inmensa plataforma rectangular o bien Cañada de la Virgen, cerca de San Miguel de Allende y más recientemente las construcciones piramidales en Peralta pertenecientes al municipio de Abásolo con el cual Valle de Santiago tiene colindancia aun y cuando los estudiosos de esta materia sostienen que Valle tiene influencia de la cultura Chupícuaro al igual que estos sitios arqueológicos.

Valle de Santiago también conocida como el país de las siete luminarias está situada en el meridiano 101°11'13" AL Oeste de Greenwich y el paralelo 20° 23'28" al norte del Ecuador, Su extensión territorial es de 835.7 Kilómetros cuadrados con 132,023 habitantes.

La mancha urbana tiene 605 hectáreas.

I.2. UBICACIÓN.

El municipio se encuentra ubicado en la parte centro sur del estado de Guanajuato, aproximadamente a 80 kilómetros de Guanajuato capital y a 22 kilómetros al sur de la ciudad de Salamanca, cuenta con dos pueblos, 2 congregaciones, 93 ejidos, 50 ex haciendas, 23 colonias 156 comunidades rurales varias de las cuales no aparecen en los mapas de la localidad

Su clima es semicálido y subhúmedo con 19.5° C media anual.



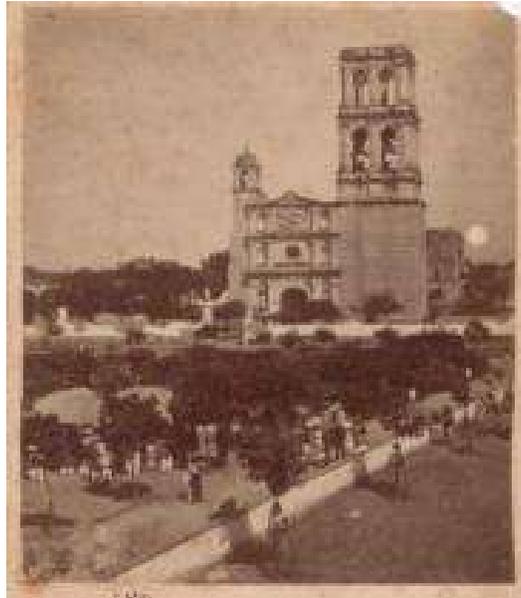
(1)

I.3. DATOS HISTÓRICOS.

El municipio es prácticamente todo el Padrón número 15, que le pusieron por nombre 'SANTIAGO' y que fue repartido en el año de 1606, junto con otros catorce rumbo Occidente, y uno más, rumbo al Oriente.

La ciudad fue fundada el año de 1607 o sea un año después de haber sido repartido esta parte centro sur de Guanajuato, el 28 de mayo por un grupo de españoles que venían de la recién fundada Salamanca conocida antiguamente como Xidoo, así lo dicen varios cronistas entre ellos el historiador y geógrafo Don Pedro González, quien además se desempeñó como jefe político según se sabe por los años 1900 y 1903.

I.4. FUNDACIÓN DE LA CIUDAD.



Entre ellos Pedro Martínez Rincón, Diego Tamayo, Francisco Gómez, Cristóbal Martín, Juan Fernández y algunos más.

Anteriormente se llamaba Camémbaro que es lengua tarasca o purépecha y significa “lugar de ajeno o estafiate”. Cuando llegaron los españoles a esta ciudad ya la habitaban una mezcla de indígenas otomíes, tarascós y chichimecas cambiando su nombre por el de Valle de Santiago por ser el día 25 de Julio de 1562 día de Santiago Apóstol. Con el derecho de conquista y amparados por la Real Cédula de Congregaciones, expedida por el Rey de España Carlos V del 21 de marzo de 1551. El día 29 de junio del año 1871, Valle de Santiago adquirió el rango de Ciudad siendo Gobernador Don Florencio Antillón.

I.5. UNA GRAN LLANURA AL SUR DE GUANAJUATO.

En el municipio se encuentran decenas de formaciones volcánicas, entre ellas, las llamadas “Siete Luminarias”. Que son: La alberca, La hoya del Rincón de Parángueo, la Hoya de San Nicolás de Parángueo, La Hoya de Cántora, la Hoya Blanca, La Hoya de Solís y la Hoya de Álvarez ó Flores. Todas localizadas en un área de 20 km cuadrados y en la cual se hizo un decreto de Área Natural Protegida de 8,928-50-00 Hectáreas.



Valle de Santiago, Gto. “*El País de las Siete Luminarias*” llamado así en referencia a los volcanes extintos, algunos de ellos al quedar su sequedad mas baja del nivel freático, se llenaron de agua y alguien las llamo hoyas o joyas, este nombre se les da por que anteriormente los habitantes de la región pronunciaban la “h” muda como la letra “j” que en lugar de decir “hoya” (de hoquedad, agujero u hoyo) decían joya. Quedándose con el paso del tiempo la denominación de “hoyas”.

Para los especialistas aún no queda claro si son volcanes pequeños o cráteres grandes. Cráteres de explosión, volcanes embrionarios o maaras que es el nombre dado a este tipo de volcán, y que se origina por erupciones moderadas y bien localizadas en estos casos, la abertura del suelo arroja cierta cantidad de material que solo forma una cresta o rodete, sin llegar a levantar conos de gran altura.

Debido a la erosión, causada por el paso del tiempo, a la falta de vegetación y por la mano del hombre. Solamente son ocho los volcanes que se pueden apreciar ya que los otros solamente queda un socavón sin forma en donde alguna vez fueron volcanes activos (Quizá se desplomo el flanco de la caldera del volcán).

Los volcanes que son visibles en la actualidad son: LA HOYA DE ÁLVAREZ, HOYA DE CÍNTORA, HOYA BLANCA, HOYA DE SOLÍS, HOYA DE ESTRADA, HOYA SAN NICOLÁS PARÁNGUEO, HOYA DEL RINCÓN DE PARÁNGUEO, LA ALBERCA Y EL CERRO DE LA BATEA con su cono muy elegante, regularmente barrancado y sostenido por una base muy enanchada, con una altura de 2215 metros sobre el nivel del mar, es el punto dominante alrededor del cual está colocado el mayor número de los otros.

El grupo volcánico está compuesto por doce cráteres repartidos en un área de 14 kilómetros, desde la laguna de Yuriría, el cerro del rincón de Parángueo, en cuyo flanco meridional esta el cráter lago del mismo nombre.

El municipio esta deprimido en su centro por el cause del río Lerma entrando por la comunidad de la isla, siguiendo Terán, y saliendo para Salamanca por el pitayo volviendo entrar a el municipio en la comunidad de Saúz de Purísima, saliendo al estado de Michoacán en la comunidad del salitre, a esta parte del río se le llama alto río Lerma.



Este municipio esta situado entre las divisiones topográficas de la mesa central mexicana en la parte denominada el bajío mexicano. Que está extendida después de los alrededores del estado del Querétaro, hasta los pies de la sierra de Pénjamo y de las colinas del municipio de león. El bajío no es un plano uniforme y esta dominada por montañas elevadas, y tiene grandes espacios para el cultivo agrícola.

(2)



I.6. HISTORIA DEL CEMENTO

Hacia el año 700 antes J.C. los etruscos utilizan mezclas de puzolana y cal para hacer un mortero.

Ya en el año 100 antes J.C. los romanos utilizaban mezclas de puzolana y cal para hacer hormigón de resistencias a compresión de 5 Mpa.

Hasta el año 1750 sólo se utilizan los morteros de cal y materiales puzolánicos (tierra de diatomeas, harina de ladrillos etc.).

Hacia 1750-1800 se investigan mezclas calcinadas de arcilla y caliza.

Smeaton compara en el año 1756 el aspecto y dureza con la piedra de Pórtland al sur de Inglaterra. 40 años más tarde, Parker fabrica cemento natural aplicándose entonces el vocablo "cemento" (anteriormente se interpretaba como "caement" a toda sustancia capaz de mejorar las propiedades de otras).

Vicat explica en 1818 de manera científica el comportamiento de estos "conglomerantes".

En 1824, Aspdin patenta el cemento Pórtland dándole este nombre por motivos comerciales, en razón de su color y dureza que le recuerdan a las piedras de Pórtland. Hasta la aparición del mortero hidráulico que autoendurecía, el mortero era preparado en un mortarium (sartén para mortero) por percusión y rotura, tal como se hace en la industria química y farmacéutica.

Entre los años 1825-1872 aparecen las primeras fábricas de cemento en Inglaterra, Francia y Alemania.

En el año 1880 se estudian las propiedades hidráulicas de la escoria de alto horno.

En el año 1890 aparecen las primeras fábricas de cemento en España.



En el año 1980 hay 1,500 fábricas que producen cerca de 800 millones de toneladas/año.

Hoy en día el cemento es la cola o "conglomerante" más barato que se conoce. Mezclado adecuadamente con los áridos y el agua forma el concreto, una roca amorfa artificial capaz de tomar las más variadas formas con unas prestaciones mecánicas a compresión muy importantes. Las resistencias a tracción pueden mejorarse con la utilización de armaduras (acero de refuerzo).

La palabra "hormigón" tiene su origen en el parecido a un bizcocho preparado con almendras, harina, leche y huevos. Las almendras estaban enteras y recordaban a los áridos gruesos incluidos en el mortero. Este bizcocho tenía el nombre de "formigò" del cual ha derivado el vocablo hormigón.

Los vocablos francés "béton" y el alemán "beton" derivan del latín "bitumen/bituminis" que significa "lodo que se iba espesando".

El vocablo inglés "concrete" también deriva del latín teniendo el significado de denso, compacto.

I.7. PROCESO PRODUCTIVO

a). 1ª Etapa -Preparación de las materias primas

Las materias primas básicas (caliza, marga, pizarra o grava) se extraen de canteras a cielo abierto por medio de voladuras controladas. Posteriormente, se cargan y transportan en camiones de gran tonelaje a las trituradoras donde se fragmentan hasta un tamaño aproximado de 50 mm; luego se almacenan en zonas independientes en naves de materias primas.

Además de estas materias primas básicas, también se utilizan, en proporción minoritaria, otros productos que aportan calcio, silicio, aluminio o hierro, tales como

cascarilla, arena, escoria, cenizas, etc., que se adquieren en el exterior, y que se utilizan para ajustar con mayor precisión la composición química del "Crudo".

Estas materias primas se dosifican de manera controlada con básculas y se introducen de manera conjunta a los molinos. La proporción relativa de cada componente se ajusta de manera automática, en base a los resultados de los análisis efectuados por equipos de rayos X.

El material que sale del molino, llamado "**Harina de Crudo**" es muy fino y se almacena en silos cerrados en donde se lleva a cabo un proceso de homogeneización por medio de la introducción de aire presión a través del fondo del silo.



b). 2ª Etapa - Cocción: El Clínker

La "harina de crudo" se introduce a un intercambiador de calor donde se lleva a cabo un proceso de calentamiento progresivo hasta alcanzar los 1,000° C. En este



proceso, y en primer lugar, el crudo se seca, luego se deshidrata y finalmente se descarbonata. Este proceso de calentamiento del crudo se realiza por intercambio de calor entre los gases calientes ascendentes procedentes de la combustión en el horno, y la materia cruda descendente que recorre el intercambiador.

A continuación la materia prima entra en el horno, que es un tubo de dimensiones variables pero que oscila entre 45-60 metros de longitud y 3-5 metros de diámetro, girando a menos de 3 rpm. En el interior del horno se produce la combustión controlada de un combustible hasta alcanzar temperaturas de llama de hasta 2,000° C.

Dentro el horno, el crudo sigue aumentando de temperatura hasta alcanzar un máximo de 1,450° C, necesario para la correcta formación de los componentes responsables de las propiedades mecánicas de los cementos.

El material que sale del horno tiene aspecto de gránulos redondeados y se conoce con el nombre de "**clínker**". Para congelar su estructura cristalina y estabilizar los componentes formados a 1,450° C, el clínker se enfría con aire por debajo de los 120°C.

Son necesarios 1,560 kg de crudo para obtener 1,000 kg de clínker.

Una composición típica del clínker es:

- 64% en CaO (Óxido de calcio)
- 6% en Al₂O₃ (Óxido de aluminio)
- 20% en SiO₂ (Dióxido de Silicio)
- 3% en Fe₂O₃ (Trióxido de Hierro)
- 7% Otros elementos

Los gases resultantes del proceso de combustión se emiten a la atmósfera a través de una chimenea a una temperatura inferior a 120° C, después de haber sido previamente filtrados a través de filtros electrostáticos o de mangas que **retienen más del 99.9% del polvo arrastrado**.

El calor contenido en los gases de salida es reutilizado en el proceso de secado y molienda del crudo y de los combustibles.



c). 3ª Etapa - Molienda: El Cemento

El cemento está constituido por:

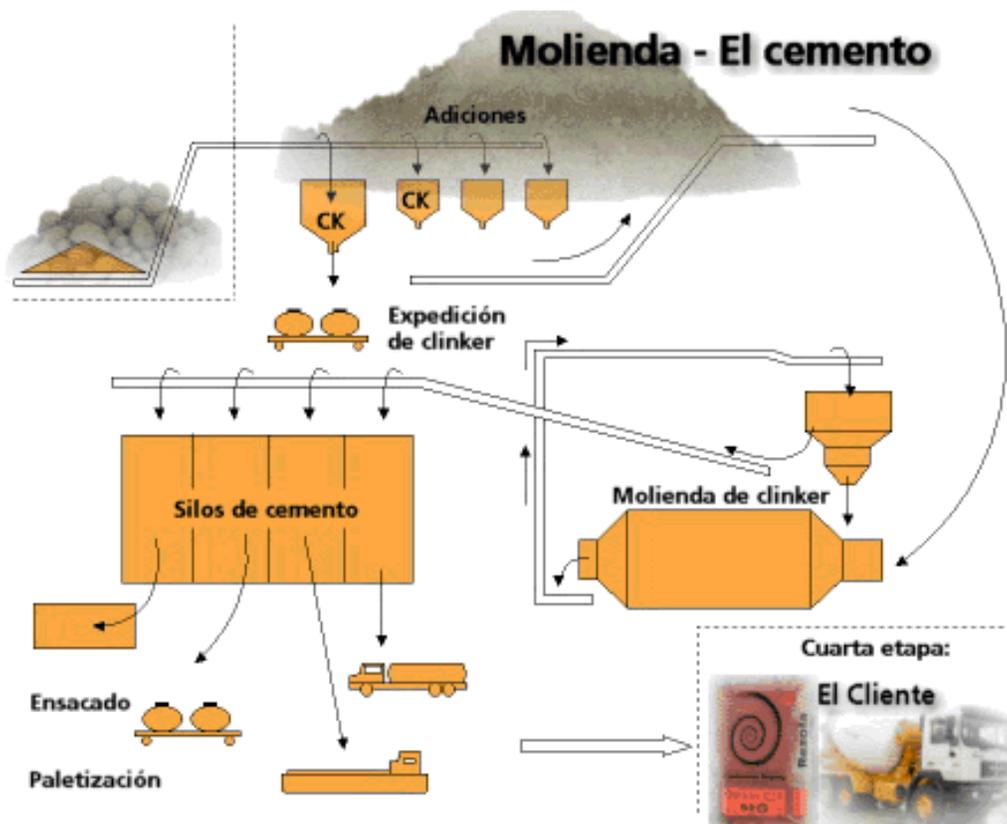
- Clínker.
- Componentes principales, tales como:
 - Escoria de Horno Alto,
 - Humo de Sílice,
 - Puzolana,
 - Cenizas volantes, y
 - Caliza.
- Componentes minoritarios.
- Regulador de fraguado.

La proporción de cada componente depende del tipo concreto de cemento fabricado. Los distintos componentes se almacenan en zonas separadas, se dosifican por medio de básculas y se añaden de manera conjunta y continuada al molino de cemento.

Al igual que en el crudo, la proporción relativa de cada componente se ajusta de manera automática en base a los resultados de los análisis efectuados por equipos de rayos X.

En el proceso de molienda, los componentes se muelen, se entremezclan íntimamente y el material se hace pasar por separadores. Si el cemento posee las características físico-químicas necesarias se almacena en silos estancos. En caso contrario, se reenvía al molino para continuar su molienda.

El cemento así producido y almacenado se suministra en sacos (50 y 25 Kg) o a granel (en camiones cisternas de 25 Ton aprox.).



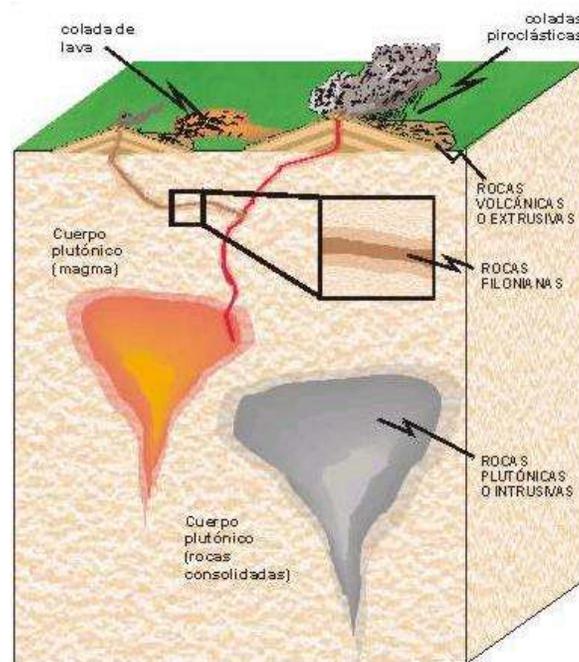
(3)

I.8. ROCAS ÍGNEAS.

Las rocas ígneas (del latín igneus) o magmáticas se forman a partir de la solidificación de un fundido silicatado o magma. La solidificación del magma y su consiguiente cristalización puede tener lugar en el interior de la corteza, tanto en zonas profundas como superficiales, o sobre la superficie exterior de ésta.

Si la cristalización tiene lugar en una zona profunda de la corteza a las rocas así formadas se les denominan **rocas intrusivas o plutónicas** (de Plutón, el dios del mundo inferior en la mitología clásica). Por el contrario, si la solidificación magmática tiene lugar en la superficie terrestre a las rocas se las denomina **rocas extrusivas o volcánicas** (de Vulcano, dios del fuego en la mitología clásica que tenía su residencia bajo el volcán Etna). Por último, si la solidificación magmática se produce cerca de la superficie de la tierra, de una manera relativamente rápida y el magma rellena pequeños depósitos (p.ej. diques, filones, sillars, lacolitos, etc.) a las rocas así formadas se las denomina subvolcánicas o hipoabisales. Estas rocas también reciben el nombre de **rocas filonianas**, ya que habitualmente están rellenas de grietas o filones.

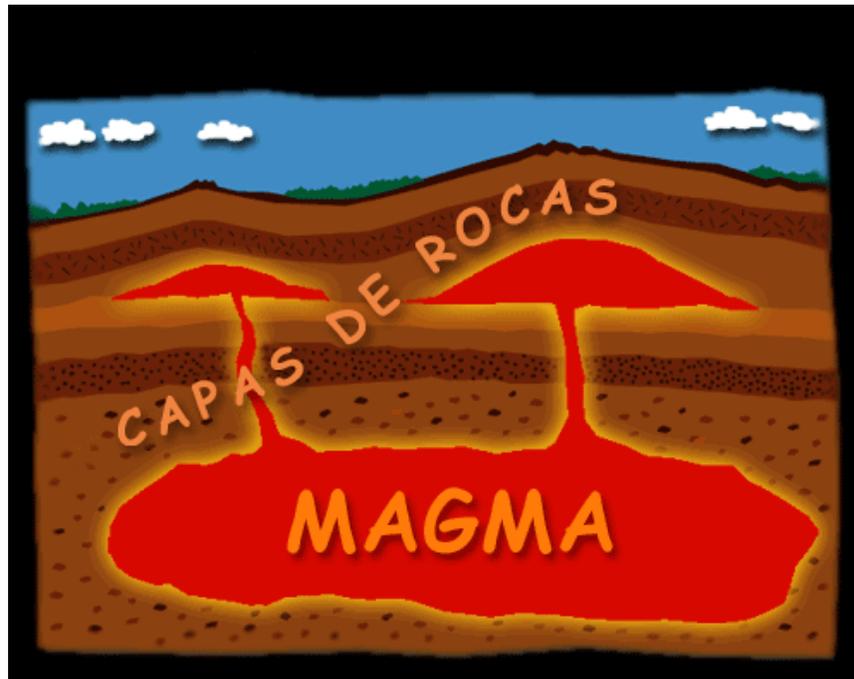
La clasificación de las rocas ígneas se basa en la composición mineralógica y en las texturas; éstas últimas nos permiten establecer si nos encontramos con rocas plutónicas, volcánicas y filonianas.



I.9. ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS.

Las rocas ígneas intrusivas, también llamadas rocas plutónicas, se forman en las profundidades de la superficie de la Tierra cuando el magma, o roca derretida asciende a través de una grieta o a una recámara subterránea dentro de la Tierra. La recámara es un poco más fría que la roca derretida. La temperatura ligeramente más baja permite que el magma se enfríe muy lentamente a lo largo de millones de años. A medida que el material fundido se enfría, los elementos se combinan y forman tipos comunes de minerales de silicato, los cuales son el sustento de las rocas ígneas. El enfriamiento lento permite que se formen una variedad de minerales, y generalmente los cristales minerales pueden alcanzar gran tamaño, si el espacio lo permite.

Los cristales minerales dentro de una roca ígnea intrusiva son lo suficientemente grandes como para poder ser vistos sin necesidad de amplificación. Las rocas ígneas con cristales de gran tamaño se llaman faneríticas o de granos grandes. Hay diferentes tipos de rocas ígneas intrusivas, pero el granito es el tipo más común.





I.10. ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS.

Las rocas ígneas extrusivas, o volcánicas, se forman cuando el magma fluye hacia la superficie de la Tierra y hace erupción o fluye sobre la superficie de la Tierra en forma de lava; y luego se enfría y forma las rocas. La lava que hace erupción hacia la superficie de la Tierra puede provenir de diferentes niveles del manto superior de la Tierra, entre 50 a 150 kilómetros por debajo de la superficie. Esta lava se encuentra bajo una presión muy alta, a causa del peso de las rocas sobre ellas, y esta presión permitirá que fluya hacia la superficie, toda vez que encuentre un canal para ascender.

Cuando la lava hace erupción sobre la superficie de la Tierra, se enfría rápidamente, debido a que la temperatura sobre la superficie es mucho menor a la temperatura inferior. Si la lava se enfría rápidamente, en menos de un día o dos, los elementos que unen a los minerales no disponen de mucho tiempo. En su lugar, los elementos son congelados en el lugar, dentro del **vidrio volcánico**. Con frecuencia, la lava se enfría después de unos cuantos días o semanas, y los minerales disponen de suficiente tiempo para formarse, pero no de tiempo para crecer y convertirse en grandes pedazos de cristal. Estas rocas, con pequeños cristales se llaman, **afaníticas o de grano fino**.

Las rocas basalto son el tipo más común de rocas ígneas extrusivas y es el tipo de roca más común sobre la superficie de la Tierra.





I.11. GRADO DE CRISTALINIDAD DE ROCAS ÍGNEAS.

Cuando un magma se enfría muy rápidamente, y no hay tiempo suficiente para que los átomos e iones se agrupen formando una estructura cristalina, el resultado de la solidificación es la formación de un vidrio.

En función del porcentaje de vidrio presente en una roca podemos clasificarla en:

- **HOLOHIALINAS.** Son rocas que están compuestas por más del 90% en volumen de vidrio, lo que suele ser característico de las rocas volcánicas lávicas (p.ej. una pumita o una obsidiana).
- **HIALOCRISTALINAS.** Son rocas que están compuestas en parte por vidrio y en parte por cristales, sin que ninguno de estos dos componentes supere el 90% del volumen total. Este tipo de textura suele ser característico de las rocas volcánicas lávicas y de las rocas hipoabisales o filonianas (p.ej. un pórfido granítico).
- **HOLOCRIITALINAS.** Son rocas que están compuestas por más del 90% en volumen de cristales, lo que suele ser característico de las rocas plutónicas (p.ej. un granito).

a). TAMAÑO DE LOS CRISTALES

En función del tamaño de los cristales de una roca ígnea se pueden establecer dos tipos texturales:

- **FANERÍTICA**, del griego phaneros (visible). Es aquella roca en la que los cristales pueden reconocerse a simple vista. Este tipo de textura se da en rocas que han sufrido un proceso lento de enfriamiento, es decir que han perdido calor de una forma gradual y lenta. Es típica de rocas intrusivas (plutónicas). Se pueden distinguir varios tamaños de grano dentro de este grupo:
 - grano muy grueso, cuando los granos tienen un tamaño mayor de 30 mm
 - grano grueso, cuando los granos tienen tamaños entre 30 y 5 mm
 - grano medio, cuando los granos tienen tamaños entre 5 y 2 mm
 - grano fino, cuando los granos tienen un tamaño menor de 2mm, pero son visibles.



- **AFANÍTICA**, el prefijo a- indica negación, a phaneros (no visible). Es aquella roca en la que los cristales no pueden reconocerse a simple vista y es necesario una lupa o un microscopio. Una textura afanítica siempre indica que el proceso de enfriamiento se produjo de forma más o menos rápida. Esta textura es típica de rocas volcánicas y subvolcánicas. Se pueden distinguir dos clases dentro de este grupo:
 - microcristalinas, cuando los cristales son reconocibles con el microscopio
 - vítreas o criptocristalinas, cuando los cristales no son reconocibles con el microscopio

b). DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE LOS CRISTALES

- **EQUIGRANULAR**. El tamaño de todos los cristales es parecido.
- **INEQUIGRANULAR**. En la roca existe una distribución de tamaños de grano muy amplia. Si se representa el tamaño de los cristales frente a su frecuencia se pueden distinguir varios tipos de distribuciones. Unimodal, cuando la distribución es una campana de Gauss; bimodal, cuando se pueden distinguir dos máximos dentro de la distribución y seriada.
- **PORFÍDICA**. Cuando se observa una serie de cristales de gran tamaño englobados en una matriz compuesta por granos de un tamaño sensiblemente menor, es decir, existen dos poblaciones distintas de cristales.

(4)



II. CARACTERIZACIÓN DE PÉTREOS.

II.1 MÉTODO ESTÁNDAR DE ENSAYE PARA DETERMINAR LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO A.S.T.M. C-127-88.

Es la propiedad de las partículas del agregado de absorber agua por sus poros, como por ejemplo el granito, puede tener una absorción de 0.2 %, mientras que la absorción de una pizarra o pedernal poroso puede ser hasta del 2 o 3 %. Normalmente la absorción de la arena no debe de exceder de 1.5%, y la del agregado grueso no debe rebasar el 1%.

Una absorción elevada indica que el agregado es poroso, de bajo peso específico y que posiblemente si se usa, produzca un concreto de baja durabilidad y que tenga un posible índice de contracción elevado. Para hacer el proporcionamiento y para llevar el control de las mezclas debe conocerse el dato de la absorción.

Generalmente los agregados pétreos se almacenan en sitios próximos a la obra quedando muchas veces a la intemperie y naturalmente se encuentran expuestos a los cambios atmosféricos, por lo que al presentarse lluvia absorben agua hasta quedar saturados. Como en la dosificación de mezclas de concreto se requiere controlar perfectamente la cantidad de agua que se vierte directamente a la reacción química que presenta el cemento en entrar en contacto con la misma, es de suma importancia conocer el contenido de humedad de los agregados pétreos, para hacer ajustes en el agua de la mezcla, con el fin de que esta permanezca inalterable.

Para saber el contenido de humedad existen cuatro condiciones:

- Secado al horno, que no contenga humedad
- Secado al aire, que contenga menos humedad que la que el agregado sea capaz de absorber.
- Saturado, pero con superficie seca, ni más ni menos. Esta condición raramente llega a encontrarse, salvo bajo condiciones del laboratorio.



- Húmedo mojado, que contenga humedad libre en la superficie además de la absorción.

La arena por lo regular siempre se encuentra dentro de la cuarta condición al momento de hacer la mezcla. El agregado grueso por lo general esta en la condición 2 o 4. Raramente se encuentra dentro de la 1, y nunca en la situación 3.

Para el proporcionamiento de la mezcla y para el control de campo, es absolutamente indispensable hacer la evaluación del contenido de humedad de los agregados.

EQUIPO:

- Una balanza con aproximación al décimo de gramo, con una capacidad de 2 kg.
- Una serie de charolas para depositar la muestra de arena por ensayar.
- Una espátula
- Un molde troncocónico de metal inoxidable o de laton con altura de 7.3 cm, y base de 8.89cm., de diámetro 1.5" .
- Parrilla eléctrica.
- Pinzas.
- Un pisón.
- Vidrio.

PROCEDIMIENTO:

1. Se ponen a saturar dos o tres kgs, de arena durante 24 hrs.
2. Se vacía el agua libre del recipiente de saturación y se extiende la muestra en una charola poniendo esta sobre la parrilla eléctrica, moviéndola con una espátula para obtener un secado uniforme.
3. Una vez que la arena haya perdido el brillo que le dá el agua superficial y que haya tomado un tono mate, se retira la charola de la parrilla y se hace una prueba de cono y pisón, esto es sobre una superficie plana, se coloca el cono sentado sobre la base mayor y se llena de arena en tres capas, repartiendo 25 golpes del pisón en las mismas dándole 12 a la primer capa, 8 a la segunda capa y 5 a la tercer capa. Se levanta el cono dando un giro ascendente y se observa la arena, si esta ha mantenido la forma del cono significa que aún le queda agua libre y se sigue secando un poco mas para volver a hacer la prueba.



4. Cuando al levantar el cono se derrumbe los hombros de la figura del molde, en ese momento se secan de 300 gr, a 500 gr, pesado al décimo de gramo y ponen en otra charola para secarlos totalmente, anotando este peso como peso húmedo (Pw).
5. Para saber cuando está totalmente seca se pone el vidrio sobre la muestra, si éste se empaña quiere decir que aún contiene agua, lo seguimos moviendo con la espátula hasta que el vidrio deje de empañarse.
6. Dejamos que se enfríe el material y lo volvemos a pesar al décimo de gramo anotando este como peso seco (Pa).
7. La diferencia en pesos en % con respecto al peso seco, es la humedad de absorción de la arena.

CÁLCULO:

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

EJEMPLO:

Utilizando los materiales por estudiar obtenemos los valores siguientes.

ABSORCION			
Muestra	1	2	3
Peso Húmedo (Pw)	330.40	337.10	340.40
Peso Seco (Ps)	314.80	320.60	323.11

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{330.40 - 314.80}{314.80} \times 100 = 4.656\% \Rightarrow 1$$

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{337.10 - 320.60}{320.60} \times 100 = 5.147\% \Rightarrow 2$$

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{340.40 - 323.11}{323.11} \times 100 = 5.351\% \Rightarrow 3$$

Después sacamos un promedio el cual es:

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \underline{\underline{5.051\%}}$$



II. 2. MÉTODO ESTÁNDAR DE ENSAYE PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO. A.S.T.M. C-128-97.

Tiene como objetivo determinar el peso de 1 unidad de volumen del arena sin considerar los vacíos que existen entre partícula y partícula, también se entiende por gravedad específica el cociente de 2 densidades, la del material, en este caso la arena y la de otro tomando como base el agua.

Es importante una buena determinación de la gravedad específica, ya que es un dato que se utiliza en el cálculo de mezclas de concreto.

PROCEDIMIENTO:

Para determinar la gravedad específica del arena, se requiere además del equipo utilizado para la determinar la absorción, un picnómetro y una probeta.

Con una muestra aproximada de 1,000 gr, de material fino en condición de saturado superficialmente de agua, que previamente se determino con el cono troncocónico para la prueba de absorción y se procede a pesar las muestras de 300 gr, a 500 gr, se procede a vaciar la muestras dentro del picnómetro previamente llenado con agua evitando que las partículas se adhieran a la pared del picnómetro, poniendo la probeta por el orificio que tiene tomamos la lectura de esta anotándolo como volumen desalojado.

CÁLCULO:

$$\text{Densidad} = \frac{P_s}{V}$$

EJEMPLO:

Utilizando los materiales por estudiar obtenemos los valores siguientes.

DENSIDAD			
Muestra	1	2	3
Peso Húmedo (Ps)	328.70	348.50	327.24
Volumen Desalojado(V)	116.00	133.00	120.00



$$\text{Densidad} = \frac{328.70}{116.00} = 2.834 \Rightarrow 1$$

$$\text{Densidad} = \frac{348.50}{133.00} = 2.620 \Rightarrow 2$$

$$\text{Densidad} = \frac{327.24}{120.00} = 2.727 \Rightarrow 3$$

Después sacamos un promedio el cual es:

Densidad o Gravedad Específica Final= **2.727**



II.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN ARENAS A.S.T.M. C-142-97.

Tiene como objetivo, pasar por una serie de mallas o tamices una muestra representativa de arena, para conocer la distribución de los diámetros de las partículas y el modulo de finura de la arena el cual nos servirá para realizar el proporcionamiento de nuestra mezcla.

EQUIPO:

Bascula con capacidad de 2 kg, con aproximación al décimo de gramo.

- Un juego de mallas para arenas de abertura rectangular o circular números 8, 16, 30, 50, 100 y charola con su respectiva tapa.
- Charolas
- Espátulas
- Un cepillo de cerdas para limpiar las mallas.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa de 1 kgs., aproximadamente de material.
- Se seca la muestra hasta peso constante.
- Se toma el material seco y frío y se pesa de 300gr a 600 gr, con aproximación al décimo de gramo.
- Se colocan las mallas en orden decreciente (8, 16, 30, 50, 100 y charola), se vierte la muestra de arena, se coloca la tapa.
- Se agita el juego de mallas durante 15 minutos cuando el cribado es manual y durante 10 minutos cuando el cribado es mecánico.
- Una vez que se ha terminado el cribado, se pesa meticulosamente lo retenido en cada malla.

CÁLCULO:

- Se anotan los pesos retenidos en las respectivas mallas en la columna N° 2.
- La columna N° 2 se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ Retenido malla } n = \frac{\text{peso.retenido.en.n}}{\text{suma.total}} \times 100 \text{ donde n es el número de malla}$$



- El porcentaje acumulativo se calcula a partir de los datos de la columna N° 3 como sigue:

$$\% \text{ Acumulativo malla } n = \% \text{ retenido en malla } n + \% \text{ retenido en malla } (n-1)$$

- El porcentaje que pasa se calcula de la siguiente:

$$\% \text{ Que pasa malla } n = 100 - \% \text{ Acumulativo de malla } n.$$

- El módulo de finura se calcula de la forma siguiente:

MF= suma de % acumulativos de las mallas sin charola hasta malla 100 y divididos entre cien.

Para nuestro caso el cálculo será el siguiente:

Malla N°	Peso retenido	% Retenido	% Acumulativo	% Que pasa
8	50,20	14	14	86
16	109,20	30	44	56
30	81,00	22	66	34
50	54,10	15	81	19
100	30,70	8	90	10
200	17,60	5	95	5
charola	19,90	5	100	0
	362,70	100	<u>MF=2.96</u>	

Malla N°	Peso retenido	% Retenido	% Acumulativo	% Que pasa
8	44,40	13	13	87
16	108,40	31	44	56
30	81,20	23	67	33
50	51,10	15	82	18
100	28,90	8	90	10
200	16,90	5	95	5
charola	19,40	5	100	0
	350,30	100	<u>MF=2.96</u>	



Malla N°	Peso retenido	% Retenido	% Acumulativo	% Que pasa
8	52,40	14	14	86
16	112,30	30	44	56
30	86,10	23	67	33
50	56,10	15	82	18
100	29,90	8	90	10
200	18,70	5	95	5
charola	18,70	5	100	0
	374,20	100	MF=2.97	

Y como promedio tenemos:

% Acumulativo
14
44
67
82
90
95
100
MF
Promedio=2,96



II.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN GRAVAS Y TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO A.S.T.M. C-142-97.

Tiene como objetivo pasar por una serie de mallas la muestra representativa de grava, para conocer la distribución de los diámetros de las partículas.

EQUIPO:

- Un juego de mallas de abertura rectangular de $1''$, $\frac{3}{4}''$, $\frac{1}{2}''$, $\frac{3}{8}''$, $N^{\circ}4$.
- Bascula con capacidad de 20 kg, y aproximación al gramo.
- Charolas, espátulas
- Cepillo de alambre.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa del 10 a 15 kg, aproximadamente.
- Se seca la muestra
- Se colocan las mallas en orden decreciente en una charola cada una.
- Se pasa el material por cada una de las mallas, agitándolas manualmente durante 10 minutos.

CALCULO:

- Se anotan los pesos retenidos en las respectivas mallas en la columna N° 2.
- La columna N° 3 se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ Retenido malla } n = \frac{\text{peso.retenido.en.n}}{\text{suma.total}} \times 100$$

- El porcentaje acumulativo se calcula a partir de los datos de la columna N° 2 como sigue:

$$\% \text{ Acumulativo malla } n = \% \text{ retenido en malla } n + \% \text{ retenido en malla } (n-1)$$

- El porcentaje que pasa se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Que pasa malla } n = 100 - \% \text{ Acumulativo de malla } n.$$

**TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO**

Es la abertura de la malla que retiene primero el 5% o más de una muestra de grava.

Malla N°	peso retenido	% retenido	% acumulativo	% que pasa
1"	1020,00	7	7	93
3/4"	1456,00	11	18	82
1/2"	3051,00	22	40	60
3/8"	2326,00	17	56	44
N° 4	4609,00	33	90	10
Pasa N°4	1366,00	10	100	0
	13828,00	100		
<u>Tamaño máximo de agregado =1"</u>				

**II.5. ABSORCIÓN EN GRAVAS A.S.T.M. C-127 (REPROVED 1993)**

Tiene como objetivo conocer la cantidad de agua que puede retener la grava después de 24 horas de saturación.

EQUIPO:

- Una balanza con aproximación al décimo de gramo, con una capacidad de 2 kg
- Charolas de inmersión.
- Parrilla eléctrica.
- Franela.
- Vidrio.

PROCEDIMIENTO.

- Se pone a saturar durante 24 horas una muestra de grava en agua limpia a una temperatura de 14 a 21° C.
- Se saca la muestra de grava y se secan las partículas superficialmente utilizando la franela, una vez que está seca la grava superficialmente, se pesan de 300 gr a 600gr, anotando este peso como peso húmedo (Pw), posteriormente se pone a secar en la parrilla verificando esto con el vidrio.
- Ya cuando se ha secado la muestra de deja enfriar a temperatura ambiente de 1 a 3 horas y se pesa, anotando este peso como peso seco (Ps).

CÁLCULO:

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

EJEMPLO:

ABSORCION			
Muestra	1	2	3
Peso Húmedo (Pw)	357.90	276.70	340.40
Peso Seco (Ps)	339.00	260.90	321.70



$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{357.90 - 339.00}{339.00} \times 100 = 5.575$$

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{276.70 - 260.90}{260.90} \times 100 = 6.056$$

$$\% \text{ Humedad de Absorción} = \frac{340.40 - 321.70}{321.70} \times 100 = 5.813$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$\% \text{ H Abs. Promedio} = \underline{\underline{5.82}}$$



II.6. GRAVEDAD ESPECÍFICA EN GRAVAS (DENSIDAD APARENTE)

A.S.T.M. C-127 (REPROVED 1993)

Tiene como objetivo determinar el peso por unidad de volumen de ese material, sin considerar los vacíos que existen entre partícula y partícula.

Las partículas se consideran saturadas en agua y superficialmente secas. Este resultado se utilizará en los cálculos del proporcionamiento del concreto por lo cual son muy importantes.

EQUIPO:

- Charola para saturar.
- Báscula con aproximación al décimo de gramo.
- Franela
- Picnómetro
- Probeta de vidrio graduada.

PROCEDIMIENTO:

- Se pone a saturar una muestra representativa de grava durante 24 horas, en agua limpia a una temperatura de 14 a 21° C.
- Se vierte el agua y se seca superficialmente la grava, utilizando para esto la franela.
- Se pesa una muestra de aproximadamente 300 a 600 grs, con aproximación al décimo de gramo.
- Se enraza el nivel del picnómetro esperando que ya no gotee por el sifón, se coloca la probeta en el sifón y se vierte la grava en el picnómetro dejando caer dentro de él la grava tratando de que no salpique agua fuera del picnómetro.
- Esperamos hasta que el sifón del picnómetro deje de gotear y medimos directamente en la probeta el volumen de agua desalojado.

CÁLCULO:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{peso}}{\text{volumendesalojado}}$$

**EJEMPLO:**

DENSIDAD			
Muestra	1	2	3
Peso de la muestra	412.50	285.30	320.10
Volumen desalojado	171.00	115.00	130.30

$$\text{Densidad} = \frac{412.50}{171.00} = 2.412$$

$$\text{Densidad} = \frac{285.30}{115.00} = 2.481$$

$$\text{Densidad} = \frac{320.10}{130.30} = 2.457$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$\text{Densidad promedio} = \underline{\underline{2.45}}$$



II.7. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO EN GRAVAS A.S.T.M. C-29-97.

Esta prueba tiene como objetivo conocer el peso volumétrico seco suelto de la grava de acuerdo al acomodo de sus partículas.

EQUIPO:

- Recipiente metálico de volumen conocido.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Cucharón.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa y se pone a secar, hasta que pierda toda la humedad y su peso sea constante.
- Se pesa el recipiente anotando este como peso de la tara (T).
- Se coloca la grava en el recipiente metálico de forma cilíndrica, por especificaciones A.S.T.M. (10, 500 cm³), dejándola caer suavemente desde una altura de 5 cm, hasta que se forme un cono de material que cubra la boca del recipiente.
- Se enraza la medida con una regla y se limpia el material que haya quedado en la parte exterior del recipiente.
- Se pesa el recipiente con la grava al gramo de aproximación anotando este peso bruto (Pb).

CALCULO:

$$P.V.S.S.=\frac{Pn}{V}$$

**EJEMPLO:**

PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO			
Muestra	1	2	3
Peso bruto (Pb)	16985.00	16927.00	16971.00
Tara (T)	2919.00	2919.00	2919.00
Peso neto (Pb-T)= Pn	14066.00	14008.00	14052.00
Volumen del recipiente (V)	10605.00	10605.00	10605.00

$$P.V.S.S. = \frac{14066.00}{10605.00} = 1.326$$

$$P.V.S.S. = \frac{14008.00}{10605.00} = 1.321$$

$$P.V.S.S. = \frac{14052.00}{10605.00} = 1.325$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$P.V.S.S. \text{ promedio} = \underline{\underline{1.324 \text{ tn/m}^3}}$$



II.8. PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO EN GRAVAS

A.S.T.M. C-29-97.

Tiene como objetivo conocer el peso volumétrico seco y varillado de la grava de acuerdo con el acomodo de sus partículas.

EQUIPO:

- Recipiente metálico de volumen conocido.
- Varilla punta de bala de 5/8" de diámetro y 2 ft de largo.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Cucharón.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa suficiente y se pone a secar, hasta que pierda toda la humedad y su peso sea constante.
- Se pesa el recipiente anotando éste como peso de la tara (T).
- Se llena el recipiente cilíndrico metálico de aproximadamente 10.5 lts con grava en tres capas, cada capa recibirá 25 golpes con la varilla punta de bala distribuidos en toda el área y procurando que la intensidad de los golpes sea de tal manera que la varilla no penetre la capa anterior.
- Se enraza la medida con una regla y se limpia el material que haya quedado en la parte exterior del recipiente.
- Se pesa el recipiente con la grava al gramo de aproximación anotando este peso bruto (Pb).

CÁLCULO:

$$P.V.S.V. = \frac{Pn}{V}$$

**EJEMPLO:**

PESO VOLUMETRICO SECO Y VARILLADO			
Muestra	1	2	3
Peso bruto (Pb)	18278.00	17924.00	18116.00
Tara (T)	2919.00	2919.00	2919.00
Peso neto (Pb-T)= Pn	15359.00	15005.00	15197.00
Volumen del recipiente (V)	10605.00	10605.00	10605.00

$$\text{P.V.S.V.} = \frac{15359.00}{10605.00} = 1.448$$

$$\text{P.V.S.V.} = \frac{15005.00}{10605.00} = 1.1.415$$

$$\text{P.V.S.V.} = \frac{15197.00}{10605.00} = 1.433$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$\text{P.V.S.V. promedio} = \underline{\underline{1.432 \text{ tn/m}^3}}$$

**II.9. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO DE LA ARENA A.S.T.M. C-29-97.**

Tiene como objetivo conocer el peso volumétrico seco suelto de la arena, de acuerdo al acomodo natural de las partículas.

EQUIPO:

- Recipiente metálico de volumen conocido.
- Varilla redonda lisa de 5/8" de diámetro y 2 ft de largo y con punta de bala.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra 20kg aproximadamente y se ponen a secar, hasta que pierda toda la humedad y su peso sea constante.
- Se pesa el recipiente anotando este como peso de la tara (T).
- Se coloca la arena en el recipiente metálico de forma cilíndrica, por especificaciones A.S.T.M. (1 ft = 2.83 lts) dejándola caer suavemente desde una altura de 5 cm, hasta que se forme un cono de material que cubra la boca del recipiente.
- Se enraza la medida con una regla y se limpia el material que haya quedado en la parte exterior del recipiente.
- Se pesa el recipiente con la grava al gramo de aproximación anotando este peso bruto (Pb).

CÁLCULO:

$$P.V.S.V. = \frac{Pn}{V}$$

**EJEMPLO:**

PESO VOLUMETRICO SECO Y VARILLADO			
Muestra	1	2	3
Peso bruto (Pb)	6200.00	6180.00	6194.00
Tara (T)	1800.00	1800.00	1800.00
Peso neto (Pb-T)= Pn	4400.00	4380.00	4394.00
Volumen del recipiente (V)	2783.00	2783.00	2783.00

$$P.V.S.S. = \frac{4400.00}{2783.00} = 1.581$$

$$P.V.S.S. = \frac{4380.00}{2783.00} = 1.574$$

$$P.V.S.S. = \frac{4394.00}{2783.00} = 1.579$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$P.V.S.S. \text{ promedio} = \underline{\underline{1.578 \text{ tn/m}^3}}$$



II.10. PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO EN ARENAS

A.S.T.M. C-29-97.

Tiene como objetivo conocer el peso volumétrico seco y varillado de la arena de acuerdo con el acomodo de sus partículas por medio de la varilla punta de bala.

EQUIPO:

- Recipiente metálico de volumen conocido.
- Varilla punta de bala de 5/8" de diámetro y 2 ft, de largo.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Cucharón.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa suficiente y se pone a secar, hasta que pierda toda la humedad y su peso sea constante.
- Se pesa el recipiente anotando este como peso de la tara (T).
- Se llena el recipiente cilíndrico metálico de aproximadamente 2.83 lts con arena en tres capas, cada capa recibirá 25 golpes con la varilla punta de bala distribuidos en toda el área y procurando que la intensidad de los golpes sea de tal manera que la varilla no penetre la capa anterior.
- Se enraza la medida con una regla y se limpia el material que haya quedado en la parte exterior del recipiente.
- Se pesa el recipiente con la grava al gramo de aproximación anotando este peso bruto (Pb).

CÁLCULO:

$$P.V.S.V. = \frac{Pn}{V}$$

**EJEMPLO:**

PESO VOLUMETRICO SECO Y VARILLADO			
Muestra	1	2	3
Peso bruto (Pb)	6750.00	6800.00	6776.00
Tara (T)	1800.00	1800.00	1800.00
Peso neto (Pb-T)= Pn	4950.00	5000.00	4976.00
Volumen del recipiente (V)	2783.00	2783.00	2783.00

$$P.V.S.V. = \frac{4950.00}{2783.00} = 1.779$$

$$P.V.S.V. = \frac{5000.00}{2783.00} = 1.797$$

$$P.V.S.V. = \frac{4976.00}{2783.00} = 1.788$$

Después sacamos un promedio del cual tenemos que el porcentaje de absorción es:

$$P.V.S.V. \text{ promedio} = \underline{\underline{1.788 \text{ tn/m}^3}}$$



II.11. EQUIVALENTE DE ARENA A.S.T.M C-187-82

Para la determinación del equivalente de arena se tomara en cuenta lo siguiente:

- Esta prueba tiene por objeto determinar, en la fracción de suelo que pasa por la malla numero 4,75, bajo condiciones de prueba establecidas, la proporción volumétrica de partículas de tamaño mayor que el de las arcillas, con respecto al volumen de las partículas finas de tamaño similar al de las citadas arcillas, para lo cual se emplea un procedimiento que amplifica el volumen de los materiales finos en forma proporcional a sus efectos perjudiciales.
- Para esta determinación se emplea la fracción de suelo mencionada en el párrafo anterior, la que podrá estar integrada por arena y finos; estos últimos pueden estar constituidos a su vez por partículas plásticas perjudiciales y por partículas no plásticas. El método que se describe cuantifica el volumen total de material no plástico deseable en la muestra, denominando su proporción volumétrica como equivalente de arena.
- La prueba de equivalente de arena en general se aplica a materiales de sub-base, bases y agregados pétreos para mezclas asfálticas y para concreto hidráulico, permitiendo obtener rápidamente datos sobre la calidad del material, desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables generalmente de naturaleza plástica.

El equipo y los materiales para realizar esta prueba son los siguientes:

- Probetas de lucita o acrílico transparente, con escala de alturas graduadas en milímetros, con tapón de hule.
- Tuvo irrigador de acero inoxidable, provisto de un tramo de manguera de hule de un sifón.
- Pisón metálico con peso de mil mas menos cinco (1000 ± 5) gramos.
- Capsulas metálicas de 57 milímetros de diámetro, con capacidad de ochenta y cinco mas menos cinco (85 ± 5) centímetros cúbicos.
- Embudo de vidrio o plástico de boca ancha, de diez centímetros de diámetro.
- Cronometro con aproximación de un quinto de segundo.
- Dos botellas de vidrio plástico, con capacidad mínima de 3.78 litros.
- Malla numero 4.75.



- Balanza de dos kilogramos de capacidad y con aproximación al gramo.
- Horno con termostato que mantenga una temperatura de ciento cinco mas menos cinco (105 ± 5) grados centígrados.
- Guantes de hule.
- Papel filtro con velocidad de filtrado rápido.

Solución de reserva.

Se prepara disolviendo 454 gramos de cloruro de calcio en 1.89 litros de agua destilada; como al preparar la solución se genera calor, se deja enfriar y se hace pasar a través del papel filtro; a continuación se agregan 47 gramos de solución volumétrica al 40% de formaldehído R.A., (solución comercial) y 2,050 gramos de glicerina U.S.P.,(glicerina normalizada), se mezcla el total y se agrega agua destilada hasta completar 3.78 litros; finalmente se agita toda la solución para homogeneizarla.

Solución de trabajo

Se calcula colocando en la botella de 3,75 litros de capacidad, 85 ± 5 centímetros cúbico de la solución de reserva, se llena con agua destilada y se agita para obtener una solución homogénea. En vez de agua destilada puede usarse agua limpia de la llave, siempre y cuando al hacerse pruebas comparativas con la misma muestra de suelo se obtengan resultados prácticamente iguales en el equivalente de arena.

Preparación de la muestra

- 1.- De la muestra total de material, se tomo por cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente 500 gramos de material.
- 2.- Se hace pasar el material por la malla n° 4.75, tomando las precauciones necesarias para evitar la pérdida de finos, pudiendo requerirse para esto ultimo humedecerlo ligeramente. Si la fracción retenida en la malla n° 4.75 contiene partículas con material fino adherido, se frota vigorosamente entre las manos cubiertas con guantes y el polvo resultante se agrega al material que inicialmente paso la malla n° 4.75.
- 3.- Se mezcla perfectamente la muestra con las manos enguantadas, se llena una capsula, se golpea esta por su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa.
- 4.- Al efectuar esta prueba con muestras humedecidas implica un ahorro considerable de tiempo, pero generalmente se obtienen valores del equivalente de arena inferiores a los que resultan empleando muestras secas; por lo tanto,



cuando el valor del equivalente de arena del material este por abajo o muy cerca del mínimo especificado, se repetirá la prueba por triplicado, empleando muestras secadas al horno hasta peso constante, a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}C$, cuyo caso el peso del material que deberá emplearse en cada capsula llena será el mismo.

La prueba se efectúa de la forma siguiente.

- 1.- Se coloca la botella con solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 915 ± 25 milímetros, sobre el nivel de la mesa de trabajo.
- 2.- Se instala el sifón en la botella, el cual se llena soplando por el tubo corto y manteniendo abierta la pinza de que esta provisto el tubo largo.
- 3.- Se vierte en la probeta, utilizando el sifón. La solución de trabajo hasta una altura de 101.5 ± 2.5 milímetros.
- 4.- Se coloca en la probeta la muestra previamente preparada usando el embudo para evitar perdidas de material, se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y facilitar el humedecimiento del material.
- 5.- Se deja reposar la muestra durante 10 ± 1 minutos, procurando no mover la probeta durante este lapso. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo de esta inclinándola y agitándola simultáneamente.
- 6.- Se agita la probeta en cualquiera de las dos formas que se indican continuación.
 - a) Utilizando el agitador mecánico. En el caso de que sea accionado manualmente, se instala primero la probeta en las mordazas del dispositivo y enseguida se impulsa con las manos la parte superior del agitador, de manera que el índice de oscilaciones se desplace lo necesario para dar una amplitud de 20 centímetros, estimados estando el operador enfrente del aparato.

Se sueltan las barras flexibles y se sigue impulsando el aparato, aplicándole una horizontal con la mano, en el mismo sentido del primer impulso, con objeto de mantener a la probeta en un movimiento oscilatorio uniforme con el desplazamiento medio citado; se continúa la acción del agitado hasta completar 100 ciclos.



En el caso de que el aparato sea accionado mediante un motor eléctrico, se calibrara el dispositivo para obtener una frecuencia de 175 ± 2 ciclos por minuto y el tiempo de agitado será de 45 ± 1 minutos.

- b) Mediante agitado manual, para lo cual deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento lineal horizontal hasta completar 90 ciclos en 30 segundos, con una carrera aproximada de 20 centímetros, entendiéndose por un ciclo un movimiento de oscilación completo. Para agitar satisfactoriamente, el operador deberá mover solamente los antebrazos relajando el tronco y en especial los hombros.
- 7.- Una vez efectuada la operación de agitado, se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella el tubo irrigador y se acciona de manera que al bajar, se vayan lavando las paredes de la probeta; se lleva el tubo irrigador hasta el fondo de la misma, efectuando simultáneamente con el un ligero picado al material, acompañado de movimientos rotatorios alternativos del tubo alrededor de su eje y trasladándolo por el contorno interior de la probeta. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.
- 8.- Cuando el nivel del líquido llegue a 381 milímetros, se saca lentamente el irrigador de la probeta sin cortar el flujo de la solución, de manera que el flujo se mantenga aproximadamente al mismo nivel. Se regula el flujo un poco antes de que el tubo este completamente afuera y se ajusta el nivel en la probeta a 381 milímetros.
- 9.- Se deja la probeta en reposo durante 20 minutos ± 15 segundos contados a partir del momento en que se haya extraído el tubo irrigador.
- 10.- Transcurrido el tiempo de reposo, se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se denominara "lectura de arcilla" o altura total, si el nivel mencionado no se define claramente al cabo del tiempo especificado, se deja la muestra en reposo el tiempo necesario para que esto ocurra e inmediatamente después se registra dicho nivel, así como el tiempo total de sedimentación transcurrido; si este ultimo excede de 30 minutos, se repite la prueba empleando 3 muestras del mismo material, en cuyo caso deberá



registrarse como “lectura de arcilla definitiva”, correspondiente a la muestra que obtuvo el menor tiempo de sedimentación.

11.-Después de hacer la “lectura de arcilla”, se introduce lentamente el pisón en la probeta, hasta que por su propio peso el pisón descansa en la fracción gruesa, teniendo cuidado de no perturbar los finos en suspensión.

Mientras desciende el pisón, se conservara uno de los vértices de su pie en contacto con la probeta, en las proximidades de la escala de graduación.

Cuando el pisón se detenga al apoyarse en la fracción gruesa, se hace la lectura del nivel superior del indicador, se le restan 254 milímetros y se registra la diferencia como la “lectura de la arena”.

12.-Cuando el nivel de la fracción fina o el de la gruesa queden entre dos divisiones de la escala de graduación, deberán registrarse las lecturas correspondientes a la división superior.

CALCULO:

El equivalente de arena se calcula empleando la siguiente fórmula.

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

En donde

El equivalente de arena se obtiene en por ciento.

Aplicando a nuestro material (arena):

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{15.60}{11.80} \times 100 = 132.20\% \rightarrow 1$$

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{15.80}{12.12} \times 100 = 129.51\% \rightarrow 2$$

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{15.00}{11.10} \times 100 = 135.13\% \rightarrow 3$$

Equivalente de arena promedio = **132.28 %**

Esta prueba se efectúa por triplicado y en cada caso el valor del equivalente de arena se aproximara al entero superior. Si los valores obtenidos no discrepan significativamente, se reportara el promedio aritmético como el valor del equivalente de arena; en caso contrario se repetirá la prueba.

Con lo anterior nuestro equivalente de arena será: **132.28 %**



II.12. IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS PARA CONCRETOS

A.S.T.M C-40-99.

Tiene como objetivo Determinar en forma aproximada, la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en arenas naturales que se vayan a utilizar en la fabricación de mortero o de concreto. El principal valor del ensaye radica en advertir que se deben efectuar más ensayos en las arenas, antes de considerarlas como adecuadas para los usos mencionados.

EQUIPO:

- Botellas graduadas de vidrio incoloro, de sección oval y de aproximadamente de 350 mililitros (frasco de biberón).
- Charolas.
- Parrilla de secado.
- Espátula.
- Balanza.
- Vaso de precipitado.
- Material para las soluciones y vidrio de color normal.
- Solución de sosa cáustica 30 gramos por litro de solución normal en agua destilada.

Cuando no se tiene el vidrio de color normal hay que preparar la solución de la siguiente forma:

- Solución de ácido tánico 2 gramos de 10 cm³ de alcohol, posteriormente se añaden 90 cm³ de agua destilada, se hace en un vaso de precipitado.
- Solución de sosa cáustica 30 gramos por litro de agua destilada.
- Se toman 2,5 cm³ de la primera solución (ácido tánico) y se reúnen con los 97.5 cm³ de solución de sosa cáustica.

Esta solución es de color normal se hará simultáneamente la prueba que se hace con la arena se colocara un botella de las indicadas anteriormente (frasco de biberón).

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa de arena de 500 gramos aproximadamente.

- Se seca hasta peso constante a una temperatura no mayor a 110° C.
- Se coloca la arena seca y fría en una botella (frasco de biberón) hasta 133 cm³ adicionándole solución de sosa cáustica hasta los 206 cm³.
- Se tapa la botella y se agita fuertemente dos minutos como mínimo posteriormente se dejara reposar 24 horas.
- Al cabo de este tiempo se compara el color del líquido de la botella con el vidrio de color normal.

RECOMENDACIONES:

Si el color obtenido es más oscuro que el color normal, podemos sospechar de un exceso de materia orgánica en la arena.

Para comprobarlo debemos hacer otra prueba de colorimetría con la misma arena pero lavada ya que ocasionalmente se presentan materiales de origen inorgánico que reaccionan con la solución de sosa cáustica dando un color oscuro sin existir materia orgánica. Esta es la razón por la cual debe repetirse la prueba y si esta vuelve a dar un color oscuro debemos completar la prueba de colorimetría con un análisis químico.

Para nuestro caso al hacer la comparación del vidrio y nuestro material con la solución después de 24 horas, se muestra en la figura siguiente





II.12. SEDIMENTACIÓN DE ARENAS.

Tiene como objetivo determinar si el contenido de fino que contiene una arena es aceptable para definir se acepta o no para la elaboración de concreto.

EQUIPO:

- Un frasco graduado con tres marcas, la primera a los 414 ml, la segunda a los 444 ml y la tercera a los 828 ml.
- Una muestra de arena seca de 2 kilogramos aproximadamente.
- Un litro de agua de preferencia destilada.

PROCEDIMIENTO:

- Se coloca arena seca dentro del frasco hasta la marca de 414 ml, enseguida se coloca agua hasta la marca de 828 ml.
- Se tapa el frasco que contiene el material con el agua y se procede a agitarlo hasta que todo el material fino quede en suspensión en el agua durante dos minutos.
- Se deja reposar el frasco durante 24 horas para determinar el nivel del material fino, esto es que durante el tiempo de reposo el material se va a sedimentar y hay que observar si el material fino rebasa o no el nivel de 444 ml.

REPORTE:

- Si el material fino rebasa la marca de 444 ml se reporta el material con exceso de finos.
- Si el material no rebasa la marca de 444 ml, se reportará que el material tiene un contenido de finos aceptable.

Para nuestro caso se encuentra en el limite por lo tanto se acepta.





II.13. MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200 EN ARENA

A.S.T.M. C-117-95

Tiene como objetivo determinar la cantidad de materia fina que contiene una arena acribándola por la malla N° 200.

EQUIPO:

- Malla N° 200
- Malla N° 16
- Charola de dimensiones adecuadas para contener el material con agua.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Espátulas y parrilla.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa de 600 gramos, se seca hasta peso constante a una temperatura no mayor a 110° C.
- La muestra seca se coloca en el recipiente y se pesan, previamente se pasara el recipiente vacío.
- Al material en el recipiente se le agrega agua hasta cubrir la muestra.
- Agítase enérgicamente la muestra con agua y viértase inmediatamente sobre el juego de mallas (la N° 16 arriba y la n° 200 abajo).
- Una vez puesto el material en el juego de mallas se le sigue agregando agua y agitando hasta que el agua salga completamente clara.
- Se regresa el material retenido en las mallas por medio del lavado
- Se seca el material hasta peso constante, se deja enfriar y se pesa.

CÁLCULO:

Para realizar el cálculo nos auxiliaremos de la siguiente formula:

$$A = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje de material que pasa la malla N° 200.

Pi = Peso seco inicial



Pf = Peso seco después de lavar (final).

Para nuestro caso tenemos que aplicando la formula obtenemos los siguientes resultados.

$$A = \frac{528.50 - 495.00}{528.50} \times 100 = 6.34\% \rightarrow 1$$

$$A = \frac{596.30 - 545.40}{596.30} \times 100 = 8.53\% \rightarrow 2$$

Pr *omedio* = 7.435%

RECOMENDACIONES Y ESPECIFICACIONES.

Cuando la arena se va a emplear en la elaboración de concreto hidráulico y ésta contiene exceso de partículas finas que pasan la malla N° 200, la cantidad de cemento necesario aumentara considerablemente, existiendo la posibilidad de que aparezcan grietas en las estructuras de concreto.

Cuando la arena cae fuera de las especificaciones, se económicamente es posible se recomienda lavarla o adoptar una solución que permita quitarle el material fino o desecharla totalmente

ESPECIFICACIONES DE LA BUREAU OF RECLAMATION (ASTM)

Uso del concreto	Máximo % del material que pasa la malla n° 200.
Concreto sujeto a abrasión	3.0*
Otro tipo de concreto	5.0*

* Cuando se trate de arena producto de la trituración de rocas, estos valores se aumentan a 5 y 7 respectivamente.



II.15. PRUEBA DE TERRONES DE ARCILLA EN ARENA.

Tiene como objeto determinar la cantidad de los terrones de arcilla que contiene una arena, ya que son partículas de baja resistencia estructural, que además en contacto con el agua forman lodos que contaminan el concreto, cuando se encuentran en abundancia formando parte de la arena.

EQUIPO:

- Malla N° 16.
- Malla N° 30.
- Charolas.
- Balanzas.
- Espátulas.

PROCEDIMIENTO:

- Se toma una muestra representativa de arena de aproximadamente 1 kg, se seca a una temperatura no mayor a 110° C teniendo cuidado de no romper los terrones de arcilla.
- Se deja enfriar la muestra y se pasa por la malla N° 16, del retenido se toma una muestra de aproximadamente 100 gramos y se anota como Pi pesados al décimo de gramo.
- Se colocan los 100 gramos de arena en una charola y se le adiciona agua hasta cubrir la muestra, se deja durante 24 horas.
- Posteriormente se escurre el agua libre y se extiende la arena en el fondo de una charola para romper, con los dedos, los terrones de arcilla que aún existan.
- A continuación se hace pasar el material por la malla N° 30, lavándola con mucho agua, el retenido en esta malla se recoge en una charola y se seca totalmente, se deja enfriar y se pesa nuevamente al décimo de gramo anotándose como Pf.

**CÁLCULO:**

Para el cálculo del porcentaje de terrones de arcilla utilizaremos la siguiente formula:

$$\% \text{ de terrones} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = peso seco con terrones.

P_f = peso seco sin terrones.

Por lo tanto el cálculo para nuestro caso es el siguiente:

$$\% \text{ de terrones} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES.

Las especificaciones de la A.S.T.M. dan un porcentaje admisible de terrones de arcilla en la arena del 0.5 % y un máximo permisible del 1 %. En caso de que la arena este contaminada en mas del 1 % se hará un estudio económico tendiente a ver si es factible cambiar el material o proceder a lavar la arena contaminada para eliminar la arcilla.



II.16. DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO A.S.T.M C-188-44

Tiene como objeto determinar la densidad aparente o el peso por unidad de volumen sin tomar en cuenta los vacíos del cemento. Su utilidad práctica es para el proporcionamiento del concreto.

MATERIAL.

Una muestra representativa del cemento tal y como se recibe a menos de indicaciones especiales, como calcular la densidad en una muestra exenta de pérdida por calcinación, primero en este caso debe calcinarse como se describe en las normas DGN C131 Y ASTM C114.

EQUIPO:

- Frasco de Le Chatelier.
- Balanza con aproximación a los 0.1 gramos.
- Queroseno exento de agua, o nafta cuya densidad no sea menor de 62 API o petróleo.
- Un recipiente con agua.
- Un termómetro.

PROCEDIMIENTO:

La práctica consiste en que conocido un peso de cemento le calculemos su volumen por medio de desplazamientos de líquido.

- Se vierte el líquido (petróleo) no mezclable con agua en el frasco de Le Chatelier hasta un nivel entre 0 y 1 ml, como quedará líquido adherido en las paredes del frasco además de burbujas de aire.
- Se gira sobre un círculo horizontal sumergiendo la parte inferior del frasco en un baño de agua a la temperatura del líquido con la finalidad que se establezca un nivel del líquido, durante 1 hora..
- Se toma la lectura en la parte inferior del menisco y se anota como lectura inicial del líquido Li.



- Se pesan alrededor de 64 gramos para cemento Pórtland, con la finalidad que al verterlo en el frasco el líquido alcance a sobre pasar a las lecturas superiores a la esfera intermedia.
- Se sujeta el frasco en forma vertical, se agrega el cemento muy lentamente de manera que el cemento vaya pasando al interior sin obstruirse.
- Se coloca el tapón del frasco se inclina y rueda horizontalmente de manera de lograr que salga el aire atrapado en el cemento y baje el que haya quedado en las paredes.
- Se toma la lectura de la parte inferior del menisco tomando como la lectura final registrándola como Lf.

CALCULO:

Aplicando la siguiente formula podemos calcular la densidad aparente del cemento:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{peso de cementol}}{\text{volumen del cemento}} = \frac{\text{alrededor de 64 gramos}}{L_f - L_i}$$

Donde:

Densidad = densidad aparente del cemento en gr/cm^3 .

P = peso de la muestra en gramos.

L_i = lectura inicial.

L_f = lectura final

Para nuestro caso tenemos lo siguiente:

$$\text{Densidad} = \frac{63}{22.30 - 0.80} = \frac{63}{21.50} = 2.93 \text{ gr/cm}^3 \rightarrow 1$$

$$\text{Densidad} = \frac{64}{22.40 - 0.60} = \frac{63}{21.80} = 2.94 \text{ gr/cm}^3 \rightarrow 2$$

Por lo tanto tenemos como promedio.

$$\text{Densidad aparente} = \underline{\underline{2.935 \text{ gr/cm}^3}}$$

PRECISION. Las pruebas de efectúan por duplicado para no tener errores de mas de 0.01 gr/ml.

**II.17. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO A.S.T.M. C-187-58.**

Tiene como objetivo obtener la cantidad de agua necesaria para combinarla con un determinado peso de cemento para que sirvan como referencia para efectuar las pruebas de sanidad del cemento, resistencia a la tensión y determinación de los tiempos fraguado.

EQUIPO:

- Muestra representativa de cemento.
- Agua destilada o limpia.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Pesas con las variaciones permitidas en la tabla A.S.T.M. C187-55.
- Probeta graduada de 100 y 200 mililitros con aproximación a 1 y 2 mililitros respectivamente.
- Aparato de vicat.
- Cristal liso.

CONSISTENCIA NORMAL.

Es la cantidad de agua necesaria para que la aguja de 1 cm de diámetro del aparato de vicat, penetre dentro de la pasta de cemento elaborada con dicha agua, 10 mm \pm 1 mm bajo la superficie libre, durante 30 segundos después de haber iniciado la prueba.

PROCEDIMIENTO:

- Obtención de la muestra representativa de cemento.
 - Se pesan 500 gramos de cemento y se vierte sobre una mesa con superficie lisa e impermeable y se forma una especie de cráter con el cemento ayudándonos con una pequeña espátula.
 - Se fija una cantidad de agua expresada en por ciento. Respecto al peso del cemento seco, se mide en la probeta graduada y se vierte en el cemento del cráter (echando a andar un cronometro al caer el agua sobre el cemento).



- Con la espátula se lleva el material de las orillas del cráter hacia el centro hasta lograr que todo el cemento se humedezca. (esto debe de hacerse en un máximo de 30 segundos).
- En otro ciclo de 30 segundos consecuentes a los anteriores se deja reposar la mezcla para que la humedad se homogenice. (aprovechando el operador a colocarse guantes de hule ligeramente húmedo).
- Se hace el amasado de la pasta en un tiempo global de 1.5 minutos contados a partir de los anteriores.
- Preparación de la pasta de cemento.
 - En los primeros 30 segundos se mezcla perfectamente la masa con las manos, golpeando la mezcla, con la parte pesada de las manos hasta lograr una pasta uniforme y homogénea.
 - En los últimos 30 segundos se forma una esfera con la pasta y se pasa de una palma a la otra a una distancia aproximada de 15 centímetros, este ciclo de pasar de una mano a otra se debe de repetir 6 veces terminado lo anterior.
 - En los últimos 30 segundos de los 1.5 minutos, descansamos la bola en la palma de la mano, se introducirá a presión por la boca mayor del anillo cónico del aparato de Vicat, el cual se sostendrá con la otra mano llenando completamente el anillo con pasta (la otra boca se descansara sobre un cristal).

El exceso de esta que permanezca en la boca grande se removerá con un movimiento simple de la palma de la mano. A continuación se colocará el anillo descansando en su base mayor, sobre una placa de vidrio y se enrasa la boca superior con una espátula, teniendo cuidado de no comprimir la pasta.
 - Determinación de la consistencia. La pasta confinada en el anillo que descansa sobre la placa, debe de centrarse debajo de la barra, cuyo extremo que forma un embolo se pondrá en contacto con la superficie de la pasta y se apretara el tornillo sujetador después se colocará en indicador móvil F en la marca cero en la parte superior de la escala.



II.18. MÉTODO VICAT PARA EL FRAGUADO A.S.T.M. C-191-58

Tiene como objetivo determinar los tiempos de fraguado del cemento por el método de la aguja de Vicat.

EQUIPO.

- Aparato de Vicat.
- Balanza con capacidad de 1000 gramos y con aproximación al gramo.
- Pesas.

PRECEDIMIENTO

TEMPERATURA Y HUMEDAD.

La temperatura del laboratorio, material y equipo debe mantenerse entre 20° y 27° C. La del agua de mezclado y la cámara húmeda no varía de 23° C en mas de $\pm 2^\circ$ C. La humedad relativa del laboratorio no será inferior a 50.

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.

Siguiendo el procedimiento descrito para la consistencia normal del cemento, mézclese 500 gramos con un porcentaje de agua requerido par obtener la consistencia normal.

MOLDEADO DE ESPÉCIMEN.

Con la pasta de cemento preparada como se indica en la prueba de consistencia normal moldéese la pasta. Inmediatamente después de terminar el moldeado colóquese el espécimen de prueba en el cuarto húmedo y manténgase ahí excepto cuando vaya a realizar la prueba del tiempo de fraguado. El espécimen debe de permanecer en el molde cónico sobre la placa de vidrio durante el periodo de prueba

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO.

Manténgase el espécimen en el cuarto húmedo durante 30 minutos, después de moldearlo sin producirle ninguna alteración. La penetración de la aguja de 1 mm se determina cuando hayan transcurrido 30 minutos y de ahí en adelante cada 15 minutos



(cada 10 minutos en cemento tipo III), hasta que se obtenga la penetración de 25 mm o menos para efectuar la prueba de penetración. Bájese la aguja de la barra hasta que descansa sobre la superficie de la pasta de cemento, apriétese el tornillo sujetador y colóquese la barra rápidamente aflojando el tornillo sujetador y permítase que la aguja penetre durante 30 segundos, entonces tómese la lectura para determinar la penetración, si es evidente que la pasta esta muy suave al tomar las primeras lecturas, puede frenarse la de la barra, al fin de evitar que se flexione la aguja de 1 mm, pero la barra debe solo soltarse mediante el tornillo sujetador cuando se efectúe determinaciones reales del tiempo del fraguado. No debe de hacerse ensayos de penetración a una distancia menor a 0.6 centímetros de la de alguna penetración anterior, ni distante a menos de un centímetro de la pared inferior del molde. Los resultados de todas las penetraciones deben de registrarse y por interpolación, determine el tiempo correspondiente a la penetración de 25 milímetros, siendo este el tiempo de fraguado inicial. Para el tiempo de fraguado final se sigue asiendo las penetraciones sobre la muestra hasta registrar como tiempo de fraguado final aquel que ya no deje huella la aguja al efectuar una penetración.

II.19. CABECEADO DE CILINDROS A.S.T.M C-617

- Las capas de cabeceo en los cilindros deben ser planas y el espesor promedio menor que 6 mm y de preferentemente menor de 3 mm. Esto es especialmente significativo cuando se prueba concreto con resistencias que exceden 480 kg/cm^2
- Utilice material para el cabeceo con un mínimo 350 kg/cm^2 Restrinja el rehúso de compuestos de azufre para el cabeceo.



- Espere al menos dos horas, y preferentemente más tiempo, para que las capas de cabeceo de azufre se endurezcan.
- Las cuales con edades de uno a dos días con frecuencia dan como resultado una resistencia más alta, especialmente cuando se prueba concreto con una resistencia que excede 350 kg/cm^2 .
- Asegúrese de que sea calibrada la máquina de pruebas.
- Mida el diámetro del cilindro y verifique la planicidad de la capa de cabeceo.
- Centre el cilindro en la máquina de pruebas y utilice la velocidad de carga apropiada. Truene el cilindro para completar la falla. Observe el patrón de falla; las grietas verticales a través de la capa de cabeceo o una astilla desprendida al lado indican una distribución inapropiada de la carga.

Los reportes de las pruebas deben ser inmediatamente distribuidos al productor de concreto, así como también al contratista y al ingeniero. Esto es esencial para la solución oportuna de problemas.



II.20. LIMITES DE CONSISTENCIA, DE PLASTICIDAD O DE ATTERBERG.

Tiene como objetivo determinar de forma cuantitativa las propiedades del suelo así como el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC), de la porción de suelo que pasa la malla N° 200 (0.075 mm), de un suelo.

EQUIPO:

- Copa de Casagrande y ranurador.
- Equipo para límite de contracción:
 - Capsula petri.
 - Placas de vidrio con puntas.
 - Dotación de mercurio.
 - Charola de evaporación grande.
 - Gotero o pipeta.
 - Moldes de lámina galvanizada del N° 2.
- Placas de vidrio grande para el límite plástico.
- Agua destilada.
- Balanzas de 0.01 grs. Y 0.1 grs. De aproximación.
- Horno secador (o estufa)
- Franela.
- Vidrios de reloj.
- Charolas de evaporación.
- Espátula.
- Calibrador vernier.
- Capsula de porcelana.

PROCEDIMIENTO:

Determinación del límite líquido.

- El material que se trae del campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega.
- Seco el material se criba por la malla N° 200 y se toma en una cápsula de porcelana de 250 a 300 grs del material que paso la malla.



- Una vez colocado el suelo en la cápsula de porcelana se le agrega agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea. La muestra se deja reposar durante 24 horas para que sea homogénea la humedad en el suelo.
- Se inicia los tanteos en la copa de Casagrande, llenándola a la mitad y alisándola para obtener un espesor máximo de 1 cm. Se ranura al centro con un ranurador de dimensiones de 11 mm en la parte superior y de 2 mm en la parte inferior, este debe tener bordes redondeados para evitar deformaciones en el acomodo del suelo. Se debe ranurar la pasta según el eje de simetría del aparato, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la copa.
- Una vez llena la copa y rasurado el material, el golpeteo se hace girando la manivela a la velocidad de 2 rev/seg, y según el número de golpes necesarios para que la ranura cierre 1/2" (13 mm), aproximadamente, la ranura debe cerrar por el flujo del suelo y no por deslizamiento de la pasta respecto a la copa.
- En una cápsula de vidrio de reloj, se extrae una muestra representativa de aproximadamente 10 grs. Del centro de la copa, cerca de donde cerro la ranura para obtener la humedad, se pesa la cápsula con material húmedo al centésimo de gramo (0.01gr). se deja secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Determinación del límite plástico.

- Se amasan aproximadamente 15 grs de suelo húmedo.
- Se forman con la palma de la mano rodillitas de 1/8" (3 mm aproximadamente), de diámetro apoyándose en la palma de la mano.
- Se repite este procedimiento hasta que el rollito empieza a desmoronarse al estarlo formando.
- Se colocan en una cápsula de vidrio de reloj y se procede a pesarlos con una báscula de (0.01 grs) de aproximación, y se meten al horno durante 24 horas. A una tempera de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Se saca del horno y pesan para determinar el contenido de humedad de los cilindros.
- Se repite todo el procedimiento anterior par obtener tres resultados de la prueba que se podrán promediar para valuar el límite plástico.

**Determinación del límite de contracción (LC), o contracción volumétrica.**

- Esta prueba se hace con el material que sobro del ensaye del LL. con una humedad ligeramente mayor de un 10 % aproximadamente.
- El material se coloca en una cápsula de petri, la cual debe pesarse y cubrir su interior con una capa delgada de aceite; el material se coloca en tres capas procurando en cada capa dar unos ligeros golpes para que se asiente el material y expulse el aire que contiene la muestra, la capsula se llena al ras y se pesa al 0.01 grs.
- Se seca la capsula con suelo húmedo a temperatura ambiente hasta que cambie de un color claro, esto se hace con la finalidad de que la pastilla no se agriete, para posteriormente colocarla en el horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas aproximadamente.
- Se seca del horno y se pesa, para obtener el peso seco de la muestra.
- Se coloca en una cápsula de porcelana, un recipiente de vidrio o lucita y se llena de mercurio (Hg) hasta derramarlo y se engrasa. Para engrasar se coloca el vidrio de 3 puntas sobre la superficie de Hg y se presiona hacia abajo forzando al excedente a salir del recipiente y así expulsar el aire atrapado. El Hg que se derrama se recoge en la cápsula para evitar pérdidas. (Hay que tomar precaución al manejar el Hg debido a que este elemento es tóxico).
- La pastilla de suelo seco, se coloca invertida sobre la superficie del Hg. En el recipiente de vidrio lucita lleno de Hg y se sumerge lentamente con movimientos de rotación por medio del vidrio de 3 puntas hasta expulsar el aire atrapado.
- El Hg desalojado por la pastilla se pesa y con este dato dividido entre el peso específico del Hg, se calcula el volumen de la pastilla. Para fines prácticos el peso del mercurio es de 13.56.

Determinación de la contracción lineal (CL)

- Se hace esta prueba con el material que sobro del ensaye de LL, con una humedad ligeramente mayor de 10% aproximadamente.
- Con el material mezcla de suelo y agua en las condiciones indicadas se procede a llenar el molde de prueba previamente engrasado para evitar que se adhiera el material a las paredes. El material se coloca en tres capas, procurando en cada



capa dar unos ligeros golpes contra la superficie dura, para realizar esta operación deberá tomarse el molde de sus extremos y golpearlo, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base, lo cual se consigue manteniendo durante la caída, paralela la base la base del molde a la superficie sobre la cual se golpea. Esta operación se debe realizar hasta expulsar el aire contenido. Al final se enrasa con una espátula el material del molde.

- Se debe dejar secar el molde con el material a una temperatura ambiente hasta que su color cambia de oscuro a claro y se coloca en el horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ de 18 a 24 horas.
- Se saca del horno y finalmente con el vernier, se medirá la longitud de la barra del material seco y la longitud interior del molde.

CÁLCULOS:

Límite líquido (LL).

El límite líquido se obtiene de graficar la curva de fluidez: contenidos de agua en escala aritmética y el número de golpes en escala logarítmica; de la cual el LL será el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

Límite plástico (LP).

El límite plástico se obtiene al calcular el contenido de agua, de los cilindros de material el cual será su resultado de por lo menos dos determinaciones.

Índice plástico. (IP)

Se calcula con la formula.

$$IP = LL - LP$$

Algunos suelos no plásticos arrojan valores negativos de IP. En tales casos, se debe usar $IP=0$ al graficar los resultados.

Consistencia relativa (CR)

Si se conoce el contenido natural del agua en el suelo se puede calcular su CR por medio de la formula:

$$CR = \frac{LL - W}{IP}$$

**Límite de contracción (LC).**

$$LC = W_i - \frac{V_i - V_f}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_i = Contenido de agua de la pastilla en %.

V_i = Volumen de la pastilla húmeda.

V_f = Volumen de a pastilla seca.

W_s = Peso de la pastilla seca.

Contracción lineal (CL).

$$CL = \frac{L_1 - L_2}{L_2} \times 100$$

Donde:

L_1 = Longitud del molde (interior), o sea la longitud original de la barra de suelo húmedo.

L_2 = Longitud de la barra de suelo seco.

Nos ayudaremos de la siguiente tabla para el cálculo del límite líquido:

Prueba n°	Capsula n°	Numero de golpes			Peso de la cápsula + suelo húmedo (gr) Pw	Peso cápsula + suelo seco (gr) Ps	Peso del agua (gr) Pa	Peso de la cápsula (gr)Pc	Peso del suelo seco (gr)Pss	Contenido de agua (%)Ca
1	23		25		51.300	40.940	10.360	8.590	32.350	32.020
									LL = 32.020	

Donde:

Peso del agua $\Rightarrow Pa = Pw - Ps$

Peso del suelo seco $\Rightarrow Pss = Ps - Pc$

Contenido de agua $\Rightarrow Ca = LL = Ps - Pc$



Nos ayudaremos de la siguiente tabla para el cálculo del límite plástico:

Prueba n°	Capsula n°	Numero de golpes			Peso de la cápsula + suelo húmedo (gr) Pw	Peso cápsula + suelo seco (gr) Ps	Peso del agua (gr) Pa	Peso de la cápsula (gr)Pc	Peso del suelo seco (gr)Pss	Contenido de agua (%)Ca
1	10				24.500	23.250	1.250	18.270	4.980	25.100
2	5				24.030	22.850	1.180	18.010	4.840	24.380
										LP=24.740

Donde:

$$\text{Peso del agua} \Rightarrow Pa = Pw - Ps$$

$$\text{Peso del suelo seco} \Rightarrow Pss = Ps - Pc$$

$$\text{Contenido de agua} \Rightarrow Ca = LL = Ps - Pc$$

Nos ayudaremos de la siguiente tabla para el cálculo del la humedad natural:

Prueba n°	Capsula n°	Numero de golpes			Peso de la cápsula + suelo húmedo (gr) Pw	Peso cápsula + suelo seco (gr) Ps	Peso del agua (gr) Pa	Peso de la cápsula (gr)Pc	Peso del suelo seco (gr)Pss	Contenido de agua (%)Ca
CV	13				51.850	44.200	7.650	20.240	23.960	32.928
CL	23	L ₁	L ₂	L ₃	L _p	L _i				CV=25.703%
		9.75	9.71	9.68	9.718	9.980				CL=2.625%

CV= contracción volumétrica.

CL= contracción lineal.

Para el cálculo de la contracción volumétrica usamos el siguiente procedimiento:

Contracción Volumétrica:

$$\% CV = w - \left[\left(\frac{Vi - Vp}{Ps} \right) \right] \times 100$$

$Vi = 16.15 \text{ cm}^3 \rightarrow$ volumen inicial

$Vf = ? \rightarrow$ volumen final

Por lo tanto para el cálculo del volumen final usaremos el principio de Arquímedes.



$$P_{vol} = \frac{P}{Vol} = \gamma_{Hg} = 13.56 \text{ gr} / \text{cm}^3 \rightarrow \text{Peso volumétrico del mercurio}$$

$$\gamma_{Hg} = \frac{P_{desalojado}}{Vol} \rightarrow Vol = \frac{P_{desalojado}}{\gamma_{Hg}} \therefore Vf = \frac{195.52 \text{ gr}}{13.56 \text{ gr} / \text{cm}^3} = 14.419 \text{ cm}^3$$

Entonces aplicando la formula para obtener la contracción volumétrica tenemos que:

$$\% CV = 32.928 - \left[\left(\frac{16.15 - 14.419}{23.96} \right) \right] \times 100$$

$$\% CV = 32.928 - 7.225$$

Limite de Contracción Volumétrica

$$\% CV = 25.703\%$$

Para el cálculo de la contracción lineal aplicamos la siguiente formula:

$$\% CL = \left[\left(\frac{Li - Lp}{Li} \right) \right] \times 100$$

$$Li = \text{longitud inicial.} = 9.98 \text{ cm}$$

$$Lp = \text{longitud final.} = 9.718 \text{ cm} \quad \text{Limite de Contracción Lineal.}$$

$$\% CL = \left[\left(\frac{9.98 - 9.718}{9.98} \right) \right] \times 100$$

$$\% CL = 2.625\%$$

En resumen tenemos que:

W= Inapreciable

LL = 32.020 %

LP = 24.740 %

Ip = 7.280 %

CR= Inapreciable.

Fw = Inapreciable.

Tw = Inapreciable.

Clasificación de suelo = **ML** Limo inorgánico, polvo de roca, limo ligeramente plástico.

III. DISEÑO DE MEZCLAS POR EL METODO ACI 318-77

III.1. PRUEBA DE REVENIMIENTO (TRABAJABILIDAD, WORKABILITY).

Es una prueba que se usa ampliamente en las construcciones de todo el mundo. Esta prueba tiene que ser practicada en cada mezcla que se elaborara ya que nos proporciona en forma real y práctica la uniformidad y plasticidad de nuestro concreto fresco.

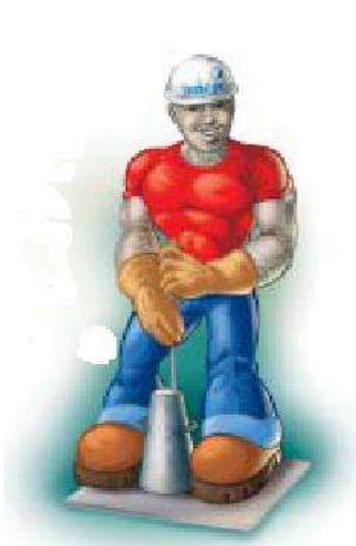
La prueba de revenimiento no mide la trabajabilidad del concreto, pero es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones nominales determinadas. Existen algunas pequeñas diferencias en los detalles de los procedimientos usados en los diferentes países, pero carecen de importancia. Las especificaciones se resumen a continuación.

El equipo a utilizarse para la realización de esta prueba se muestra en la imagen siguiente:

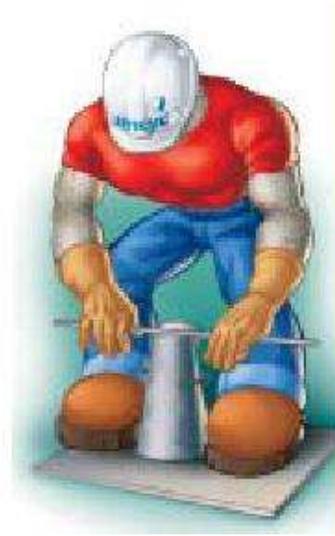


El molde para la prueba es un molde truncado de 300mm de altura, el cual debe colocarse en una superficie lisa, con la abertura más pequeña hacia arriba y llenarse con concreto en tres capas, cada capa se le apisona 25 veces con una varilla de acero estándar de 16 mm de diámetro, redondeada en la punta, y la parte superior se aplana con una cuchara. El molde debe estar firmemente sostenido en la base durante toda la operación; esto se facilita mediante asas o estribos ajustados el molde.





Llenado y varillado



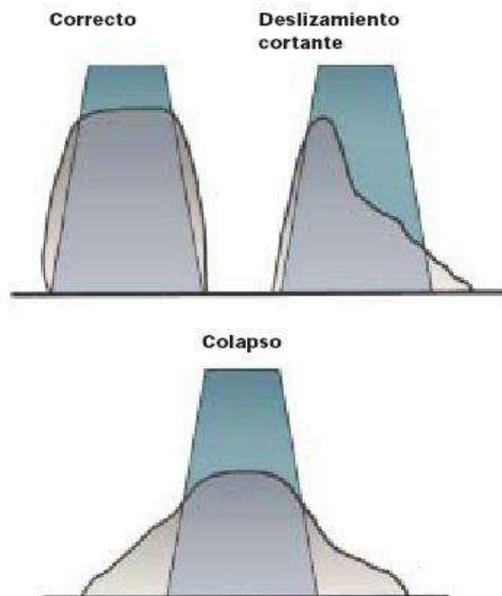
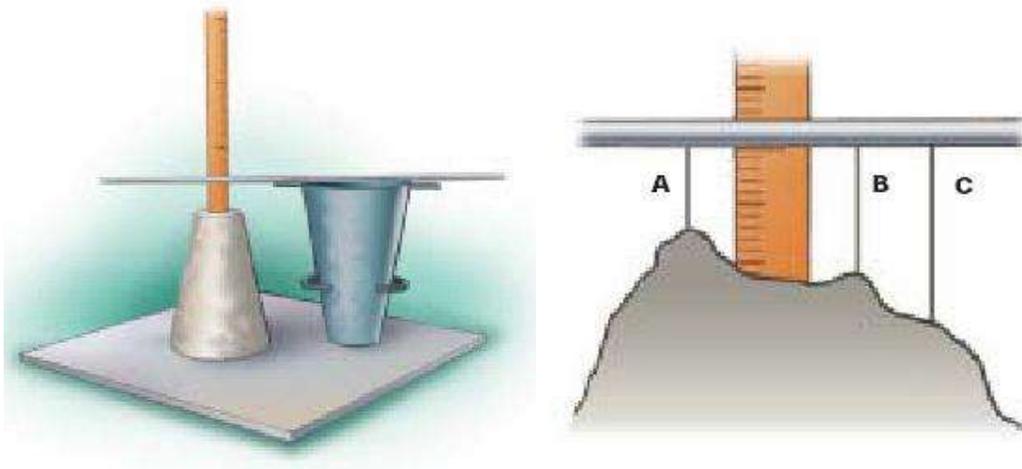
Enrazado

Inmediatamente después de llenarlo y enrazarlo, se levanta lentamente el cono, y al faltarle apoyo el concreto tenderá a abrirse o reventar; de ahí el nombre de la prueba. La disminución en la altura del concreto abatido se llama revenimiento, y se mide con una aproximación de 5 mm.



A pesar de las limitaciones, la prueba de revenimiento se usa mucho en campo para verificar las variaciones de un día a otro o de una hora a otra en los materiales que alimentan la mezcladora.

Revenimiento Especificado En Cm	Tolerancia En Cm
Menos de 5	± 1.5
De 5 a 10	± 2.5
Mas de 10	± 3.5



Revenimiento: Normal, por corte y desplomado. (6)

Un aumento en el revenimiento puede significar, por ejemplo, que el contenido de humedad del agregado se ha elevado inesperadamente; otra causa puede ser un



cambio en la granulometría del agregado, tal vez consistente en una deficiencia de arena.

Un revenimiento muy alto o muy bajo constituye un aviso inmediato y permite al operador de la mezcladora remediar la situación.

III.2. OTRAS PROPIEDADES DE CONCRETO.

a). Segregación.

El concreto es una mezcla heterogénea de diversos materiales con propiedades muy diferentes entre cada uno de ellos. Las dimensiones de las partículas varían desde las del cemento, con apenas unas cuantas micras de diámetro, hasta las del agregado grueso que puede medir hasta 15.2 cm, el peso específico puede ser menor de dos, hasta mayor de tres; las formas de los agregados y la absorción de los mismos puede variar considerablemente. Debido a estas propiedades tan distintas de los diversos materiales, existen fuerzas que intentan producir una separación entre ellos. A esta separación se le llama segregación y generalmente se manifiesta por la separación del agregado grueso y el mortero. Los resultados de la segregación en el concreto endurecido son oquedades, veteados arenosos, capas porosas, descascaramiento, lechadas y fallas de liga en las juntas de construcción.

Ciertas mezclas tienen una marcada tendencia a segregarse, estas son mezclas gruesas, generalmente las que tienen mucha humedad, en ocasiones las muy secas, o aquellas que tienen poca arena. Una mezcla cohesiva bien proporcionada, con un revenimiento de 2.5 a 10.2 cm, resistente a la segregación, pero cualquier concreto se segrega si se le maneja en forma inadecuada utilizando un equipo mal diseñado o si se utilizan procedimientos inapropiados. Una vez que haya ocurrido la segregación en un concreto, no será factible corregirlo por más que se manipule. La segregación debe evitarse desde el principio y durante todo el transcurso de las operaciones de mezclado, transporte y colocado.

**b). Sangrado.**

Después de que el concreto ha sido enrasado o nivelado el exceso de agua que contiene sube hasta la superficie superior del mismo. Esto se nota especialmente en las losas planas. A este movimiento del agua hacia la superficie se le llama sangrado, o exceso de agua, y generalmente es acompañado por un ligero asentamiento de las partículas sólidas (cemento y agregado) en la mezcla. El sangrado continúa hasta que el cemento empieza a fraguar. Las proporciones de mezcla, la granulometría de la arena, la forma de las partículas de ésta, la cantidad de agua del concreto, los aditivos, el contenido de aire del concreto, la temperatura, el espesor, o peralte de los elementos, serán los factores que influyan sobre la rapidez y el volumen total de sangrado que se presente.



II.3. METODO PARA PROPORCIONAR MEZCLAS DE CONCRETO.

Actualmente el proyecto o proporcionamiento de mezclas de concreto, consiste en determinar la combinación más practica y económica posible, de los agregados pétreos que se tengan disponibles, del cemento, del agua y en algunos casos especiales, de adiciones y puzolanas, que produzcan en conjunto una mezcla que tenga el grado requerido de trabajabilidad necesario en la obra, así como la resistencia y durabilidad especificada.

El procedimiento más practico y quizás de mayor uso, es aquel en el cual las proporciones finales para mezclar los materiales constitutivos del concreto, se han obtenido a través de varios tanteos y ensayos. Las cantidades se ajustan posteriormente en la obra seleccionando la mezcla que requiera el menor número de tanteos.

En el concreto elaborado apropiadamente, cada partícula de agregado ya sea grande o pequeña, está completamente rodeada de pasta, y todos los espacios entre las partículas están totalmente rellenos de esta. Los agregados se consideran materiales inertes mientras que la pasta es el medio cementante que envuelve a las partículas de agregado en una masa sólida. Cuando la fuente de los componentes, el tipo de cemento y la cantidad de aditivo permanezcan iguales, la cantidad de cemento, la granulometría de los agregados y la consistencia del concreto puede modificarse considerablemente sin que se afecte la resistencia, siempre y cuando la pasta de cemento determinada por la relación agua-cemento, sea constante. Cuando varían las fuentes de los ingredientes, pueden variar en forma importante la resistencia del concreto, aún cuando permanezca constante la relación agua-cemento.



II.4. CONCEPTOS QUE RIGEN LA ELABORACION DE MEZCLAS.

a). TRABAJABILIDAD.

Se considera como la propiedad del concreto mediante el cual se determina su capacidad para ser colocado y consolidado apropiadamente y para ser terminado sin segregación dañina alguna. Dicha propiedad se altera por la granulometría, la forma de las partículas y las proporciones del agregado, la cantidad de cemento, la presencia de aire incluido, los aditivos y la consistencia de la mezcla. Estos factores deben tomarse en consideración para lograr una facilidad de colocación satisfactoria a bajo costo.

Consistencia, cohesividad y plasticidad son algunos de los factores que se utilizan para describir la apariencia o el comportamiento de un concreto.

c). CONSISTENCIA.

Definida como la humedad de la mezcla de concreto. Se mide en términos de revenimiento, a mayor revenimiento mas humedad en la mezcla y afecta la facilidad con la que fluirá el concreto durante su colocación, esta relacionada con el concepto de trabajabilidad, aun que no es su sinónimo.

En el concreto bien proporcionado, el contenido unitario de agua requerido para producir un revenimiento dado dependerá de varios factores. La necesidad de agua aumenta a medida que los agregados se vuelven más angulares y con una textura mas áspera, aunque esta desventaja se compensa con la adherencia de la pasta de cemento. El contenido de agua de mezclado requerida disminuye a medida que el tamaño máximo del agregado graduado adecuadamente aumente, así mismo decrece la inclusión de aire.

El requerimiento de agua de mezclado puede reducirse significativamente mediante el uso de ciertos aditivos.

d). COHESIVIDAD.

Es el elemento de la trabajabilidad que indica si el concreto es áspero, pegajoso o plástico. Una mezcla óptima y plástica no es áspera ni pegajosa. No se segrega fácilmente.



La cohesividad no es una función del revenimiento, ya que un concreto muy húmedo, carece de plasticidad. Por otra parte, una mezcla con bajo revenimiento puede tener un alto grado plasticidad.

Un concreto áspero carece de plasticidad y cohesividad. Se segrega fácilmente. Las causas de la aspereza en un concreto, aparte de un elevado revenimiento, puede ser resultante de contener demasiada agua en la mezcla, con un bajo contenido de cemento; en mezclas pobres, presencia de arenas gruesa, mezcla deficiente en finos, agregados ásperos y angulosos o agregados conteniendo un exceso de partículas alargadas o planas. Con frecuencia la aspereza de una mezcla puede reducirse mediante la inclusión de aire o agregándole cemento, arena fina, o finos inertes. Debe hacerse el ajuste adecuado en las proporciones de la mezcla para compensarla por el aire o cualquier otro material que haya sido agregado.

**III.5. CÁLCULO PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

El cálculo del proporcionamiento del concreto hidráulico para un $f'c=250\text{kg/cm}^2$ y basándonos en el artículo 308 del Reglamento de Construcción para el Estado de Michoacán tenemos que $fcr= f'c + 35$ y que $fcr=f'c_{\text{Diseño}}$ por lo tanto tendremos que el $f'c$ para realizar nuestro proporcionamiento será igual a 285 kg/cm^2 y un revenimiento de 10 cm, con material proveniente del banco la Hoya de Solís del municipio de Valle de Santiago Gto.

Utilizando cemento tipo PUZOLANA de la marca Tolteca CPC 30R, y con datos obtenidos del laboratorio; podremos dar así la solución.

MATERIAL	P.V.S.S	P.V.S.V	DENSIDAD	ABSORCIÓN	MÓDULO DE FINURA	TAMAÑO MAXIMO
ARENA	1578	1788	2.73	2.05	2.95	
GRAVA	1324	1432	2.42	5.82		1"
CEMENTO	1490		3.10			

Datos del proyecto:

- $F'c = 250 + 35 = 285 \text{ kg/cm}^2$
- Revenimiento = 10 cm
- Sin aire incluido
- Utilizar el Método ACI

SOLUCION:

- 1.- Calcular la cantidad de agua lbs/m^3 entrando en la tabla con el tamaño máximo del agregado y el revenimiento, también calcularemos el por ciento de aire atrapado accidentalmente.

$$\text{Agua} = 195 \text{ lbs/m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = 1.5\%$$

Los cuales se obtienen de la siguiente tabla:



REVENIMIENTO CM	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO EN MM.				
	10	12.50	20	25	40
CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO.					
De 3 a 5 cm	205	200	185	180	160
De 8 a 10 cm	225	215	200	195	175
De 15 a 18 cm	240	230	210	205	2185
Aire atrapado en concreto sin inclusión de aire %	3	2.5	2	1.5	1
CONCRETOS CON AIRE INCLUIDO					
De 3 a 5 cm	180	175	165	160	145
De 8 a 10 cm	200	190	180	175	160
De 15 a 18 cm	215	205	190	185	170

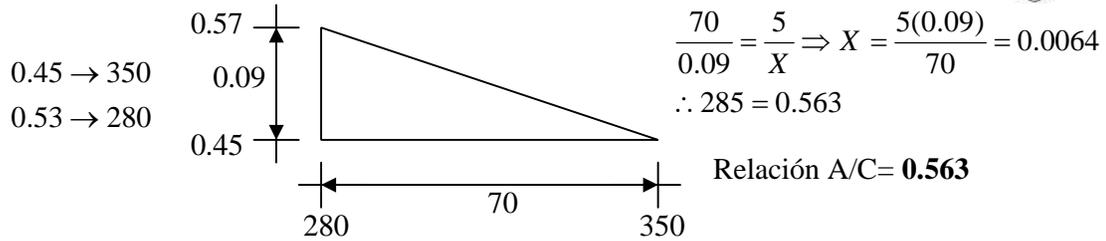
2.- De la siguiente tabla se obtiene la relación A/C en base a la resistencia $f'c$ de proyecto (sin aire incluido).

RELACIÓN A/C	RESISTENCIA DE PROYECTO $f'c$
0.36	420 kg/cm ²
0.45	350 kg/cm ²
0.53	280 kg/cm ²
0.62	225 kg/cm ²
0.71	175 kg/cm ²
0.80	140 kg/cm ²

Relaciones agua – cemento (en peso) prácticas en el IMCYC.

Se observa que la relación agua – cemento es inversamente proporcional a la resistencia obtenida.

Para nuestro caso tenemos que hacer una interpolación pues nuestro $f'c$ de proyecto es 285 kg/cm²



3.- Se calcula el peso del cemento de la siguiente forma.

$$\text{Cemento en peso} = \frac{\text{litros de agua}}{\text{relacion A/C}}$$

El cálculo es:

$$\text{Cemento en peso} = \frac{195}{0.563} = 346.36 \text{ kgs/m}^3 \Rightarrow 346 \text{ kgs/m}^3$$

Por lo tanto tenemos que el cemento en peso es de 346 kgs/m^3

4.- Se calcula el la cantidad de cemento en volumen como lo indica la siguiente expresión:

$$\text{Cemento en Volumen} = \frac{\text{cemento en peso}}{\text{densidad del cemento}}$$

El cálculo es:

$$\text{Cemento en Volumen} = \frac{346.36}{3.10} = 111.726 \text{ lts/m}^3 \Rightarrow 112 \text{ lts/m}^3$$

Por lo tanto tenemos que el cemento en volumen es de 112 lts/m^3

5.- La cantidad de aire incluido es igual a 1.5% por lo tanto en volumen será:

$$\text{Cantidad de Aire} = 1.5\% \rightarrow 1000 \times 0.015 = 15 \text{ lts/m}^3$$

Tenemos entonces que la cantidad en volumen del aire es 15 lts/m^3



6.- De la siguiente tabla se obtiene el porcentaje de agregados gruesos por m^3 entrando con el módulo de finura y el tamaño máximo.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO EN PLG.	MODULO DE FINURA					
	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4
½"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50
¾"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.59	0.57
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61
1 ½"	0.77	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65
Volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.						

De la cual obtenemos para nuestro caso un 0.665 que serian un 66.5% de agregado grueso para la elaboración de $1m^3$ de concreto.

7.- Calcularemos la cantidad de grava que utilizaremos en la mezcla por metro cúbico de la siguiente forma.

$$P.V.S.V. \text{ grava} = 1432 \frac{kgs}{m^3} \text{ de este el } 66.5\% \text{ es } = 1432 \times 0.665 = 952.28 \frac{kgs}{m^3}$$

$$\therefore \text{ peso de la grava es } = 952 \frac{kgs}{m^3}$$

8.- Entonces el volumen para la grava lo obtenemos con la expresión siguiente.

$$\text{volumen de la grava} = \frac{\text{peso de la grava}}{\text{densidad de la grava}}$$

Calculando tenemos que:

$$\text{volumen de la grava} = \frac{952.28}{2.42} = 393.50 \frac{lbs}{m^3}$$

9.- Entonces con la suma de volúmenes obtendremos el peso y el volumen de arena, para esto usamos la siguiente tabla.

MATERIAL	CANTIDAD EN $\frac{lbs}{m^3}$
Cemento	112
Agua	195
Aire	15
Grava	393
Total	715



Por lo tanto el volumen de arena que se ocupa para un metro cúbico de concreto es:

$$1000 - 715 = 285 \text{ lts} / \text{m}^3$$

10.- Para el cálculo del peso de la arena utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{peso de la arena} = 285 \times \text{densidad de la arena} \therefore \text{peso de la arena} = 285 \times 2.73$$

$$\text{peso de la arena} = 778 \text{ kgs} / \text{m}^3$$

PROPORIONAMIENTO PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO HIDRÁULICO

MATERIALES	VOLUMEN lts / m^3	PESO kgs / m^3
Cemento	112	346
Arena	285	778
Grava	393	952
Aire	15	
Agua	195	195
Total	1,000	2,271

**III.6. PROPORCIONAMIENTO PARA ELABORAR UN SACO DE CEMENTO**

	1	2	3	4	5	6
Materiales	Peso del saco en kgs	Relación en peso	Volumen del saco en lts	Relación en vol.	Volumen absoluto	Peso total
Cemento	50.00	1.00	33.00	1	16.13	346
Arena	112.43	2.25	71.25	2	41.18	778
Grava	137.57	2.75	103.91	3	56.85	952
Agua	28.18	0.56	-----		28.18	195
Suma	<u>328.18</u>					<u>2271</u>

Para la elaboración de la tabla anterior se hace de la siguiente manera.

- 1.- La columna 2 es el resultado de dividir la columna número 6 entre el peso total del cemento necesario para realizar 1m^3 de concreto, que en este caso es $346\text{gs}/\text{m}^3$.
- 2.- La columna 1 se determina multiplicando la columna 2 por 50 que es el peso de un saco de cemento.
- 3.- La columna 3 se obtiene dividiendo el peso de los materiales de la columna 1 entre el peso volumétrico seco y suelto correspondiente a cada material y multiplicando el resultado del cociente por 1000.
- 4.- La columna 4 se determina dividiendo los volúmenes de la columna 3 entre 33lts que es el volumen del cemento correspondiente a un saco de cemento de 50 kgs.
- 5.- La columna 5 se determina dividiendo las cantidades de los materiales indicados en la columna 2 entre su densidad correspondiente.

Por lo tanto haciendo lo anterior obtenemos nuestra proporción para un bulto de cemento la cual será:

$$\text{Proporción} = \mathbf{1:2:3}$$

La cual nos indica que por cada bulto de cemento debemos utilizar 4 bultos de arena y 6 bultos de grava.

III.7. MOLDEO DE CILINDROS.

La forma más común para determinar la resistencia del concreto, es ensayar a la compresión, cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.

Para que se pueda juzgar de manera adecuada la calidad del concreto, se requiere que los cilindros sean elaborados desarrollando correctamente los procedimientos especificados para el llenado de los moldes, compactación, enrasado e identificación.

Equipo.

- Moldes (los necesarios para que los cilindros a moldear sean perfectamente sellados para evitar fugas y aceitados ligeramente con aceite muy delgado en las superficies interiores).
- Cucharón.
- Varilla para compactación punta de bala.
- Regla metálica.



Procedimiento de trabajo.

Revisar primero que los moldes estén sellados para evitar pérdidas de agua. Una vez que estén sellados, se coloca aceite rebajado con diesel ligeramente en la superficie interior del molde.

El lugar en que se deben moldear los cilindros, debe encontrarse a cubierto y la superficie en que queden almacenados debe ser horizontal, lisa y libre de vibraciones.

Se requiere que la temperatura de este lugar, pueda ser mantenida entre 16 y 27 grados centígrados.



Se colocan los moldes sobre la superficie en el lugar en que quedaran almacenados y se procede con la muestra homogenizada debidamente remezclada, a elaborar cada cilindro.

Llenado del molde y compactación por varillado

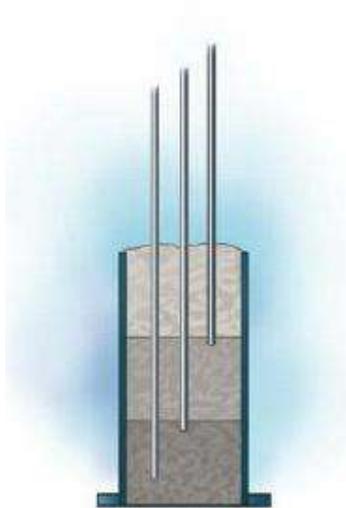
Se debe llenar el molde en 3 capas, cada capa debe ser de aproximadamente en tercio del volumen total del molde.

Al vaciar cada capa, con porciones de concreto tomadas con el cucharón, se debe girar este sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando el concreto, para asegurar su correcta distribución y reducir al máximo la segregación del agregado grueso dentro del molde.

En seguida, se debe distribuir el concreto del molde con la varilla y se procede a compactar como se indica a continuación.

- La primera capa que debe tener una altura aproximada de 10cm se compacta con 25 penetraciones, siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro.
- Después de compactar la primera capa, si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla o con un mazo de hule, dándole de 15 a 20 golpes por la parte de afuera al molde y en forma de cruz.
- La segunda capa, con la que debe tener una altura aproximada de 20cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de la varilla de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, pero procurando que en cada golpe la varilla penetre 2 cm aproximadamente en la primer capa.
- Después de haber compactado la segunda capa, si hay oquedades, se repite el golpeteo en la misma forma que en la primera capa.
- Con la tercer capa, se debe llenar totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente para después de hacer la compactación, también con 25 penetraciones con la verilla que debe penetrar 2 cm en la segunda capa, el molde debe quedar totalmente lleno con un ligero excedente.
- si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla o con un mazo de hule, dándole de 15 a 20 golpes por la parte de afuera al molde y en forma de cruz.
- Es muy importante que para compactar las capas, se utilice la varilla especificada, ya que la punta redondeada desliza sobre el agregado al penetrar y

permite que el concreto se cierre suavemente cuando se extrae la varilla. El uso de una varilla con punta plana, empuja el agregado grueso hacia abajo y originando vacíos al extraerla.



Varillado en tres capas



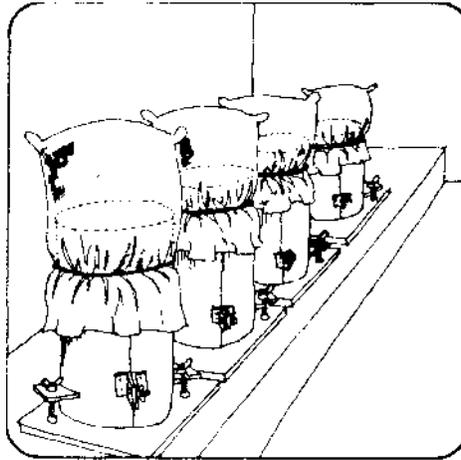
Golpe con el mazo de hule

Enrasado.

Sirve para eliminar el exceso de concreto, pasando la regla metálica para enrasar con un movimiento de vaivén sobre el borde superior del molde, el menor número de veces que sea posible, para obtener una superficie plana uniforme, que este a nivel con el borde del molde y que no tenga depresiones o promontorios de más de 3 milímetros. Es importante evitar hacer pasadas en exceso que hagan sangrar al concreto.

Protección de los cilindros.

Para evitar la evaporación del agua de los cilindros, recién elaborados, se deben cubrir inmediatamente después con una tapa de material no absorbente ni reactivo, o con una tela de plástico (polietileno) resistente, durable e impermeable, debidamente sujeta (con una liga).

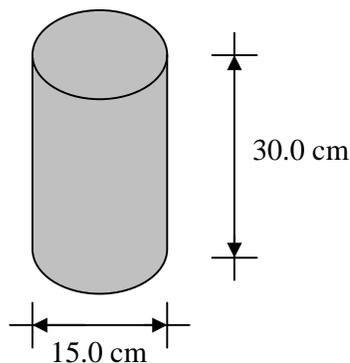


Protección de los cilindros

III.8. CÁLCULO Y PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CILINDROS LOS CUALES USAREMOS PARA NUESTRO DISEÑO

Calculo para la realización de 10 cilindros y teniendo en cuenta un 10% de desperdicio.

Calcularemos primeramente el volumen de un cilindro.



$$Area = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow Area = \frac{\pi \cdot 0.15^2}{4} = 0.01767 m^2$$

$$Volumen = A \cdot h \Rightarrow Volumen = 0.01767 \times 0.30 = 0.0053 m^3$$

Por lo tanto el volumen necesario para los 10 cilindros y teniendo en cuenta un desperdicio igual al 10% tenemos que.

$$volumen = 0.0053 \times 10 = 0.053 + 10\% = 0.0583 m^3$$

Entonces el volumen necesario para los 10 cilindros será.

$$\mathbf{Volumen=0.0583m^3}$$

Nos auxiliaremos de la siguiente tabla para el cálculo de los materiales necesarios para la realización de los cilindros.



Material	Peso total	Cantidades para 10 cil.	Corrección por absorción		Cantidades corregidas
cemento	346	20,172			20,172
arena	778	45,357	0,0505	2,291	43,066
grava	952	55,502	0,0582	3,230	52,271
agua	195	11,369			16,890
total	2271				132,399
	1	2	3	4	5

La secuela de cálculo es la siguiente:

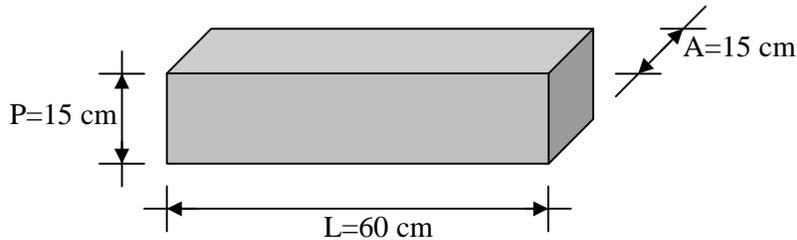
- 1.- La columna 1 es el peso total que tenemos para un saco de cemento.
- 2.- La columna 2 se obtiene de multiplicar el volumen por 10 cilindros por los valores de la columna numero 1.
- 3.- La columna numero 3 se calcula dividiendo la absorción de cada material entre 100.
- 4.- La columna numero 4 se obtiene de multiplicar la columna numero 2 por la columna numero 3.
- 5.- En la columna 5 se pasa la cantidad de cemento tal como la calculamos para los 10 cilindros, para hacer la corrección por absorción en la grava y arena le restaremos a la columna numero 2 lo que tenemos en la columna tres respectivamente, para el agua sumaremos a la cantidad que tenemos en la columna 2 la suma de las dos cantidades que tenemos en la columna numero 4.



III.9 CÁLCULO Y PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS VIGAS LAS CUALES USAREMOS PARA NUESTRO DISEÑO

Calculo para la realización de 4 vigas las cuales usaremos para las pruebas de flexión y teniendo en cuenta un 10% de desperdicio.

Calcularemos primeramente el volumen de una viga.



$$\text{Area} = L \cdot A \Rightarrow \text{Área} = 0.60 \times 0.15 = 0.090 \text{m}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} \cdot P \Rightarrow \text{Volumen} = 0.090 \times 0.15 = 0.0135 \text{m}^3$$

Por lo tanto el volumen necesario para las 4 vigas y teniendo en cuenta un desperdicio igual al 10% tenemos que:

$$\text{volumen} = 0.0135 \times 4 = 0.054 + 10\% = 0.0594 \text{m}^3$$

Entonces el volumen necesario para las 4 vigas será:

$$\text{Volumen} = \underline{\underline{0.0594 \text{m}^3}}$$

Nos auxiliaremos de la siguiente tabla para el cálculo de los materiales necesarios para la realización de las vigas.

Material	Peso total	Cantidades para 4vigas.	Corrección por absorción		Cantidades corregidas
cemento	346	20.552			20.552
arena	778	46.213	0.0505	2.334	43.879
grava	952	56.549	0.0582	3.291	53.258
agua	195	11.583			17.208
total	2271				134.897
	1	2	3	4	5

La secuela de cálculo es la siguiente:

- 1.- La columna 1 es el peso total que tenemos para un saco de cemento.
- 2.- La columna 2 se obtiene de multiplicar el volumen por 10 cilindros por los valores de la columna numero 1.
- 3.- La columna número 3 se calcula dividiendo la absorción de cada material entre 100.



- 4.- La columna número 4 se obtiene de multiplicar la columna número 2 por la columna número 3.
- 5.- En la columna 5 se pasa la cantidad de cemento tal como la calculamos para los 10 cilindros, para hacer la corrección por absorción en la grava y arena le restaremos a la columna número 2 lo que tenemos en la columna tres respectivamente, para el agua sumaremos a la cantidad que tenemos en la columna 2 la suma de las dos cantidades que tenemos en la columna número 4.

III.10. MOLDEO DE VIGAS PARA PRUEBA DE FLEXIÓN

Cuando se requiere determinar la resistencia del concreto a la flexión, se elaboran vigas que generalmente tienen una sección transversal de 15 cm de altura por 15 cm de ancho y una longitud no menor a 50 cm. Estas vigas son adecuadas para el ensaye de concreto que tiene un tamaño máximo de agregado hasta de 5 cm.

Cuando el tamaño máximo del agregado sea mayor a 5 cm, se deben elaborar vigas en las cuales la altura de la sección transversal no sea menor a tres veces el tamaño del agregado, con un ancho cuando menos igual a la altura, pudiendo ser mayor ésta hasta media vez y una longitud igual a tres veces la altura mas 5 cm como mínimo.

El equipo que se utiliza para elaborar dichas vigas es el siguiente:

- Moldes (los necesarios para las vigas, que estén perfectamente sellados para evitar fugas y aceitarlos ligeramente en las superficies interiores).
- Cucharón (que cuente con su mango).
- Varilla para compactación con punta de bala.
- Llana de yesero o cuchara de albañil.
- Regla metálica para enrasar.

Procedimiento de trabajo.

Se revisa primero que los moldes estén sellados para evitar pérdidas de agua o mortero. Una vez que estén sellados, las superficies del molde se aceitan ligeramente. A continuación se procede como sigue:

- El lugar en que se deben moldear las vigas, debe encontrarse cubierto y la superficie en que se almacene debe ser horizontal, lisa y libre de vibraciones. Se requiere además, que la temperatura de este lugar pueda mantenerse entre 16 y 27°C.



- Se colocan los moldes sobre la superficie, en el lugar en el que quedarán almacenados y se procede con la muestra homogeneizada y debidamente remezclada a elaborar las vigas como se indica a continuación, tomando en cuenta que los concretos con revenimiento mayores a 8 cm se deben compactar por varillado, los concretos con revenimiento entre 3 y 8 cm se pueden compactar varillando o vibrando y los que tienen revenimiento menores a 3 cm, se deben vibrar.

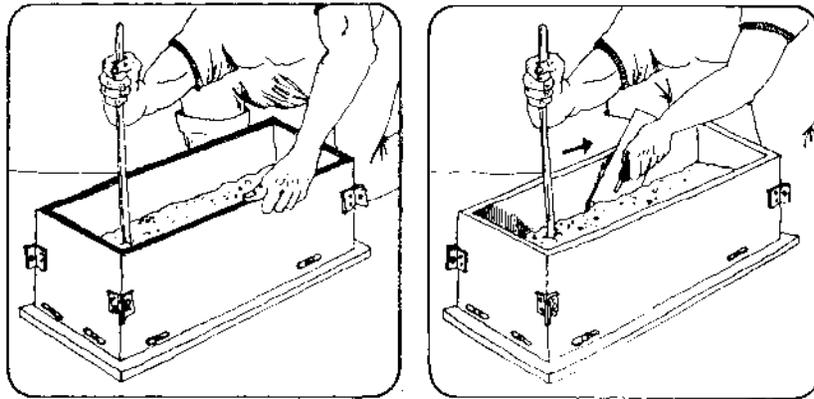
Llenado del molde con compactación por varillado.

Cuando el molde tiene entre 15 y 20 cm de altura debe llenarse en dos capas, cada capa en este caso debe ser de aproximadamente la mitad de la altura del molde.

Cuando la altura del molde es mayor a 20 cm, se llena en 3 o más capas de igual altura hasta un máximo de 10 cm por capa. Al formar cada capa en porciones de la muestra que se toma de la charola, debe procurarse que estas sean representativas de la mezcla, depositando el concreto en forma uniforme a todo lo largo del molde, procurando evitar la segregación del agregado grueso, llenando las esquinas y aristas con la ayuda de una charola de albañil. En seguida, utilizando la varilla de compactación se redistribuye el concreto dentro del molde y se compacta como sigue:

- La primera capa, se compacta aplicando una penetración de la varilla, por cada 10cm cuadrados de superficie del molde, es decir, en vigas de 15×60 cm deben hacerse 90 penetraciones distribuidas uniformemente en toda la superficie; la varilla debe atravesar completamente la capa.

Después de compactar esta primera capa y antes de colocar la siguiente, si se observan oquedades en la superficie del concreto, se debe golpear ligeramente con la varilla o un mazo las paredes del molde para que los vacíos que hayan quedado en el concreto se cierren. Posteriormente se debe introducir una llana de yesero o cuchara de albañil entre el concreto y las paredes del molde hasta tocar el fondo y recorrerla a lo largo de las paredes laterales y de los extremos.



Varillado y preparación para la segunda capa.

- En la segunda capa, el concreto debe rebasar ligeramente la altura del molde cuando éste es hasta 20 cm y ser suficiente para llenarlo. Se compacta con igual número de penetraciones que la primera capa, pero procurando que la varilla atravesase en cada golpe a esta segunda capa y penetre en la primera un centímetro aproximadamente, cuando la altura de las capas que se vacían es menor de 10 cm. Si la altura de las capas es de 10 cm, la varilla debe penetrar 2 cm en la capa inferior.

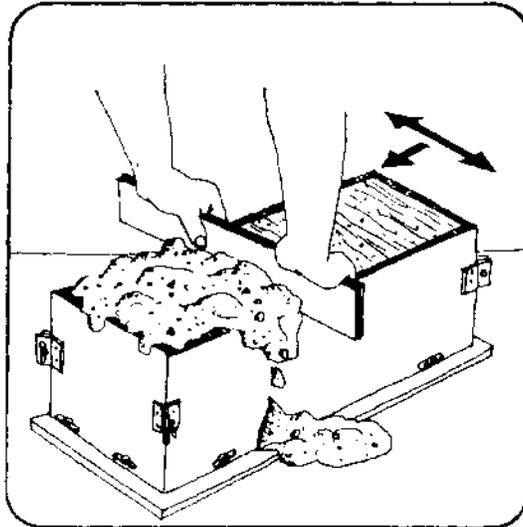
Después de compactar esta segunda capa, si se observan oquedades, se procede a golpear con la varilla o un mazo las paredes del molde y recorrer con la llana o cuchara de albañil las paredes de igual manera que después de compactar la primera capa. La penetración de la llana o cuchara deberá ser suficiente para rebasar ligeramente la profundidad de la segunda.

En capas sucesivas, cuando el molde es de más de 20 cm de altura, se procede de igual forma que para la segunda capa descrita anteriormente, teniendo en cuenta que la capa final deberá ser suficiente para llenar el molde.

Es muy importante que al compactar las capas dentro de los moldes siguiendo el procedimiento de varillado, se utilice la varilla especificada, ya que la punta redondeada se desliza sobre el agregado al penetrar y permite que el concreto se cierre suavemente cuando se extrae la varilla. El uso de varillas con punta plana, achatadas o corrugadas, provoca que el agregado grueso sea empujado hacia abajo y se formen vacíos al ser extraída.

Enrasado.

Sirve para eliminar el exceso de concreto, pasando la regla metálica para enrasar con un movimiento de vaivén, sobre los bordes superiores del molde el menor numero de veces que sea posible para obtener una superficie plana y uniforme, que esté a nivel con los bordes y que no tenga depresiones o promontorios de mas 3mm. Es importante evitar hacer pasadas en exceso que hagan sangrar el concreto.



Enrasado de una viga

Protección de las vigas.

Se debe evitar la evaporación del agua de las vigas recién elaboradas, para lo cual se necesita cubrirlas inmediatamente después de identificarlas, con una tela de plástico resistente e impermeable (polietileno) firmemente sujeta.

Método estándar de ensaye.



III.11. CURADO INICIAL A.S.T.M. C-31-87.

El que las muestras de concreto alcancen la máxima resistencia que pueden desarrollar, depende en gran parte del curado inicial en sus moldes. Es importante asegurarse que al moldear una muestra, los moldes sean bien cerrados, para evitar pérdidas de agua.

En general, debe tenerse especial cuidado para evitar pérdidas de humedad y alteraciones que puedan producirse en el proceso de fraguado. Asimismo es importante mantener el concreto recién moldeado en condiciones de temperatura dentro de los límites especificados.

Condiciones de almacenamiento inicial.

Durante las primeras 24 horas posteriores del moldeado, durante el descimbrado y hasta el momento de proceder al transporte al lugar donde serán curados hasta la edad especificada, los especímenes deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura del ambiente entre 16 y 25°C y con la protección de necesaria para evitar la pérdida de humedad en ellos. Con este propósito es necesario que los especímenes sean mantenidos bajo techo de preferencia en ambiente cerrado y cubierto, pudiendo ser almacenados en este periodo en cajas herméticas de madera, pozos con arena húmeda, dentro de bolsas de plástico impermeables perfectamente cerradas, o siguiendo cualquier otro procedimiento que cumpla con los requisitos de mantener las condiciones sin pérdidas de humedad.

Cuando los especímenes elaborados son de forma cilíndrica el tiempo que deben permanecer dentro de sus moldes no debe ser menor de 24 horas ni mayor a 48 horas, en este lapso deben desmoldarse y transportarse inmediatamente, para continuar su curado.

Cuando los especímenes se elaboran en forma de viga, deben permanecer en sus moldes durante 48 horas, después de las cuales deben ser transportados en sus moldes hasta el lugar donde deben ser descimbrados y continuar su curado hasta la edad especificada.

IV. PRUEBAS MECÁNICAS

IV.1. RESISTENCIA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN CILINDROS DE CONCRETO A.S.T.M. 39-869

Esto significa que se una carga axial concéntrica al cilindro de concreto.

Su principal objetivo de aplicar la carga es la de determinar su resistencia que presenta el concreto al ser sujeto a una carga de compresión simple.

Esta prueba se realiza con la finalidad de verificar que la resistencia de proyecto sea la misma que la resistencia real de elaboración.



Dentro del equipo para hacer la prueba tenemos:

- Vernier para medir el diámetro del cilindro.
- Maquina hidráulica (maquina universal, Forney o prensa hidráulica)

El procedimiento para hacerla prueba es el siguiente:

- Una vez que el cilindro fue cabeceado con la mezcla de azufre se coloca el cilindro en la maquina universal en forma vertical y centrado, limpiando perfectamente las placas de apoyo de la maquina.
- Se ajusta la platina superior a la cara del espécimen de manera que son se aplique carga de impacto.



- Se nivela y se pone en ceros la maquina y se aplica una carga a una velocidad constante (continua y sin impactos), de 1.4 a 3.1 kg/cm²/seg. Esta velocidad puede ser mayor a la primera mitad de la carga total del espécimen respecto al punto se pueden hacer las siguientes recomendaciones:
 - Que no suspenda la aplicación de la carga por ningún contratiempo y luego se ponga a funcionar cuando el espécimen este próximo a la carga de falla.
 - Esta carga de falla la podemos prefijar conociendo el por ciento de resistencia según se edad, que debe de observar, esta carga se prefija multiplicando el área de la sección transversal del cilindro por la resistencia de proyecto ($f'c$).
- Se continúa la carga del espécimen hasta la falla registrándola y observando su tipo de falla y la apariencia del material.

El cálculo es el siguiente:

$$E = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = carga de ruptura en kg.

A = área de la seccion transversal.

E = esfuerzo en kg/cm².

IV.2. RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO (prueba a la Brasileña) A.S.T.M. 39-969.

Generalmente no se requiere que el concreto resista las fuerzas de tensión debido a sus malas propiedades a ese respecto. Sin embargo la tensión es importante respecto al agrietamiento debido a la limitación de la contracción por secado o ala disminución en la temperatura; la prueba de tensión no se realiza con frecuencia por las dificultades que se presentan en la aplicación de las fuerzas de tensión.

Al igual que en la prueba de compresión se utiliza las maquina de prueba universal (especificación A.S.T.M. E-74), esta prueba es conocida también como prueba a la brasileña.



El procedimiento para hacer la prueba es el siguiente:

La resistencia de tensión del concreto se determina al aplicar cargas diametrales crecientes a la compresión sobre el cilindro de 15×30 cm colocado sobre su costado hasta que se presente la falla, algunos puntos pertinentes incluyen:

- Los requisitos de tamaño, moldeo y curado que se dieron con anterioridad para las muestras de resistencia a la compresión son las mismas utilizadas en la tensión.



- Cuando la cara superior o la cara inferior de apoyo son menores que la longitud del cilindro se ocupara una barra suplementaria de apoyo que tendrá una planicidad de ± 0.001 de pulgada, el ancho será de 2" por lo menos y el espesor no menor que la distancia del borde del bloque de apoyo, esférico o rectangular, al extremo del cilindro. La barra se usara de tal manera que la carga se aplique sobre la longitud completa del cilindro
- Durante la prueba se colocan dos tiras de apoyo de madera contra planchada (fajilla de triplay) con espesor nominal de 1/8", un ancho aproximado de 1" y una longitud igual a la del cilindro o ligeramente superior a esta.
- En la muestra se trazan las rectas diametrales sobre cada extremo de la misma, usando un aparato adecuado que garantice que ambas quedaran en el mismo plano axial.
- Se harán mediciones de diámetro de la muestra de prueba con aproximación al 0.25 mm, promediando adecuadamente tres diámetros, y se harán mediciones de longitud de la muestra con la misma aproximación.
- La colocación en posición de la muestra, las fajillas de apoyo y la barra de apoyo se harán de modo que se garantice que la aproximación del plano de las rectas diametrales trazadas sobre el cilindro se intercepten con el centro de la barra superior de apoyo y de las fajillas y que directamente bajo del centro de empuje del bloque esférico de apoyo.
- La relación de carga será continua, sin choques con una reacción constante dentro del rango de 7 a 14 kg/cm²/min.

El cálculo de la resistencia a la tensión es:

$$F_t = \frac{2P}{\pi Ld}$$

Donde:

F_t = Resistencia a la tensión kg/cm².

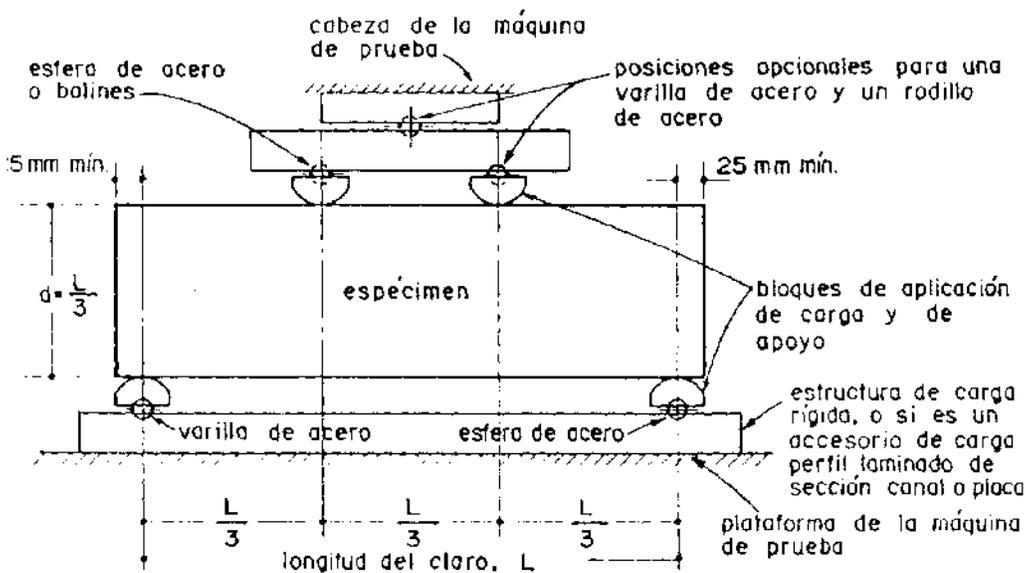
P = carga máxima aplicada en kg.

L = longitud en cm.

D = diámetro en cm.

IV.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO A.S.T.M. C-78-84

Este método cubre el proporcionamiento de ensaye para determinar la resistencia a la compresión y tensión por flexión del concreto mediante el uso de una viga simplemente apoyada con carga en los tercios del claro. El método de carga sobre los tercios del claro se usara en ensayos de flexión empleando placas de carga que aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga sean verticales y sin excentricidad. Un dispositivo que permite que se lleve a cabo este propósito es el mostrado en la figura siguiente:



Nota: el aparato se puede usar invertido

Equipo adecuado para ensayar concreto a flexión por el método de carga en los tercios del claro.

Espécimen de ensaye.

El espécimen tendrá un claro lo más cercano posible a tres veces se peralte. Los lados del espécimen formaran ángulos rectos con las caras superior e inferior.

Procedimiento.

El espécimen deberá girarse sobre uno de sus lados respecto a la posición inicial bajo la cual fue colocado y centrado en las placas de apoyo. Las placas de aplicación de



la carga deben llevarse hasta su contacto con la cara superior del espécimen y sobre los puntos extremos del tercio central del claro entre apoyos. Si no se obtiene un contacto completo entre el espécimen y las placas de aplicación de la carga y los apoyos, las superficies de contacto del espécimen deben cabecearse, pulirse o calzarse con tiras de cuero o acero.

La carga debe aplicarse a una velocidad uniforme de tal manera que se evite impacto. La carga debe aplicarse rápidamente hasta alcanzar aproximadamente el 50% del valor de la carga de falla; después se proseguirá con una velocidad tal que no se tengan incrementos de esfuerzo en la fibra extrema que excedan de 10 kg/cm²/min.

Medidas del espécimen antes y después del ensaye.

Las medidas deben tomarse con una aproximación de 0.25 cm (0.1 pulg) y se harán para determinar el ancho promedio y el peralte promedio del espécimen en la sección de falla.

CÁLCULO.

- a. Si la falla ocurre dentro del tercio medio del claro, el módulo de ruptura debe ser calculado de la siguiente forma.

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

Donde:

R = Módulo de ruptura en kg/cm².

P = Carga máxima aplicada por la máquina de ensaye en kg.

l = Claro en cm.

b = Ancho promedio del espécimen en cm.

d = Peralte promedio del espécimen en cm.

NOTA: En el cálculo anterior no está incluido el peso de la viga.

- b. Si la falla ocurre fuera del tercio medio, en uno más del cinco por ciento del claro, el módulo de ruptura será calculado de la siguiente forma.

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

R = Módulo de ruptura en kg/cm².



P = Carga máxima aplicada por la máquina de ensaye en kg.

a = Distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida sobre el eje de simetría de la superficie inferior de la viga en cm.

b = Ancho promedio del espécimen en cm.

d = Peralte promedio del espécimen en cm.

c. Si la falla ocurre fuera del tercio medio y en más del cinco por ciento del claro, los resultados de la prueba se deben descartar.

Informe.

El informe deberá incluir lo siguiente.

- Número de identificación.
- Ancho promedio con aproximación de 0.25 cm (0.1 pulg).
- Peralte promedio con aproximación de 0.25 cm (0.1 pulg).
- Claro en cm.
- Máxima carga aplicada en kg.
- Módulo de ruptura calculado con aproximación de 0.5 kg/cm^2 (5 lb/pulg^2).
- Historia del curado y medición de humedad aparente del espécimen en el momento del ensaye.
- Si el espécimen fue cabeceado, pulido o si se usaron cuñas de cuero.
- Defectos en el espécimen.
- Edad del espécimen.

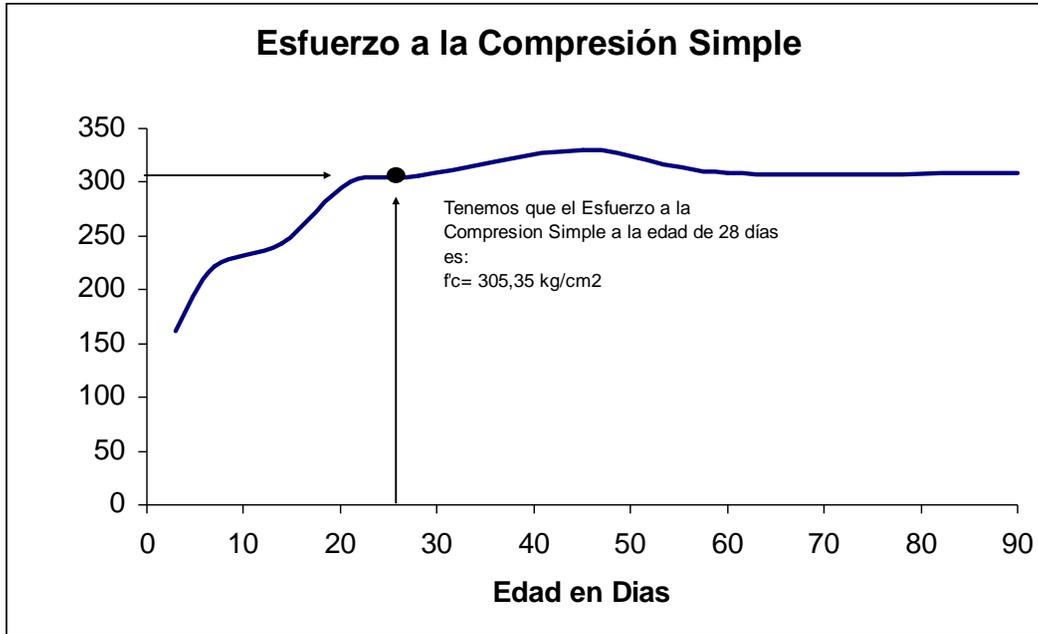


**V.1. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ESFUERZO A LA
COMPRESIÓN SIMPLE.**

Edad en días	Carga de ruptura en Kg.	Diámetro en cm.	Resistencia en kg/cm ²	Resistencia promedio kg/cm ²	% de resistencia del f'c. En kg/cm ²	% promedio del f'c. En kg/cm ²
3	28125	14,98	159,58		64	
3	27500	15,10	153,57	161,92	61	65
3	30500	15,00	172,60		69	
7	39500	14,75	231,17		92	
7	37500	15,20	206,67	221,51	83	89
7	39000	14,80	226,71		91	
14	42500	14,98	241,15		96	
14	41250	15,00	233,43	243,36	93	97
14	45750	15,10	255,48		102	
21	45000	15,15	249,64		100	
21	45000	12,20	384,96	300,78	154	120
21	47250	14,99	267,75		107	
28	54125	14,95	308,35		123	
28	52875	15,10	295,27	305,35	118	122
28	53750	14,80	312,45		125	
45	55000	15,10	307,14		123	
45	61375	14,98	348,25	329,61	139	132
45	57750	14,85	333,44		133	
60	60000	14,80	348,78		140	
60	52000	15,15	288,47	308,28	115	123
60	51500	15,10	287,59		115	
90	54500	15,45	290,71		116	
90	61000	15,00	345,20	308,30	138	123
90	51000	14,99	288,99		116	



V.2. GRAFICA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE.



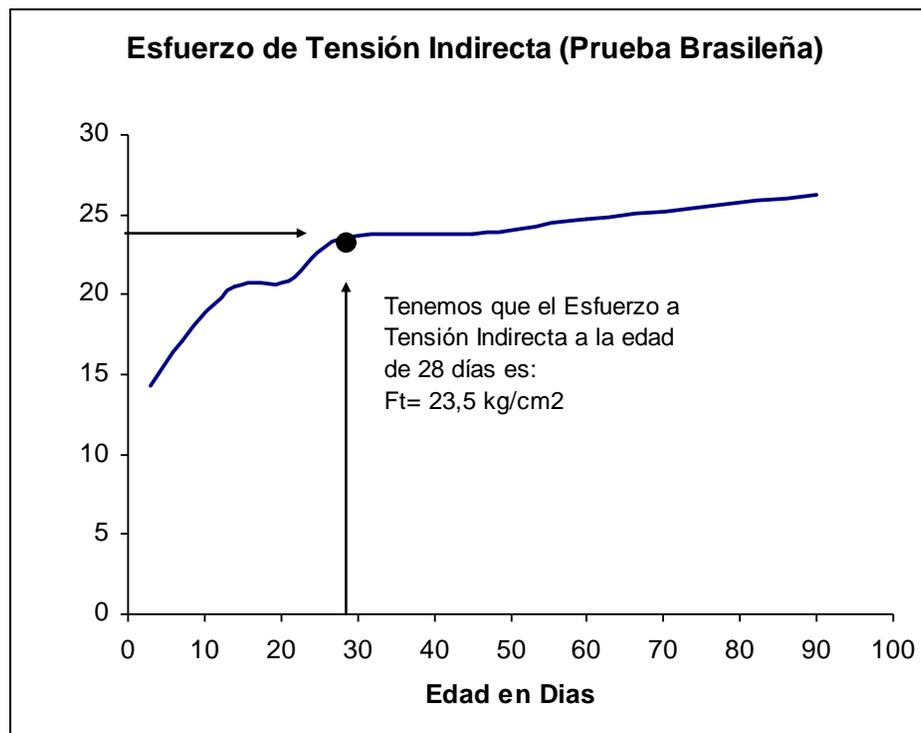


V.3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ESFUERZO A TENSION INDIRECTA (PRUEBA A LA BRASILEÑA)

Edad en días	Carga de ruptura en kgs.	Diámetro en cm.	Longitud en cm.	Resistencia en kg/cm ²	Resistencia promedio en kg/cm ²
3	11500	15,15	30,20	16,00	
3	9000	15,15	30,00	12,61	14,3
7	12750	15,25	30,15	17,65	
7	12000	15,30	30,25	16,51	17,1
14	14950	15,10	30,30	20,80	
14	14750	15,25	30,35	20,29	20,5
21	14250	15,15	30,40	19,70	
21	15950	15,10	30,45	22,08	20,9
28	14000	15,20	30,50	19,22	
28	19800	15,10	30,15	27,69	23,5
45	17100	14,95	30,00	24,27	
45	17000	15,25	30,40	23,34	23,8
60	17150	15,20	30,15	23,82	
60	18200	14,90	30,35	25,62	24,7
90	20600	14,45	30,30	29,95	
90	15800	14,90	29,80	22,65	26,3

V.4. GRAFICA DE ESFUERZO A

TENSION INDIRECTA (PRUEBA A LA BRASILEÑA)



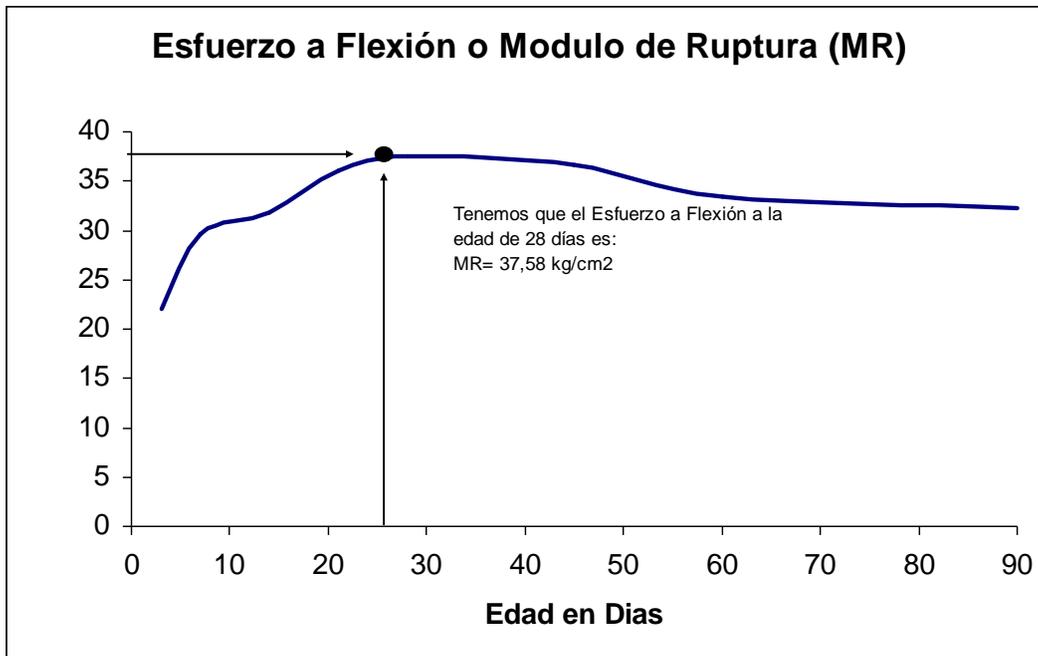


**V.5. RESULTADOS OBTENIDOS PARA
EL ESFUERZO CORTANTE EN VIGAS.**

Edad en dias	Carga de ruptura en kgs.	Ancho en cm.	Peralte en cm	Resistencia en kg/cm^2	Resistencia promedio en kg/cm^2
3	1700	14,85	15,05	22,74	
3	1600	14,98	14,99	21,39	22,07
7	2150	14,98	15,05	28,51	
7	2300	15,00	15,00	30,67	29,59
14	2300	14,98	15,21	29,89	
14	2500	14,66	15,11	33,63	31,76
21	2900	14,75	15,15	38,53	
21	2450	14,54	15,01	33,66	36,09
28	2800	15,10	14,82	37,99	
28	2750	14,80	15,00	37,16	37,58
45	2750	14,95	15,22	35,73	
45	2750	14,85	14,90	37,54	36,63
60	2650	14,85	15,00	35,69	
60	2300	15,10	14,80	31,29	33,5
90	2325	14,95	15,00	31,10	
90	2575	15,11	15,11	33,59	32,3



**V.6. GRAFICA PARA EL ESFUERZO
CORTANTE EN VIGAS.**





VI. CONCLUSIONES.

En este trabajo de investigación el comportamiento de los materiales pétreos en las diferentes pruebas se puede calificar de buena calidad ya que sobrepasa el porcentaje de resistencia y calidad mínimo requerida, calificando este banco de materiales pétreos como de buena calidad, para el uso de la grava y aserena como agregados en las mezclas de concreto hidráulico. La grava y la arena presentan poca absorción, alta densidad, adecuada textura y finura, siendo materiales sanos.

Por otra parte hay que remarcar también la importancia que tiene la relación agua-cemento para la elaboración de las mezclas de concreto hidráulico, pues mientras mas agua ocupemos en nuestra mezcla necesariamente mayor será el volumen a emplear de cemento, para conservar la relación agua-cemento requerida. Por lo tanto a menores relaciones agua-cemento implicara mezclas de concreto más económicas.

Hay que hacer énfasis y recalcar que para una buena mezcla de concreto, se requiere de un buen control de calidad y de un estudio de los materiales a utilizar muy detallado para que esto nos permita llegar a los resultados deseados en las mezcla. Sobre todo, cuidando que la cantidad optima de agua calculada, sea realmente la empleada en las mezclas de obra.

En la construcción el control de calidad es muy importante ya que la muchas de las construcciones habidas y por haber, son compuestas en su gran mayoría por concretos de ahí la importancia de hacer un buen estudio de los materiales a utilizar en la elaboración de las mezclas.

Respecto a las prácticas de laboratorio, estas deberían aplicarse a todos los materiales a emplear de manera específica, las relacionadas con todos los componentes del concreto que es el caso del presente trabajo.

El curado del concreto es de suma importancia ya que de hacerlo bien obtendremos una mayor resistencia; en condiciones, adecuadas de humedad y temperatura, se incrementara la resistencia del concreto a todas las sollicitaciones, mecánicas que se presenten en las obras



BIBLIOGRAFÍA

1. http://www.guanajuato.gob.mx/municipios/valle_de_santiago.htm#PRINLOC
2. <http://www.valledesantiago.gob.mx>
3. <http://www.financierayminera.com/pages/produccion/cemento/historia.asp#PP>
4. Tesis José Luís Ávila Telles, Facultad de Ingeniería Civil, U.M.S.N.H, Noviembre de 1990.
5. Tesis Rafael Soto Espitia, Facultad de Ingeniería Civil, U.M.S.N.H, Febrero de 2002.
6. http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/casado/GEORED/Endogenas/igneas.htm.
7. http://www.windows.ucar.edu/earth/geology/ig_intro.sp.html
8. <http://www.imcyc.com>
9. Tesis Juan Ortega Tovar, Facultad de Ingeniería Civil, U.M.S.N.H, Enero de 2003.