

ESCUELA NACIONAL DE MINAS

R-6919

MEDELLIN - COLOMBIA

APARTADO 47
TELEFONO 18-14.

TELEGRAMAS Y
CABLES:
SIUEMINAS

Medellin, 1º de diciembre de 1933

SEÑOR
PRESIDENTE DEL H. CONSEJO DIRECTIVO
DE LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS
CIUDAD.

señor presidente:

"ESTUDIO DE LOS AGREGADOS FINOS DEL HORMIGON Y ANALISIS DE ALGUNAS ARENAS DE COLOMBIA", es el título puesto por los señores Enrique Isaza Whilley y Alfonso López Sanín, al trabajo presentado para obtener el título de ingenieros civiles. Me es placer y honoroso informar como presidente de tesis sobre dicho estudio.

La obra realizada por los señores Isaza y López Sanín no necesita para acreditarla la aureola de muchas palabras laudatorias, baste decir que es un trabajo muy bueno y muy útil para los ingenieros y para los constructores.

Después de la exposición teórica de los requisitos necesarios para los buenos agregados áridos del hormigón, los autores presentan el resultado de sus estudios realizados en unas veinte (20) arenas recogidas, y tales como se usan, en las principales ciudades del país.

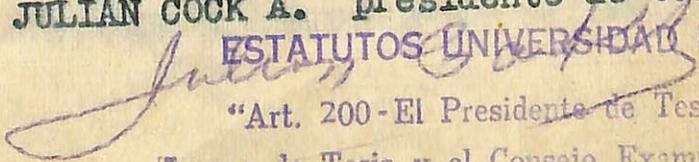
Los autores lograron vencer las dificultades de los estudios de laboratorio, los cuales requieren suma paciencia y cuidado y están sujetos a muchas desilusiones y alcanzaron a realizar un trabajo óptimo.

En virtud de lo expuesto me permito proponer:

- 1º "Concédese a los señores ENRIQUE ISAZA WHILLEY y ALFONSO LOPEZ SANIN, el grado de INGENIEROS CIVIL por su estudio sobre los agregados finos del hormigón y análisis de algunas arenas de Colombia; y
- 2º la escuela de minas procurará tan pronto como sea posible, la publicación del trabajo en referencia, como obra de mucho mérito y muy útil para ingenieros y constructores".

Del señor presidente,

JULIAN COCK A. presidente de tesis.
ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL



"Art. 200 - El Presidente de Tesis, el Consejo de Jueces de Tesis y el Consejo Examinador NO serán responsables de las ideas emitidas por el Candidato."



1º diciembre

3

B 6919

APARTADO NRO. 47

SEÑOR
PRESIDENTE DEL H. CONSEJO DIRECTIVO E G R A D O
DE LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS
CIUDAD.

señor presidente: presentada por los señores

"ESTUDIO DE LOS AGREGADOS FINOS DEL HORMIGÓN Y ANÁLISIS DE ALGUNAS ARENAS DE COLOMBIA", es el título puesto por los señores Enrique Isaza Whilley y Alfonso López Sanín, al trabajo presentado para obtener el título de ingenieros civiles. Me es un placer y honoroso informar como presidente de tesis sobre dicho estudio.

La obra realizada por los señores Isaza y López Sanín no necesita para acreditarla la aureola de muchas palabras laudatorias, baste decir que es un trabajo muy bueno y muy útil para los ingenieros y para los constructores. de Medellín.

Después de la exposición teórica de los requisitos necesarios para los buenos agregados áridos del hormigón, los autores presentan el resultado de sus estudios realizados en unas veinte (20) arenas recogidas y tales como se usan en las principales ciudades del país.

MATERIA: Estudio de los agregados finos

Los autores lograron vencer las dificultades de los estudios de laboratorio, los cuales requieren suma paciencia y cuidado y están sujetos a muchas desilusiones y alcanzaron a realizar un trabajo óptimo.

En virtud de lo expuesto me permito proponer:

- 1º "Concédese a los señores ENRIQUE ISAZA WHILLEY y ALFONSO LOPEZ SANIN, el grado de INGENIEROS CIVIL por su estudio sobre los agregados finos del hormigón y análisis de algunas arenas de Colombia; y ponde en este trabajo a mi gran
- 2º la escuela de minas procurará tan pronto como sea posible, la publicación del trabajo en referencia, como obra de mucho mérito y muy útil para ingenieros y constructores".

Del señor presidente,

ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL JULIAN COCK A. presidente de tesis.

Art. 200 - El Presidente de Tesis, el Consejo de

de Tesis y el Consejo Examinador NO serán

responsables de las ideas emitidas por el Candidato."

R 6919 ✓

T E S I S D E G R A D O

presentada por los señores

ENRIQUE ISAZA WHILLEY

//
y

ALFONSO LOPEZ SANIN

para obtener el título de INGENIEROS de la
Escuela Nacional de Minas de Medellin.

MATERIA: Estudio de los agregados finos
del hormigón y análisis de algu-
nas arenas de Colombia.

PRESIDENTE DE TESIS: Dr. Julián Cock A.

Dedico la parte que me corres-
ponde en este trabajo a mi gran
amigo JULIAN POSADA OCHOA.

Enrique Isaza Whilley

- 1.933 -

ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL

"Art. 201 - El Presidente de Tesis, el Consejo de
Jueces de Tesis y el Consejo Examinado: NO serán
responsables de las ideas emitidas por el Candidato."

Medellin, 1 de diciembre de 1933.

SEÑOR
PRESIDENTE DEL H. CONSEJO DIRECTIVO
DE LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS
CIUDAD.

Señor presidente:

"ESTUDIO DE LOS AGRAGADOS FINOS DEL HORMIGÓN Y ANALISIS DE ALGUNAS ARENAS DE COLOMBIA", es el título puesto por los señores ENRIQUE ISAZA WHILLEY Y ALFONSO LOPEZ SANIN al trabajo presentado para obtener el título de INGENIEROS CIVILES. Me es placentero y honroso informar, como presidente de tesis, sobre dicho estudio.

La obra realizada por los señores Isaza y Lopez no necesita para acreditarla la aureola de muchas palabras laudatorias, baste decir que es un trabajo muy bueno y muy util para los ingenieros y para los constructores.

Despues de la exposición teórica de los requisitos necesarios para los buenos agregados áridos del hormigón, los autores presentan el resultado de sus estudios realizados en unas veinte (20) arenas recogidas y tales como se usan en las principales ciudades del país.

Los autores lograron vencer las dificultades de los estudios de laboratorio, los cuales requieren suma paciencia y cuidado y estan sujetos a muchas desilusiones y alcanzaron a realizar un trabajo óptimo.

En virtud de lo expuesto me permito proponer:

- 1o. "Concédese a los señores ENRIQUE ISAZA WHILLEY y ALFONSO LOPEZ SANIN, el grado de INGENIERO CIVIL por su estudio sobre los agregados finos del hormigón y análisis de algunas arenas de Colombia; y
- 2o. La escuela de minas procurará tan pronto como sea posible la publicación del trabajo en referencia, como obra de mucho mérito y muy util para para ingenieros y constructores".

Del señor presidente,

JULIAN COCK A. presidente de tesis

T
620.13
I#1

INDICE DE MATERIAS

	PAGINAS
Historia	1
Función de la arena en el concreto	9
Clasificación de las arenas	10
Arenas naturales (composición, solidéz, limpieza)	12
Influencia del tamaño y graduación de las arenas sobre las propiedades del concreto (Resistencia, permeabilidad)	17
Laboreo	26
Especificaciones para la arena (graduación, impurezas, resistencia)	29

CAPITULO II

(APARATOS).

(Frasco de bolas graduados; frascos para impurezas orgánicas; vasiija para decantación, buretas graduación; Pipetas graduadas, balanzas, vasiija para peso unitario, varilla para apisonar, latas, espátula, pala, tamices, aparatos de "Vicat", estufa, máquinas para ensayar la compresión y la tensión, moldes para cilindros, moldes para briquetas, tanque de agua.

33

ENSAYOS

Cantidad de arena, muestras, empaque, Decreto Nº 726 del Ministerio de Correos y Telegrafos

53

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

Peso específico aparente

57

Porcentaje de huecos en la arena inundada

60

Agua superficial

62

6919

Agua de absorción	65
Peso unitario	66
Porcentaje de huecos en la arena	68
Agua de inundación	70
Decantación	72
Impurezas orgánicas.	74
Preparación de la solución de color standard	76
Tamices	77
Ensayos de resistencia a la compresión	79
" " " a la tensión	84
Arena normal de Ottawa	84
→ Cualidades que debe tener una arena	85
<u>ANALISIS DE ARENAS</u>	
Arena de la quebrada "La Hueso" Medellin	91
" " Apulo (Cemento Diamante)	96
" " Manizales	101
" " Cartagena	106
" " Rio Poblano (Antioquia)	111
" " Puerto Berrío(")	116
" del Chocó (Río Atrato)	121
" de Cali (Río Cáuca)	127
" de Serrezuelita (Bogotá)	133
" de Sogamoso (Boyacá)	138
" de San Cristobal (Bogotá)	144
" del Río Saldaña (Cemento Diamante)	150
" de Iguaná (Medellin)	156

	PAGINAS
Arena de Monserrate (Bogotá)	162
Arena del Río Tunjuelo (Bogotá)	168
" de Peña (Medellin)	173
Conclusión	178
Resumen de los ensayos	179

HISTORIA

De los cuatro elementos, -Cemento, agua, arena y cascajo- que entran normalmente en la mezcla del concreto, probablemente al que más atención se le ha puesto es a la arena. Un vistazo ~~de~~^a la literatura publicada sobre ella muestra que los escritores más antiguos se interesaron mucho por los factores fundamentales que afectan la calidad de los morteros.

Vitruvio~~x~~, el célebre arquitecto romano, veinticinco años ~~antes~~ A.C., hacía las siguientes especificaciones de las arenas para morteros:

"En muros de mampostería el mortero de arena debe mezclarse bien y no debe tener lodos. Las clases de minas de arenas son: Blanca, gris, roja y carbuncal; de éstas la mejor es la que chasquea cuando se comprime entre los dedos, mientras que la que tiene mucho lodo no será suficientemente buena. Además échese un poco de arena sobre una tela blanca y oblíguese a pasar por ella; si la tela no se ensucia y no hay polvo adherido a ella, la arena es buena.

Pero si no hay minas de arena de las cuales pueda sacarse, entonces puede sacarse de los lechos de los ríos y aún de la orilla del mar.

Después de apagar la cal mézclese el mortero, si se usa arena de peña, en las proporciones de tres (3) partes de arena a una de cal; si se usa arena del río o del mar, mézclense dos (2) partes con una de cal; Éstas serán las verdaderas proporciones para la composición de la mezcla. Además, al usar arena de río o de mar, si se le agrega una tercera parte de ladrillo quemado y tamizado ^{resultará} ~~hara~~ el mortero de mejor composición."

Estas recomendaciones de Vitruvio fueron seguidas por los romanos, lo cual fué comprobado por medio de análisis químicos en el año de 1.928. K. Biehe en un artículo, "Contribution to the Knowe^lge of ancient mortars", Tonindustrie Zeitung. Vol. 52 pag. 346, dice que algunos de los morteros romanos tienen gran proporción de arena limpia de cuarzo con una pequeña cantidad de ladrillo quebrado; otros al contrario. La cal se habría transformado en carbonato en todas las muestras. El mortero con ladrillo quebrado era muy superior en resistencia al mortero de arena. De los morteros alemanes, examinados por comparación, uno tenía una arena de cuarzo, probablemente arena del lecho de un río, y sólo se había transformado en carbonato 80% de la cal; El otro era de composición semejante y casi igualmente carbonatada; ambos tenían pequeños hormigue-

ros de cal no mezclada.

Bry Higgiusⁿ en 1.780 discutió brevemente la clasificación de las arenas por tamaño, como sigue:

"Lavé una gran cantidad de las arenas del Támesis, y la dividí en tres partes; la más basta, que llamé ripios, eran pequeñas piedras, fragmentos de rocas, granos de arena de diversos tamaños, que al lavarlos habían pasado por un tamiz cuyas aberturas eran de $1/8$ de pulgada cuadrada, pero que no pasaron por un tamiz de agujeros de un $1/16$, ~~o aún más grandes~~; la otra porción que llamé arena fina, consistía de granos de diversos tamaños, los cuales al lavarlos pasaron por un tamiz más fino cuyos agujeros eran de $1/32$; la tercera porción consistía de granos en que los más grandes de ellos fueron lavados a través del tamiz más *basto*, y los más pequeños fueron retenidos al lavarlos en el tamiz más fino; esto lo llamé arena *basta*."

Se ha observado que la arena que puede pasar por un tamiz, ^{una vez lavada,} ~~al lavarla~~ es considerablemente más fina que la que puede pasar por el mismo tamiz, zarandeando la seca.

Los siguientes párrafos publicados en el año ~~1837~~ 1.837 dan las ideas de Vicat en lo que se refiere a

las propiedades de la arena y a su clasificación por tamaño. *aparte* "Las arenas son meramente sustancias inertes; parece que ellas no difieren en calidad entre sí, sino por la forma, el tamaño y la dureza de sus granos. Los constructores más antiguos nos aconsejaron escoger las arenas fósiles, duras al tacto, de preferencia a las redondas y pulidas; ellos se fijaron en el color también, rechazaron la amarilla etc. etc. Pero todos los escritores en esta materia son tan vagos, los experimentos en los cuales ellos confían son tan incompletos y hechos con tan poco método que no podemos sacar conclusiones de ellos. Lo que sí sabemos con alguna seguridad y que no debemos perder de vista es que, no hay arena, sea roja, amarilla, gris o blanca, con granos redondos o angulares etc. que pueda, si es inerte, formar un buen mortero con una cal rica. (Según Vicat, *cales* ricas son aquéllas que doblan su volumen o más apagándolas de la manera ordinaria, y cuya consistencia después de varios años de inmersión permanece la misma o aproximadamente la misma que el primer día y que se disuelven hasta el último grano en agua pura cambiada frecuentemente). Mientras que de otra manera todas las clases posibles de arena pura ~~X~~ de granos duros, y que no exceden cierto tamaño, dan morteros excelentes con las cales hidráulicas. Sin embargo se admite que

hay diferencias en la calidad de las arenas, según que sus elementos esenciales sean graníticos, calcáreos, esquistosos o volcánicos; pero estas diferencias son en general muy pequeñas y podemos atender únicamente a aquéllas que dependen del tamaño de los granos.

Podemos llamar arena ~~vasta~~ ^{vasta} aquélla# cuyos granos, en el supuesto de que sean redondos, varían de $1\frac{1}{2}$ a 3 mms. (0.059 a 0.118 ^{nda.} ~~m~~) de diámetro; arena fina, ~~es~~ ^{en la cual} aquélla cuyo ~~diámetro~~ ^{diámetro} varía entre 1 y $1\frac{1}{2}$ mms. (0.039 a 0.059 ^{nda.} ~~m~~); y polvos, las sustancias sólidas de la misma naturaleza, cuyas partículas mayores no alcanzan 0.2 mms. (0.00787 ^{nda.} ~~m~~)".

parte El Coronel C.W. Pasley hizo el siguiente resumen en el año ~~de~~ 1.838 en lo que se refiere a la arena y a su medida: "Aunque la arena deteriora el cemento, se usa siempre una pequeña cantidad por economía, excepto en trabajos muy importantes, y en condiciones muy desfavorables. Respecto a la medida de la arena en obras de mampostería y de ladrillo, en las cuales el espesor de las uniones es limitado (nunca excedía $\frac{1}{2}$ pulgada), las partes más ~~vastas~~ ^{vastas}, tales como la pequeña grava, eran excluidas, pasándolas por un cedazo, cuyos agujeros no excedían de $\frac{1}{6}$ ^{nda.} ~~m~~. La principal

diferencia es el estado de la arena misma en el período de medida, que según nuestras primeras pruebas ocupaba inundada sólo ~~al~~ ^{al} ~~rededor~~ ^{al} de ~~las~~ $4/5$ ^{del} ~~del~~ espacio ocupado ^{estando} ~~cuando~~ seca. Al repetir estas medidas recientemente, modificadas de tal manera de obtener resultados más precisos, encontramos que la misma cantidad de arena de río que en su estado húmedo llenaba una medida de un pie cúbico y de 12 ~~in.~~ ^{ndas.} de altura, sólo llegaba hasta $103/8$ ~~in.~~ ^{nda} de altura en la misma medida cuando estaba completamente seca, y ~~un~~ ^{hasta un} poco más de $8\frac{1}{4}$ ~~in.~~ ^{ndas} de altura cuando ~~la arena~~ estaba inundada. En consecuencia, en lugar de ocupar sólo $4/5$ ú $8/10$ ~~de~~ ^{de} su espacio original, la arena inundada ocupaba un poco más de $9/10$ del espacio ~~ocupado~~ ^{que llenaba} ~~cuando~~ húmeda.

En lo que se refiere a la arena, la costumbre es medirla en el estado en que llega; ~~el que puede variar~~ ^{este varía} entre ~~más ó menos~~ ^{de} seco ó húmedo según las circunstancias, entre las cuales el estado del tiempo tiene su influencia. Por consiguiente, para tener un conocimiento preciso de ~~esa~~ ^{la} proporción en que el mortero se mezcla con la cal, en trabajos de importancia, la persona que diseña tales morteros debe fijarse en qué estado se mide la arena, porque la cantidad de arena obteni-

da con la misma medida varía considerablemente según la mayor o menor cantidad de agua que tenga."

Q. Q Gillmore en su tratado publicado en el año ~~de~~ 1.871 decía lo siguiente:

"La arena de homigón debe ser tan limpia como la requerida para morteros de obras de ladrillo o de mampostería de buena calidad. La arena que contiene de 5 á 6% de arcilla puede usarse sin lavarla para obras comunes aumentando proporcionalmente la cantidad de cemento. Cualquiera arena fina o basta puede servir; ~~es~~ ^{es} preferible una mezcla de ambas, que contenga grava del tamaño de pequeños guisantes, y aún pequeña porción de piedras tan grandes como una fruta de avellana.

Hay ventaja al mezclar varios tamaños, ^{y más cuando se ha} ~~y en una pro-~~
^{en propor} ^{se} ^{ción} tal que reduzca el volumen de los huecos a un ^{mínimo}. La arena basta hace un hormigón más fuerte y resistente que la arena fina. En todo caso debenevitarse los dos extremos, pues una arena muy fina debilita el mortero y una muy basta aumenta el número de huecos.

Se ha considerado que las arenas silíceas son las mejores aunque se emplean arenas de todas las calidades. Cuando se desean resultados especiales como resistencia o color, la arena debe seleccionarse ^{según} ~~según~~ de acuerdo ^{de} ~~de~~ ^{éstos}."

Muy pocas investigaciones coordinadas se hicieron para determinar la influencia de las características de la arena sobre las propiedades de los morteros y del concreto hasta el año ~~de~~ 1.890, en que R.Feret principió sus experimentos en el laboratorio de Ponts et Chaussées ^{en} ~~a~~ Boulogne-sur-Mer. Desde ~~aquel tiempo~~ *entonces*, se ha publicado mucho sobre el particular y muchos investigadores han contribuído con sus valiosas informaciones; entre ~~los cuales~~ ^{ellos} púden mencionarse: Wm. B. Fuller, S. E. Tompson, D. A. Abrams, L. N. Edwards, R. B. Touno, R. W. Grum, A. N. Talhot, F. E. Richart, M. O. Withey, y Otto Graf. El U. S. Bureau of Standards, el U. S. Bureau of Public Roads, y muchos laboratorios de carreteras han trabajado sobre este tema.

FUNCION DE LA ARENA EN EL CONCRETO.

Los agregados se usan en el concreto principalmente por razones de economía; ^{además} aunque su presencia ~~actúan solo~~ ^{iene} para prevenir cambios indebidos de volumen que pueden afectar la duración del concreto endurecido. Los agregados ~~actúan como~~ para aumentar el volumen de la mezcla y ~~para~~ ^{reducen}, por consiguiente, la cantidad de cemento por unidad de volumen, con lo cual se ~~efectúa~~ ^{obtiene} la correspondiente ~~reducción~~ ^{disminución} ~~en~~ el costo del producto. La función de ^{el} agregado ~~basto~~ es primeramente la de economía, mientras que las funciones más importantes de la arena son producir laborabilidad y uniformidad en la mezcla. La arena es casi universalmente considerada hoy como aquella porción de agregado que pasa por el tamiz # 4. La arena ayuda a la pasta de agua y cemento como medio de ligazón para sostener el cascajo, poniendo la masa más manejable y evitando la segregación del cascajo de la pasta. Con el uso de la cantidad adecuada de arena se eliminan en su mayor parte los planos de debilidad que se forman a lo largo de las superficies del cascajo, ^{cuando} si la arena es insuficiente. ^{Puede} ~~Desde~~ que la laborabilidad del concreto está determinada por la arena, no solamente la cantidad usada sino también la graduación, tamaño y forma de las partículas, las características superficiales y otras

propiedades afectan la colocación de la mezcla.

CLASIFICACION DE LAS ARENAS.

Las múltiples clases de materiales usados como arenas para concreto, pueden clasificarse así:

- 1) - Arenas naturales.
- 2) - Arenas que provienen de la trituración de piedras, o arenas de escorias.
- 3) - Combinaciones de arenas naturales y arenas de piedra machada.
- 4) - Agregados de poco peso, tales como esquistos quemados o cenizas.
- 5) - Mezclas de materiales tales como fragmentos de rocas, pedazos de ladrillo quemado y escorias.

Las arenas naturales se usan mucho más que las otras y, ^{puesto} ~~este~~ que se han formado por ~~la~~ descomposición de ~~la~~ rocas pueden ser de ^{muchos} cualquier tipo de ~~roca~~. En la descomposición de ^{rocas,} ~~esta~~ los minerales menos estables desaparecen por desintegración y transporte o por solución, mientras que las más estables se ordenan según su tamaño y su densidad. Las arenas sujetas a la ruda acción

del tiempo tienen gran cantidad de granos de cuarzo, y ello depende de la clase de roca.

La mayor parte de las arenas para concreto se sacan de los lechos de los ríos, del mar o de los depósitos naturales. Las que contienen exceso de arcilla en terrones o distribuida en toda la masa, se llaman arcillosas. Cuando tienen carbonato de calcio en cantidad considerable, se llaman calcáreas; las que tienen gran cantidad de cuarzo o silicatos, silíceas. Pueden frecuentemente ser una mezcla de varias clases. También se usan frecuentemente otros términos más definidos; cuando tienen buena cantidad de mica, se llaman micáceas, y así hay también arenas graníticas, de granates, feldespáticas, etc.

En los trabajos ^{en que} ~~donde~~ no se pueden obtener rápidamente arenas naturales, se prepara el agregado fino, quebrando piedras calizas, granito, rocas trapeanas ó areniseas. Estos materiales han dado buenos resultados donde se ha tenido el cuidado de seleccionar la piedra y de ^{graduar bien} ~~que~~ la arena resultante sea ~~bien graduada~~. Las arenas livianas se han usado mucho ^{en aquellas} ~~para~~ obras de concreto ^{en las cuales} ~~donde~~ se desea reducir el peso. Otros materiales fuera de los antes mencionados se han usado para reemplazar la arena, en ~~el~~ ^{en que} concreto, ~~donde~~ se desean propiedades especiales, o en partes ^{en las cuales} ~~donde~~ el concreto no está sujeto a gran exposición.

Las tres condiciones principales para la escogencia de la arena para el concreto son:

Composición y características estructurales de las partículas; limpieza y tamaño y graduación de las partículas.

ARENAS NATURALES .

Se ha definido la arena como el material granuloso, usualmente menor que un cuarto ($\frac{1}{4}$) de ^{mda.} de diámetro, que resulta de la desintegración natural ó artificial de las rocas.

Al determinar la conveniencia de las arenas naturales para su uso en el ^{concreto} concreto, hay gran número de factores que deben considerarse además de la graduación; los más importantes son:

Composición. - La composición mineral de una arena es de importancia porque determina las cualidades estructurales y por consiguiente la duración de sus partículas. Desde que la mayor parte de las arenas se obtienen de los lechos de los ríos, de las orillas del mar, y de los depósitos naturales, pueden tener la composición de la roca misma y fragmentos de ella. Los cuerpos orgánicos permanecen y frecuentemente se encuentran materiales carbonatados. En general, las arenas naturales están

36

Yalmi

compuestas de partículas redondas y desde que una de las funciones de ellas es hacer la mezcla del concreto manejable, las partículas redondas son ventajosas en este sentido, pero tienen la desventaja de disminuir la resistencia.

Solidez.-La duración de las partículas es muy importante al determinar la conveniencia de una arena para su uso en el concreto, sujeto a la dura acción del tiempo. Las partículas deben ser de tal calidad que puedan resistir humedad y sequía, hielos y deshielos, la acción del sulfato del suelo y de las aguas, el agua del mar y otros agentes destructores, tanto desde el punto de vista de la resistencia a los reactivos químicos, como para la quebrantadora influencia de la acción mecánica producida por la promoción de cristales de sal en los hormigueros. Los agregados silíceos y calcáreos resisten la dura acción del tiempo en grandes períodos. ↑

Investigaciones recientes en algunas localidades al norte de EE. UU. han mostrado que los pavimentos de concreto y otras estructuras expuestas al aire tenían hendiduras causadas por una expansión del agregado, que a la vez ha roto el concreto adyacente a él. Las partículas cercanas a la superficie produjeron grietas de mala apariencia. Las de peor /habían sido causadas por par-
/aspecto

→ *porovidad*
lo cual puede ser beneficioso para la elaboración del concreto al estudio del m...

* Reiterado →

tículas débiles del agregado, pero también había hendiduras en las partículas más vastas de la arena. Se ha observado en las pruebas a que se ha sometido el concreto sobre hielo y deshielo que las partículas de horsteno producen también algunas veces estas hendiduras.

Se ha observado también que la deterioración ocurre en las estructuras hidráulicas, al nivel del agua y parece que es debida a la intermitente humedad acompañada del hielo y el deshielo. ^{es de} El esquisto se dilata al mojarse y esta expansión es perjudicial al concreto donde quiera que la mezcla es muy pobre para resistir la presión interna desarrollada.

Hasta ahora no se conoce un método satisfactorio de prueba para averiguar la rigidez de los agregados.

Limpieza. - Otro factor importante que debe considerarse al determinar la conveniencia de la arena para concreto es la limpieza, esto es, que la arena debe estar libre de impurezas orgánicas, lodo, arcillas, esquistos, [↑] carbón, lignito, mica y de partículas débiles.

El lodo es particularmente perjudicial en las arenas para concreto, porque casi siempre tiene materias orgánicas, algunas veces en cantidad suficiente para re-

ducir la resistencia del ^{del concreto} concreto. La prueba colorimétrica se usa para determinar las impurezas orgánicas en las arenas. Las que dan un color muy subido en esta prueba deben examinarse para determinar la existencia del lignito, porque éste da un color muy fuerte al hidróxido de sodio, pero no afecta mucho la resistencia del concreto. Si hay partículas de lignito, en la arena, debe hacerse un análisis de la resistencia del mortero. Debido a la baja densidad del lignito, las partículas de éste tienden a agruparse cerca a la superficie y ser atacadas allí por los agentes atmosféricos, lo que viene a afectar el concreto. Cantidades excesivas de lignito pueden disminuir la duración del concreto, aunque su resistencia no se afecta apreciablemente.

Muchas especificaciones limitan la cantidad de lodo o arcilla en las arenas, que se usan para concreto, a un 3% por peso. Este es un límite muy moderado, pero eso se debe a que las arenas que tienen gran cantidad de lodos, generalmente contienen impurezas orgánicas, y aun cuando no tengan estas impurezas deben usarse con precaución cuando se desea superficies durables, resistentes al tiempo y al desgaste.

Las partículas de esquisto son muy malas en los pavimentos de concreto, y en concreto expuesto al agua y

al tiempo, por su poca resistencia al desgaste. F. C. Lang, de la Universidad de Minssota, inventó un método de determinar la cantidad de esquistos en el cascajo, el cual emplea el método de flotación en una solución de cloruro de zinc para separar los esquistos, y es posible que este método pueda usarse para las partículas más grandes de la arena.

Las partículas de carbón en la arena son convenientes porque se desmenuzan y son muy poco resistentes. La A.S.T.M. limita la cantidad de carbón en la arena para concreto a 1% por peso.

El efecto de la mica en las arenas para concreto depende, no sólo de la forma sino también de la cantidad en que entran en la mezcla. Pruebas hechas por el profesor D.A. Abrams mostraron que las escamas de mica, tal como existen en las arenas naturales, son más nocivas para la resistencia del mortero y el concreto que un peso semejante de mica pulverizada. La resistencia se reduce por la presencia de las escamas de mica en la arena. La mica en cantidades menores de 1% por peso no afecta la resistencia del concreto; 1% la reduce a 15%. A la vista 1% de mica parece una gran cantidad y muchas arenas que se consideran micáceas contienen menos de 1%. Otto Graf encontró que los morteros que contienen 6% de mica en escamas con relación al peso del

cemento, $1\frac{1}{2}\%$ del peso de la arena, dan solo 60% de la resistencia del mortero hecho con arena sin mica.

Es dificultoso determinar las cantidades de carbón, liguito, o mica en las arenas, y no hay métodos seguros para estas determinaciones. Hay un método de prueba para los dos primeros, que es el de flotación, en el cual se usa tetracloruro de carbono como reactivo. En las pruebas de Abrams, el porcentaje de mica se determina por comparación microscópica de varias arenas del mismo módulo de finura que contienen porcentajes conocidos de mica.

INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y GRADUACION DE LA
ARENA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO.

Resistencia-La graduación de la arena es muy importante al determinar las propiedades de la arena para concreto, y se han hecho muchas estudios tanto en EE. UU. como en Europa para determinar la influencia del tamaño y de la graduación de la arena sobre las propiedades del mortero y del concreto. R. Feret fué el primero que hizo investigaciones para descubrir la relación entre la resistencia y la composición volumétrica de los morteros. Su ley para la resistencia de los morteros publicada en el año de 1.897 es el primer enunciado de la relación

que existe entre los vacíos de la arena y la cantidad de cemento. Las investigaciones de Feret sobre los morteros fueron aplicadas por otros investigadores, especialmente, W.M.B. Fuller y S.E. Thompson, A.N. Talbot y F.E. Richart y R. W. Crum. Feret encontró que la variación en el tamaño y la graduación de las partículas de arena afectan la cantidad de agua de la mezcla requerida para producir la misma plasticidad en una mezcla dada y por consiguiente, tenía mucha influencia sobre los huecos de aire y de agua y sobre la resistencia del mortero resultante. Se obtuvo la graduación más ventajosa cuando la arena tenía aproximadamente dos partes de material vasto por una de material fino, incluyendo el cemento con la menor cantidad posible de granos de tamaño medio. Excepto, para las puzolanas, Feret encontró poca diferencia de resistencia en morteros hechos de arenas silíceas, calcáreas o dolomíticas.

Talbot y Richart, al extender el trabajo de Feret al diseño de mezclas de concreto, fijaron la influencia del mortero sobre la resistencia del concreto y las relaciones que existen entre la resistencia del concreto y los huecos en él. R.W. Crum aplicó los principios de Feret al diseño de las mezclas de concreto, en las cuales usó grava con gran porción de arena. Una consecuencia de los estudios sobre la graduación de los agregados, de Fuller y Thompson, fué el desarrollo de lo que

Fuller llamó la curva ideal de graduación para la mejor mezcla de arena y cascajo de un máximo tamaño dado.

Otto Graf, un investigador alemán, estudió también el efecto de la composición granulométrica de los morteros sobre las propiedades del concreto. El opinaba que la resistencia del concreto estaba determinada primeramente por la resistencia del mortero. Por consiguiente se empeñó en encontrar la graduación del mortero seco, arena y cemento, que dan la mayor resistencia al mortero. En una publicación da la siguiente composición del mortero seco, como la mejor combinación de tamaños para cualquier mezcla de concreto.

25%	que pesa por una abertura de 0.24 = 0 m.m.								
35%	"	"	"	diámetro de la abertura del cedeno	1,00				
65%	"	"	"	"	"	"	"	"	3,00
100%	"	"	"	"	"	"	"	"	7,00

Desde que esta graduación incluye la cantidad de cemento en el análisis de los tamices, se sigue que una mezcla pobre debe contener más partículas finas de arena que una mezcla rica donde una gran parte de las partículas finas las proporciona el cemento. En las últimas pruebas Graf informa que la mayor resistencia a la tensión y a la compresión como también el menor cambio de volumen y permeabilidad se obtienen cuando la compo-

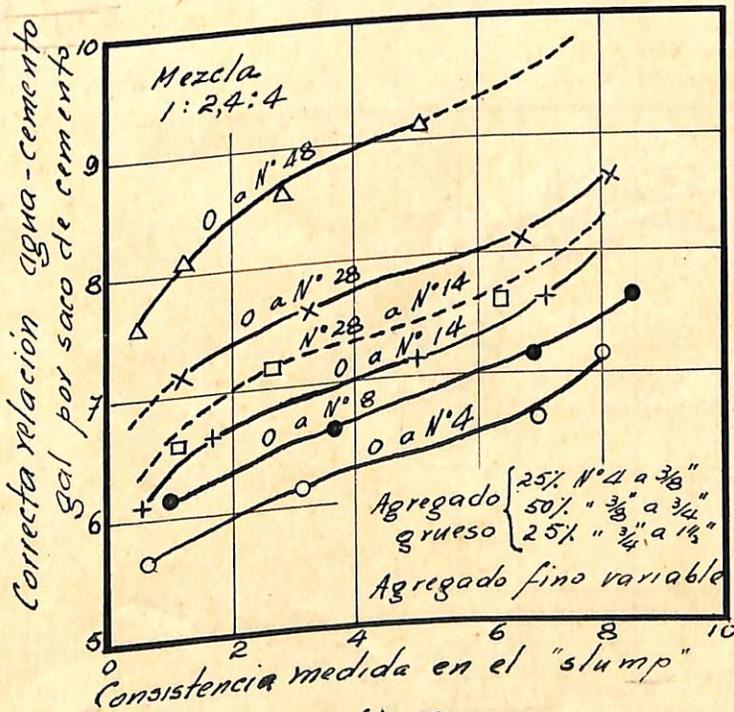
sición granulométrica de los morteros corresponde a la mejor curva de graduación. El recomienda que esta curva de graduación debe usarse solo como una guía general al seleccionar las arenas para el trabajo individual.

Los descubrimientos de los investigadores están de acuerdo con la ley de Abrams de la relación agua-cemento. Según esta ley, el tamaño y la graduación de la arena afectan la resistencia, la duración y otras propiedades, solo porque afectan la cantidad de agua requerida para una consistencia dada. Mientras más basta sea la arena, mayor es la resistencia del concreto para una mezcla dada y la consistencia debido al hecho de que se requiere menor cantidad de agua para agregarlo basto y arena bien graduada, que para arena fina o mal graduada. La arena fina, por consiguiente, disminuye la resistencia del concreto a causa de la mayor relación agua-cemento requerida. El efecto de la arena fina se compensa parcialmente porque la cantidad de ella puede reducirse una mezcla áspera. Sin embargo, desde que la disminución de la arena fina no compensa enteramente el aumento requerido de agua, el resultado final será una reducción en la resistencia.

Otro factor que reduce la resistencia del concreto hecho con arena fina es el de una abertura muy grande en la graduación entre este y el cascajo. Las pruebas

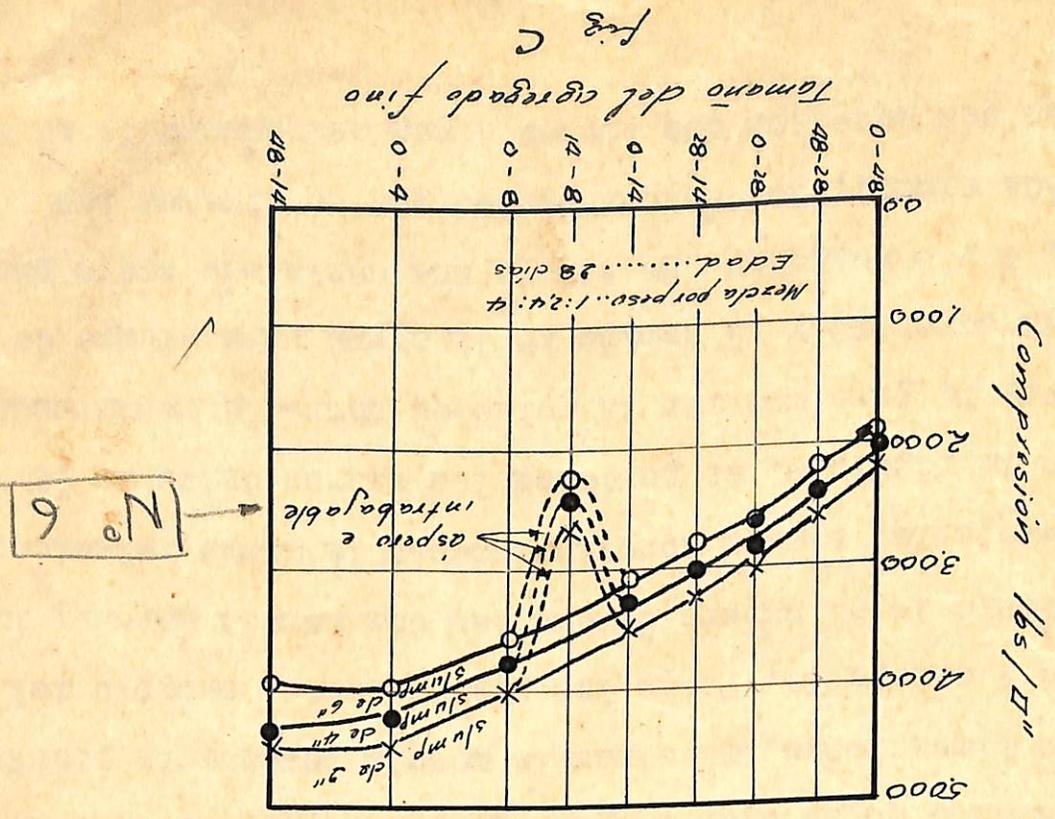
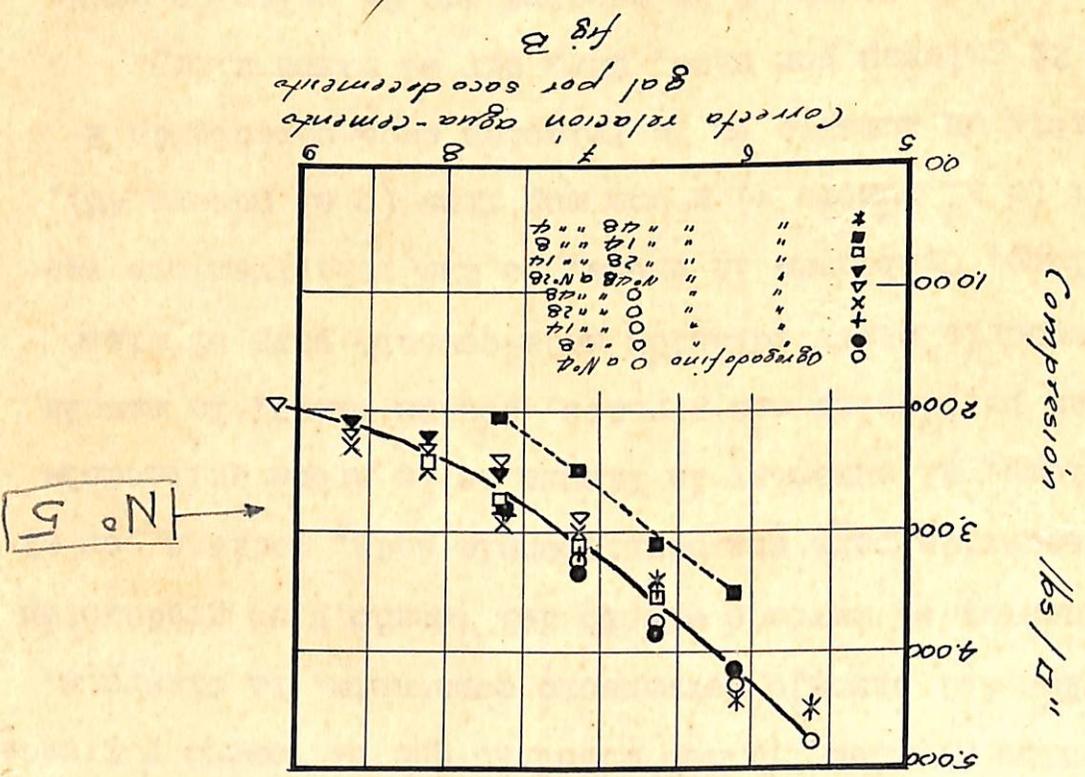
han mostrado que mientras más grande sea esta abertura menor será la resistencia para las proporciones dadas. Por consiguiente, la mejor graduación de los agregados es aquella en la cual se hallan representados todos los tamaños de la arena muy fina hasta la máxima dimensión de las partículas de cascajo.

Los resultados de pruebas recientes en el laboratorio de investigaciones de la Asociación de Cemento Portland, Chicago, mostradas en las figuras A. B. C.



← N° 4

fig a



En estas pruebas se usaron proporciones fijas por peso; el tamaño y la graduación de la arena se varió entre grandes límites mientras que el tamaño y graduación del cascajo permaneció constante. La figura A. muestra el marcado efecto del tamaño y su graduación requerida para una consistencia dada, medidas por el Slump. Al aumentar la finura de la arena quitándole las partículas más grandes, con un tamiz, la mezcla requería mayor relación agua-cemento para el mismo slump. Cambiando la arena, de una relativamente vasta (o al número 4) a una muy fina (o al número 48), había un aumento en la relación agua-cemento de 2 a 2½ galones por saco, para dar el mismo slump.

En la figura B se muestra que la relación agua-cemento no se afecta apreciablemente por los cambios de dimensiones, mientras la mezcla permanecía plástica y manejable. Todas las graduaciones, excepto del número 14 al número 8, que dan una mezcla áspera, inmanejable, siguen aproximadamente la misma relación. En la figura C. se pusieron los mismos datos de la figura B. para mostrar la relación entre la resistencia del concreto y el tamaño de la arena para slumps de 2, 4 y 6 pulgadas. se obtuvo una curva más suave para cada slump,; los únicos puntos que no siguen las curvas son aquellos que tienen arena del número 14 al nú-

mero 8. La figura C muestra que para proporciones y slump fijo un aumento en el tamaño y graduación de la arena puede aumentar la resistencia del concreto más de ~~diez~~ ^{diez} por ciento. Así el tamaño y la graduación de la arena son factores muy importantes y de mucha influencia en la economía de las mezclas.

→ Permeabilidad.-El tamaño y la graduación de la arena tienen mucha influencia sobre la permeabilidad, duración y otras propiedades del concreto, como también sobre la ^{directa} resistencia. La calidad del mortero y el concreto se fijan por la calidad de la pasta de cemento, y las graduaciones de arena que sean plásticas y trabajables con la pasta más seca, es decir mínima relación de agua-cemento, serán el mejor mortero o concreto. En lo que se refiere a la permeabilidad esto ha sido demostrado por los experimentos de Otto Graf, y de Gustavo Merkle. Graf encontró que la graduación del mortero que produce mayor resistencia también produce mayor impermeabilidad. Informa que → las arenas que resultan al tamizar la piedra machada con la misma cantidad de cemento da un ^{concreto} mortero más permeable que las arenas glaciales o las de río. Merkle dice que: → La permeabilidad del ^{concreto} concreto, como también su resistencia depende principalmente de la relación agua-cemento. La clase de agregado es de poca impor-

tancia en la condición de que se use la misma relación agua-cemento, el contenido de arena debe regularse de tal manera que el cascajo esté bien rodeado por el mortero. De importancia, aunque en menor grado, es una buena graduación de la arena que tenga una cierta cantidad de polvos. Además, los resultados de estos experimentos no confirman opinión de que las partículas de polvo cuando se usan en exceso son convenientes, para rellenar los huecos y disminuyen la permeabilidad. Cuando se usa en exceso varias veces aumentan no solamente la permeabilidad del concreto debido a la mezcla más pobre, sino que aumentan también el agua requerida para obtener una consistencia definida, y consecuentemente tienen una influencia desfavorable sobre la relación agua-cemento. En general dice que la composición que requiere menos agua puede considerarse como lo más conveniente con la condición de que el contenido de arena no debe reducirse demasiado. En lo que se refiere a la impermeabilidad del concreto hecho de grava es preferible el concreto de material quebrado. La misma cantidad de agua que se necesita para una consistencia plástica con el concreto de piedra machada, es suficiente para producir una mezcla fluida de concreto o de grava de la misma posición granulométrica.

LABOREO

Es difícil establecer reglas para la graduación de la arena sin conocer la graduación del cascajo con el cual va a usarse. Frecuentemente las arenas tienen relativamente poca cantidad de material entre los tamices número 4 y número 14. Esto producirá un agregado bien graduado cuando se combina con arena vasta que tiene material más pequeño que el tamiz número 4. Cuando se usa arena que tiene gran porcentaje de material grande, es necesario que el cascajo tenga poco o nada del material del tamaño de las máximas partículas de arena, de otro modo resultará el concreto granoso.

Para dar suavidad y laborabilidad al concreto es necesario que la arena tenga suficiente cantidad de granos pequeños. Cuando le faltan estos granos, es decir el material que pasa por el tamiz número 50 ó por el número 28 aumentando el porcentaje de arena (el método común de obtener un concreto más trabajable) no producirá una laborabilidad real, ni evita la segregación sino en mezclas ricas. Los mínimos porcentajes de arena que pasan por el tamiz # 50 recomendados por varias organizaciones son:

1.924 Informe del Joint Committee sobre concreto y concreto reforzado.....10%

U. S. Master Specification No 4645%

19 State Highway desertaments5%

A.S. of T.M. Specifications C33-28T.....2%

La finura en la arena no debe confundirse con el lodo ú otras impurezas, que no son deseables.

En trabajos comerciales es necesario hacer el mejor uso de los materiales útiles, de tal manera que la graduación debe restringirse solo para prevenir las condiciones extremas. En el método de diseñar mezclas de concreto, estas limitaciones son más amplias que en el viejo sistema de la graduación de los agregados. En algunos casos puede ser económico usar arena mal graduada, al menos conveniente, supliendo la deficiencia en la graduación aumento en la cantidad de cemento.

ESPECIFICACIONES PARA LA ARENA.

La mayor parte de las especificaciones para arena tienen cláusulas generales en lo que se refiere a la pureza y duración de las partículas; también ciertas restricciones sobre la graduación, cantidad de impurezas y, a veces resistencia mínima de los morteros. Los cuadros siguientes dan las cláusulas más comunes con varias de las especificaciones más usadas.

Se notará que hay una tendencia a permitir graduaciones más amplias, con la excepción de la finura para asegurar el laboreo. Puede usarse una arena que no tenga granos finos, si se ^{corrige} consigue esa deficiencia agregándole arena fina de otra fuente.

Las tolerancias en la graduación son posibles a causa del abandono del sistema de mezclas fijas. Algunas veces hay una cláusula en las especificaciones que permite el uso de agregados que no están de acuerdo con las especificaciones, con tal de que se obtenga resistencias equivalentes en el concreto.

Las pruebas colorimétrica y de sedimentación dan la calidad satisfactoria, en lo que se refiere a la limpieza con el requerimiento de la resistencia como chequeo. La tendencia reciente de limitar la cantidad total de impurezas, cualesquiera que ellas sean. En algunas ciudades se han adoptado especificaciones generales que tienen en cuenta las condiciones locales. Tales especificaciones son

útiles para evitar confusión de requisitos y para reducir el número de las existencias de diferentes tamaños al mínimo. Es obvio que los requisitos especiales aumentan el costo de producción.

ESPECIFICACIONES PARA LA ARENA.

Requisitos de algunas asociaciones para la arena usada en concreto. -

Item.	Especific. del Joint Committee 1.924	Especific de la A. S. T. M.	Especific del Instituto America- no de Con- creto.	Especific. del U.S. Master No 464.	Especific. de los Dptos de ca- rreteras de los Estados (a).-
-------	--------------------------------------	-----------------------------	--	------------------------------------	--

ESPECIFICACIONES SOBRE LA GRADUACION

Máximo tamaño del tamiz	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Tamiz $\frac{1}{4}$	
Porcentaje que pasa por el tamiz	85 a 100	85 a 100	85 a 100	95 a 100	(47)
Porcentaje que pasa por el tamiz # 16	--	45 a 80	45 a 80	--	(37)
Porcentaje que pasa por el # 50	Max. 30 Min. 10	30 2	30 2	30 5	5 ó más (19) (39)
Porcentaje que pasa por el Nº100	Max. --	5	5	8	(44)

Nº 8

IMPUREZAS.

Iodos, máximun % por peso	3	3	3	3	(45)
Esquistos " " " "	--	1	1	--	(2)
Carbon " " " "	--	1	1	--	(1)
Arcilla en terrones, máximun % por peso	--	1	1	--	-
Suma de los items anteriores	--	5	5	--	-
Prueba colorimétrica; nunca mas oscura que la solución normal	si	si	si	si	(28)

RESISTENCIA

Resistencia de los morteros, briquetas o cilindros compa- rados con la arena normal de Ottawa, porcentaje	100	100	---	---	(48) (100(39))
Resistencia del concreto, porcentaje	---	---	100	---	12

(a) Los números que están entre paréntesis indican el número de departamentos de carreteras de los estados que tienen alguna exigencia especial en sus especificaciones para el item dado.

C A P I T U L O II

APARATOS

Hay que poner mucha atención en el pedido de los aparatos usados para el análisis de arena y el analizador debe cerciorarse de que estén perfectamente de acuerdo con las medidas estándar y que su calibramiento sea lo más perfecto posible. Debe tenerse presente que un aparato mal calibrado es una fuente abundantísima de errores.

Describiremos los aparatos y utensilios que comunmente se usan en el análisis de las arenas.

a) - FRASCOS DE BOLAS GRADUADOS - Este frasco se compo-

ne de tres partes principales: una esférica a de una capacidad de 200 c.c. separada de otra parte también esférica b por un cuello en donde está la marca 200 c.c.; la parte b tiene una capacidad de unos 175 centímetros cúbicos y termina en una tercera c que es el cuello del frasco y que tiene la graduación de 375 c.c. a 450 c.c.; es-

te cuello tiene la escala graduada en c.c. y un diámetro $\frac{3}{4}$ de pulgada.

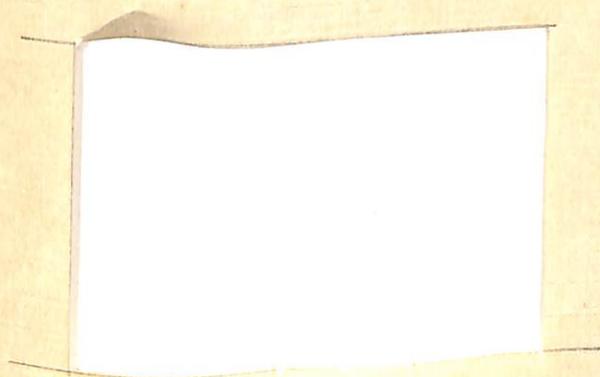
En un laboratorio debe haber por lo menos tres frascos de bola, dos para hacer ensayos paralelos y uno de repuesto. Debe mantenerse resguardados del polvo y cambios de temperatura. Una vez usados se lavan cuidadosamente y se colocan con el cuello hacia abajo en un estante de madera hecho especialmente para que queden en tal posición.

Deben pesarse muy cuidadosamente y anotar este dato en un punto visible, pues el dato del peso entra con suma frecuencia en los experimentos como se verá mas adelante.

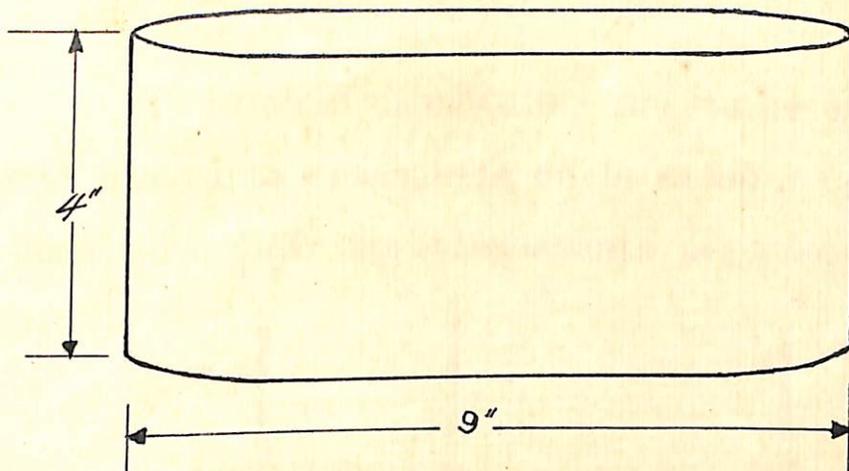
b) FRASCO PARA IMPUREZAS ORGANICAS - Este frasco

debe ser de vidrio perfectamente transparente y graduado en onzas hasta 12. Debe tener especialmente marcadas las divisiones $4\frac{1}{2}$ onzas y 12 onzas.

Debe tener una tapa que se adapte perfectamente al cuello y que no deje salir las soluciones al agitarlo fuertemente. Se necesitan por lo menos tres de estos frascos en el laboratorio; dos para hacer análisis paralelos y uno de repuesto.



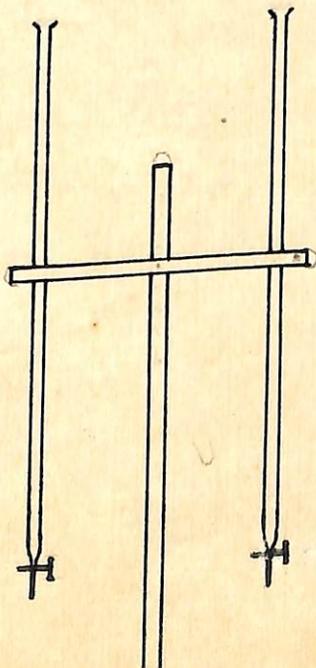
Nº 10



Nº 11

c) VASIJA PARA DECANTACION - Esta es una vasija de metal o de vidrio que tiene las siguientes dimensiones: 9" de diámetro (230 m.m) y no menos de 4" (102 m.m) de profundidad. Debe tener un agitador de arenas que puede ser una varilla de vidrio o de metal con la punta redondeada, es decir sin aristas.

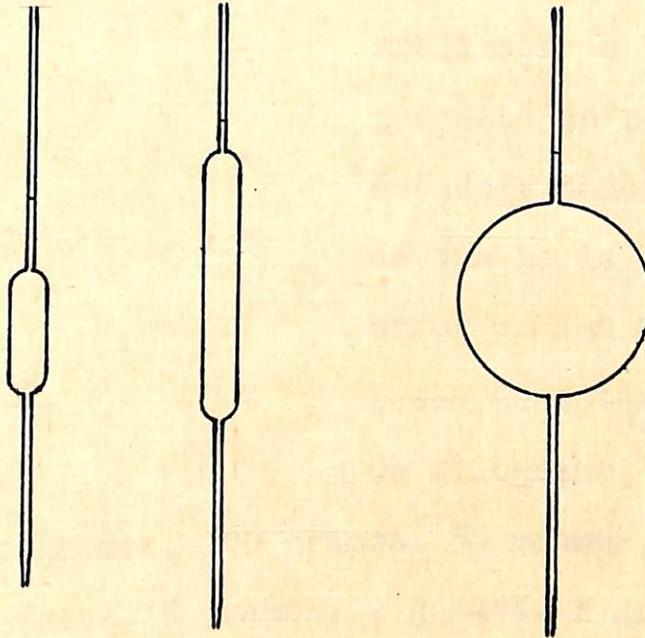
d) BURETAS GRADUADAS - Son de vidrio de muy buena calidad y graduadas de cero a cincuenta centímetros cúbicos. Deben colocarse en un aparato especial de madera para manejarlas facimente, tal como se usan en los laboratorios de química. Hay que tener sumo cuidado con ellas y lavarlas frecuentemente. Una vez usadas se lavan en agua pura y esta



Nº 12

operación debe hacerse por lo menos dos veces con agua destilada antes de ser empleadas. En seguida se deja el obturador abierto hasta que escurra el agua y quede la proveta perfectamente seca.

e) PIPETAS GRADUADAS - Son tubos de vidrio que tienen una parte ensanchada en la mitad y casi esférica. Se usan para medir aproximadamente pequeños volúmenes de agua.



Las hay de cinco c.c. hasta 500 c.c. Se puede usar también para extraer el agua excedente de los frascos en el análisis de inundación.

f) BALANZAS - Se usan tres clases:

1-Balanza de precisión.

Esta balanza aproxima hasta décimos de gramo. Debe mantenerse cuidadosamente guardada dentro de un cajón de vidrio o de madera y vidrio. Durante las pesadas debe estar en

BALANZA DE
PRECISION -

N° 14

CAJA DE
PESAS

Nº 15

un lugar en que no reciba la menor corriente de aire y antes de usarla debe el analizador cerciorarse de que está en perfecto buen estado y tener la seguridad de que no le va a producir error en las pesadas. Las pesas de estas balanzas son:

un kilogramo, 500 gramos, 200 gramos, 100 gramos, 100 gramos, 50 gramos, 20 gramos, 10 gramos, 10 gramos, 5 gramos, 2 gramos, 2 gramos, 1 gramo, 0.5 gramos, 0.2 gramos, 0.2 gramos, 0.1 gramo.

Las pesas deben colocarse siempre en el platillo de la derecha y para quitarlas o ponerlas debe clamparse las balanzas o hacerlo cuidadosamente para evitar choques bruscos que la perjudican y la desajustan. Se usan pinzas para manejar las pesas de décimo de gramo.

Por demás está decir que debe mantenerse esta balanza resguardada del polvo de la humedad y de los gases, humos y vapores de laboratorio. En ella no debe pesarse más de un kilogramo.

2 Balanza mediana - En esta balanza se pesan hasta cinco kilogramos y se aproxima hasta medio gramo. Debe ser

de sistema de platillos li-
bres para colocar en ellos
vasijas y volúmenes más o
menos grandes.

Da muy buen resultado la mar-
ca: Henry Troemnes modelo
272 B (Filadelfia). Las pe-
sas son de: 5 kilogramos a
2 kilogramos, dos kilogra-
mos; un kilogramo, 500 gra-
mos, 200 gramos, 200 gramos,
100 gramos, 50 gramos, 20
gramos, 10 gramos, 5 gramos,
2 gramos, 2 gramos, 1 gramo.

3) Balanza para grandes pesadas. -Esta balanza pesa
hasta 50 kilogramos y aproxima hasta 5 gramos. Debe tener
los platillos grandes y libres de estorbo para colocar volú-
menes grandes.

Debe calibrarse con frecuen-
cia y evitarle golpes fuertes.
Se usa la marca: "Bailly"
(París). Tiene tres patas con
sus respectivos tornillos ni-
veladores y un aditamento es-
pecial en el fien para cali-
brarlas. No debe dejarse nun-
ca con pesas.

BALANZA PARA
GRANDES PESADAS

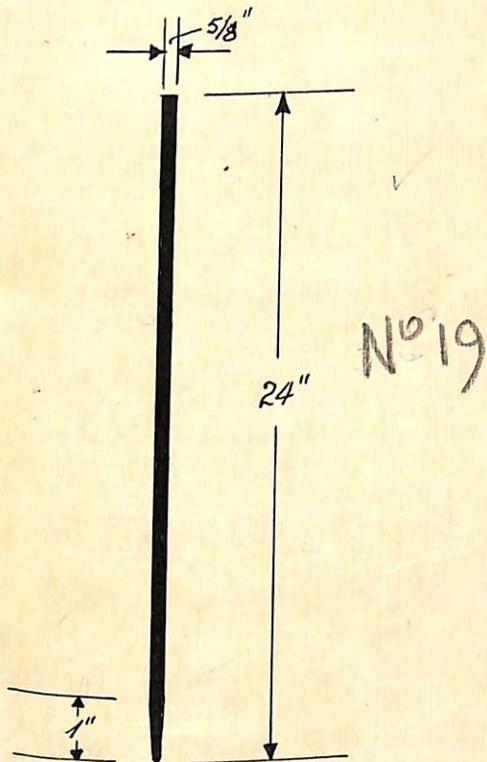
Nº 17

Nº 16

verticales para evitar salidas de agua.

Capacidad un décimo a un pié cúbico según el diámetro del agregado que se analice.

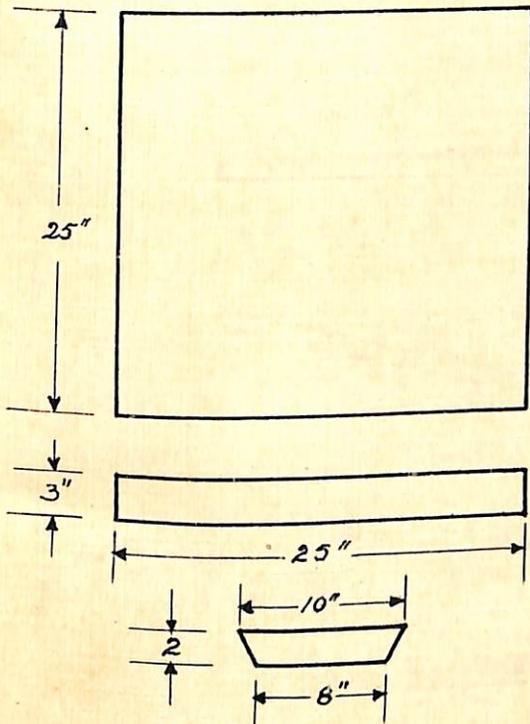
CAPACIDAD PIES	DIAM. INT.	DIAM. INT.	TAMANO MIN. V.S.6	DIAM. MAX de las partículas del agregado.
Un décimo	6"	6.10"	# 11	$\frac{1}{2}$
Un medio	10"	11.000"	# 8	$1\frac{1}{2}$
Un pié c.	14"	11.23"	# 5	$1\frac{1}{2}$



Para mayor seguridad debe calibrarse la vasija antes de usarla así: se pesa vacía, luego se llena de agua a 16.7 c. hasta los bordes, se pesa de nuevo y la diferencia de pesadas dará la cantidad de agua que la llena. El factor para cualquier medida se obtendrá dividiendo el peso unitario del agua a 16.7 c. por el peso de agua a 16.7 c. requerido para llenar la vasija.

h) VARILLA PARA APISONAR - Deben ser de metal (hierro o acero) de 5 octavos de pulgada de diámetro y 24 pulgadas de longitud. En uno de los extremos debe terminar en forma de punta redondeada; esta punta debe tener una pulgada de longitud. Es muy conveniente marcar en ella una dimensión igual a un tercio de la altura de la vasija descrita en el

numeral anterior; esta dimensión se mide de la punta aguzada y la marca debe quedar bien clara. Se hace esto con el objeto de que al apisonar una capa del agregado, la varilla no alcance a tocar la capa inferior que ya está apisonada^{da}. (Véase peso unitario).



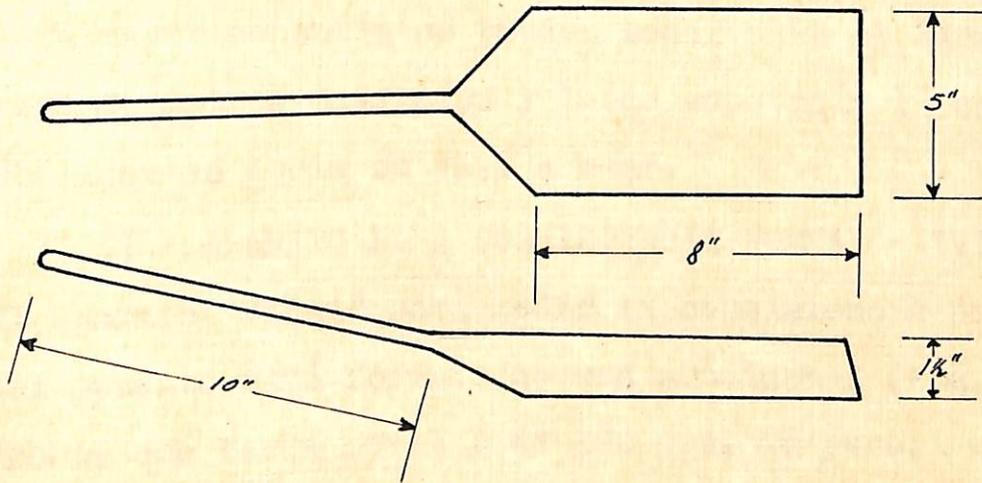
i) LÁTAS - Se usan por lo menos tres latas de 25" x 25" x 3" (63½ x 63½ x 7½ Cm); de metal fuerte y espesa -1/16-1/8". A los bordes debe hacerseles un pequeño enrollamiento para darles mayor fortaleza y evitar rupturas por golpes -deben tener orejas o agarraderas- Se usan para secar arena.

Latas pequeñas - Se usan dos de forma circular de 8" (20 Cm) de diámetro interior en la base, de 10" (25 Cm) Diam. Sup. y de 2" (500) de altura. Se usan para secar los residuos de la decantación y para secar arena cuando no se necesitan grandes cantidades.

j) ESPATULA - Se necesitan por lo menos dos de 10" (25 Cm) de largo por 1" (2½") de ancho para revolver la arena en las latas pequeñas y para otro uso.

Palustres - dos de las dimensiones comunes; se usan para revolver la arena en latas grandes.

- PALA GARIANCHA - Es muy útil una de 8 x 5 (20 x 12½ Cm) de cuchara y 10" (25 Cm) de mango. La cuchara debe ser doblada en la parte ^{posterior} anterior y en los lados para que la arena no se salga. Estas dobladuras por tres lados deben tener una altura de 1½".



k) - TAMICES - Para arenas se usan generalmente seis cuyas dimensiones y características anotaremos en seguida.

del Tamiz -	Abertura del tamiz		Diámetro del alambre		Tolerancia por ciento.			
	m.m.	Pulg.	m.m.	Pulg.	!Aber!tura!	!Diámetro! del alam-!bre.	!Abertura! máxima.	
					! ±	Mas	Menos	
.100 (149 M)	0.149	0.0059	0.102	0.0040	± 6	de 15	de 35	40
50 (297 ")	0.299	0.0117	0.188	0.0074	± 6	15	35	40
30 (590 ")	0.59	0;0232	0.33	0.0130	± 5	15	30	25
16 (1190")	1.19	0.0469	0.54	0.0213	± 3	15	30	10
8 (2380")	2.38	0.0937	0.84	0.0331	± 3	15	30	10
4 (4760")	4.76	0.187	1.27	0.050	± 3	15	30	10

Nº 22

Los tamices deben limpiarse con un cepillo y no debe darseles golpes fuertes ni tratar de hacer pasar la arena estregándola con la mano.

Tamiz para decantación - Este tamiz es de No. 200. Para mayor economía se pueden pedir para el laboratorio algunos metros cuadrados y luego construir la caja en el lugar en donde se vaya a usar.

1) - APARATO PARA CONSISTENCIA NORMAL - "VICAT"

El aparato "Vicat" para medir la consistencia normal del cemento está formado de una armadura A (Fig.) que soporta una barra móvil B de 300 grs. de peso; -un extre-

mo, el superior, de esta barra tiene un Cm. de diámetro en una longitud de 6 Cm.; en el otro extremo, el inferior, tiene una aguja D de 1 mm. de diámetro y 6 Cm. de longitud- La barra B es reversible en su movimiento y puede ser sostenida en una

Nº 23

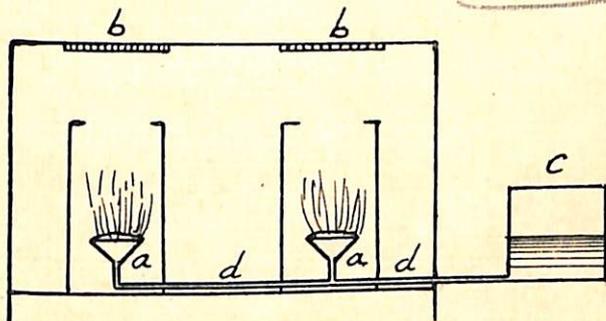
posición cualquiera por medio del tornillo E. En la parte media hay una marca F que se mueve a lo largo de una escala graduada en milímetros y que está fija a la armadura A. La pasta de cemento se coloca en un anillo camis G el cual va sobre un vidrio plano cuadrado de 10 cm. de lado. El anillo debe ser de un material no conocible, ni absorbente y debe tener un diámetro de siete cm. en la base; 6 en la parte superior y una altura de 4 cm.

Dimensiones del aparato "Vicat"

Peso de la barra B	----	300 gm	0.661 lb.	----	0.5 gs.	8	gs.
Diam. del extremo sup.		1 cm.	0.394 "	----	0.02 mm.	0.001	" "
" de la aguja	----	1 mm.	0.039 "	----	0.01 mm.	0.0005	" "
" int. del anillo Part inf.		7 cm.	2.75 "	----	3	mm.	0.12 " "
" " " " " sup.		6 cm.	2.36 "	----	3	mm.	0.02 " "
Altura del anillo		4 cm.	1.57 "	----	0.5	mm.	0.02 " "

m) - ESTUFA - La estufa sirve para secar rápidamente las arenas. En esencia está formada por una o dos lámparas de petróleo a a que al prenderlas calientan las parrillas b b - c es el depósito de petróleo que está comunicado con las lámparas a a por medio del tubo abastecedor d d. Este depósito c debe mantenerse provisionado de petróleo pues si llega a faltar se quemarían las mechas de a a. Sobre las parrillas se colocan las latas secadoras con la arena. Antes de

Nº 24



usarla debe graduarse la temperatura de modo que jamás suba esta en las latas a más de 110 C. Debe limpiarse cuidadosamente después de ser usada.

n) - MAQUINARIA PARA ENSAYAR LA COMPRESION - No entraremos a detallar las distintas piezas de esta im-

portante máquina por no ser este el lugar apropiado para ello. Solo daremos una descripción general: consta de tres partes principales: a) - Los engranajes amarrados por medio de un motor eléctrico y por medio de los cuales se mueve un tornillo que es el que sube o baja la pieza que comprime el bloque que analiza. Estos engranajes están dispuestos de tal

Nº 25

modo que se le puede imprimir al tornillo cuatro velocidades: rápido, menos rápido, lento y muy lento. Se maneja por medio de una palanca que hace las combinaciones que se deseen. Los movimientos son reversibles.

b) - Las superficies de compresión son dos: 1) La inferior. Se apoya en un mecanismo que hace subir la palanca graduada a medida que se comprime el bloque; en ella se coloca el cilindro que se va a analizar; debe estar perfectamente horizontal y tiene marcados círculos concéntricos que indican el punto en donde se deben poner los cilindros. 2) La superior: Esta es móvil y está accionada por el tornillo de que se habló atrás. El movimiento es vertical y la plancha que comprime se puede quitar o poner en la máquina según se desee.

c) La Plancha graduada: Esta es una plancha que sostiene un peso móvil a lo largo de ella. Está graduada de 0 a 10.000 kilogramos, debe mantenerse en todo momento horizontal, para lo cual hay una marca en el extremo libre. A medida que el bloque se va comprimiendo la palanca tratará de desequilibrarse, pero el operador evitará esto moviendo el peso a lo largo de ella hacia el extremo; eso se consigue por medio de un tornillo accionado por una manivela. Cuando el bloque se revienta o aplasta, la palanca cae sobre un soporte que tiene para el efecto; el peso no avanza más y entonces se lee di-

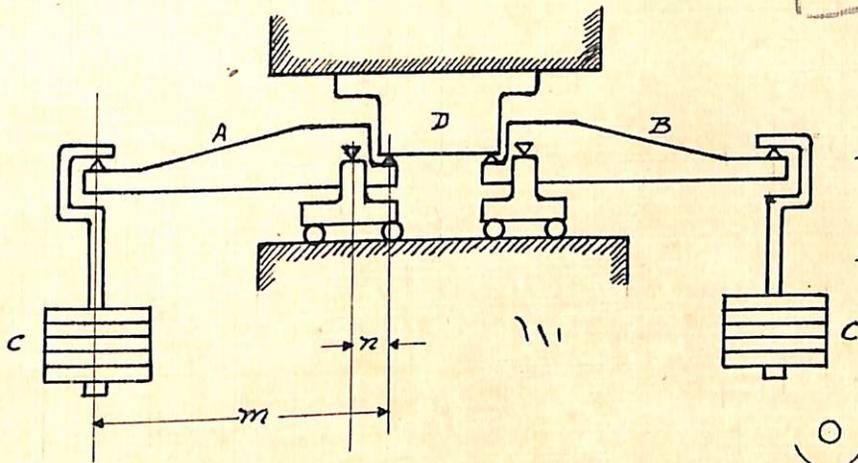
rectamente la cantidad de Kgs. que hubo que aplicarle al bloque para que este se aplastase.

Una máquina de distintos tamaños y marcas. La que usamos en nuestros ensayos es de 10.000 Kgs. de capacidad. Estas máquinas deben calibrarse antes de ser usadas; lo cual se hace así: se colocan pesos conocidos sobre la plancha inferior, es decir en aquella en que se coloca el cilindro para analizar. Estos pesos deben ponerse poco a poco y deben estar bien equilibrados de modo que la presión se reparta uniforme sobre la plancha; puede usarse para esto ladrillos que se van pesando previamente. Cuando se complete 10.000 kgs., el peso móvil debe estar en el extremo de la plancha en la marca 10.000 Kgs. Si esto no sucede se anotará lo marcado y se buscará el porcentaje de error positivo o negativo según el caso, para después aumentarlo o disminuirlo de la cifra leída en cada uno de los ensayos de compresión.

Hay otro método sencillo para calibrar y es el siguiente: entre las placas compresoras se colocan las palancas A y B descritas en la figura. Estas palancas estarán colocadas simétricamente; por un extremo se apoyarán sobre el bloque que será comprimido por la plancha inferior; en el otro extremo se colocarán pesos standard C C. La presión transmitida a D por C C estará en la relación $\frac{m}{n}$. Generalmente se tienen pesos para hacer cuatro ensayos: 10, 20,

50 y 100 % de la máxima capacidad de la máquina.

Nº 26



o) - MAQUINA PARA ENSAYAR LA TENSION - **A** es un recipiente lleno hasta cierta altura de pequeñas esferas de plomo; está suspendido del extremo una palanca B que tiene su punto de apoyo en **e**; del punto **c** está-suspendida una barra **c g** que se une en **g a** otra palanca **g f** con punto de apoyo en **f**; de **d** se suspende otra barra que sostiene la agarradera **k** de la briquea D. El aparato funciona así: se coloca la briquea dentro de las dos agarraderas **k** y **l**,

la palanca B se equilibra echando municiones en A hasta que la marca **m** quede en su punto; en este estado se abre

Nº 27

el orificio n y empiezan a caer la municiones de A a la balanza K que las pesa; al disminuir el peso de A la balanza tratará de desequilibrarse y el punto c tratará de subir y de tirar la barrita c g y esta por medio de la palanca g f tensionará la barra d k y por tanto la briqueta D hasta que llegue un punto en que esta briqueta se reviente por exceso de tensión. En este momento la palanca K H con punto de apoyo en i hará que la curva h al subir empuje la barrita i en dirección de la flecha, esta barrita cerrará así repentinamente el orificio n y se suspenderá la salida de municiones. La balanza K dará el Paso de las municiones que han salido de A y este peso relacionado con los distintos brazos de las diferentes palancas dará el esfuerzo que fue necesario para reventar la briqueta D.

p) - MOLDES PARA LOS CILINDROS - Deben ser de la

forma y dimensiones anotados en la figura y de un material no absorbente; el espesor debe ser tal que no sufra deformaciones durante la llenada. No debe variar de diámetro más de 1/16 de pulgada ni de altura en más de 1/16 de pulgada. Deben ser estos mol-

Nº 29

meables, pues la salida o pérdida de agua durante los ensayos sería perjudicialísima.

Cada molde debe estar provisto de una plancha de material no absorbente para colocarlo al ir a llenarlo. Esta plancha debe ser completamente plana para evitar salidas de agua; se usan de metal o de vidrio. Si es posible se provee de otra plancha como la anterior para colocarla en la parte superior del cilindro.

Generalmente se usan piezas que tienen varias formaletas en serie (3 o 4). Antes de usarlas se les echa en las paredes interiores aceite mineral.

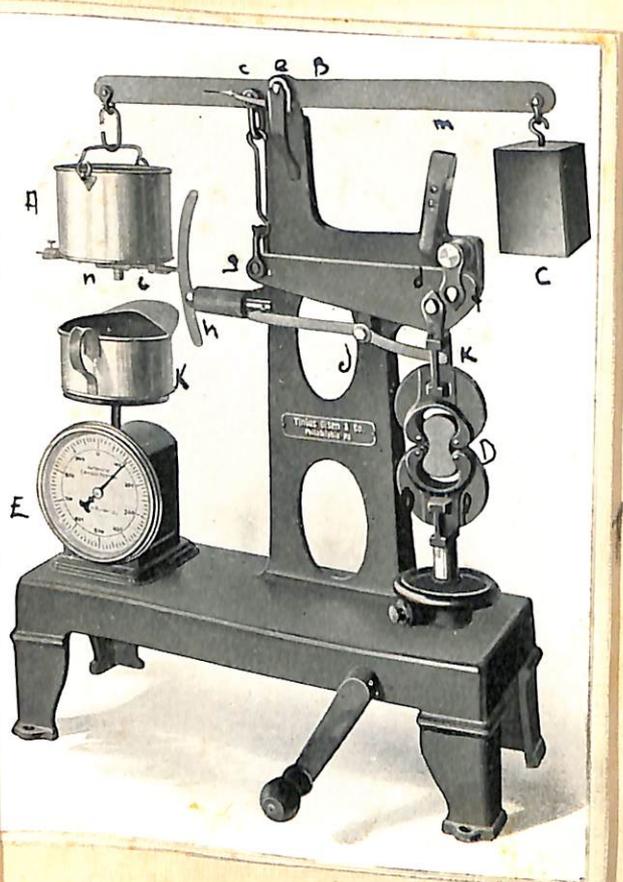
No 30
↓

q) - MOLDES PARA LAS BRIQUETAS - La forma y dimensiones

están dadas en la figura. Deben ser de material no absorbente, ni corrosible; deben tener el suficiente espesor para evitar deformaciones; generalmente se usan piezas que tienen varias formaletas en serie como lo indica la figura (3 o 4).

Antes de usarlas deben lubricarse interiormente con aceite mineral.

Deben conservarse limpias de polvo



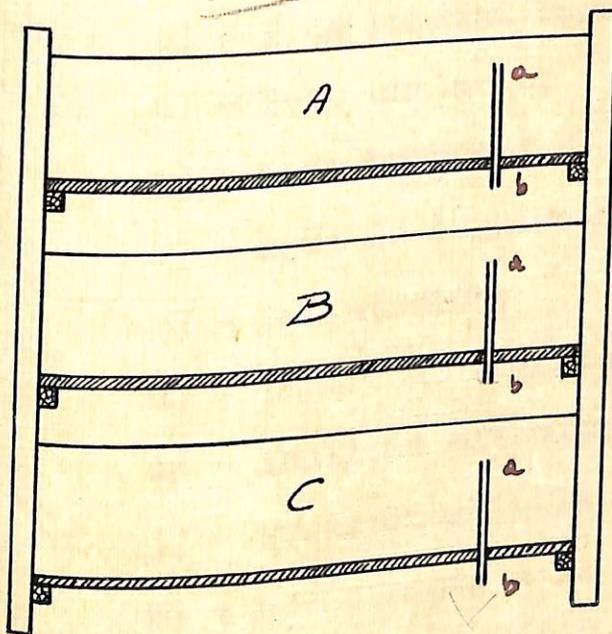
r) - NEVERA - Se usan las neveras comunes, para guardar

durante veinticuatro horas las formaletas de los cilindros y las briquetas una vez llenas de la pasta. El objeto de las neveras es impedir los cambios de temperatura y el mantener el ambiente húmedo dentro de ellas. Son cajones grandes recubiertos en

— Suprimido —

la parte interior de materiales malos conductores del calor. Tiene una puerta que la cierra herméticamente; está dividida en varios compartimientos para poder colocar mayor número de formaletas. Debe abrirse sólo para introducir o sacar las formaletas y debe tenerse cuidado de que quede bien cerrada. Se intruducen en ella trapos empapados en agua para que aseguren su ambiente húmedo.

s) - TANQUES DE AGUA - Son de madera de las dimensiones y forma indicados en la figura. Para mayor comodidad se ponen escalonados. Se usan para introducir en ellos las briquetas y los cilindros una vez sacados de las formaletas. Se les pone los tubos a y b para no tener que usar varias llaves de agua; así el tanque A al llenarse de agua que le viene de la llave D rebosa y empieza el agua a pasar por el tubo a b al



tanque B; lo mismo pasa del B al C. Debe usarse agua pura y que carezca de ácido o alcalis que puedan dañar o corroer los cilindros o las briquetas. El superior no debe quedar demasiado alto para mayor comodidad. Deben lavarse y limpiarse con frecuencia.

En vez de madera puede usarse zinc siempre que las uniones en las esquinas sean soldadas o perfectamente ajustadas para impedir salidas de agua.

ENSAYOS

Una vez descritos los aparatos usados en el laboratorio, entraremos a describir detalladamente los distintos ensayos que se le hacen a cada una de arenas, son:

- a) - Peso específico aparente;
- b) - % de huecos en la arena inundada;
- c) - % de humedad superficial;
- d) - Peso unitario;
- e) - % de huecos;
- f) - Agua de inundación;
- g) - Decantación;
- h) - Impurezas orgánicas;
- i) - Análisis granulométrico;
- j) - Resistencia a la compresión;
- k) - Resistencia a la tensión.

Hemos tenido especial cuidado en hacer cada uno de estos experimentos del modo más exacto posible; generalmente hemos hecho cuatro experimentos paralelos con excepción de los de tensión y compresión de los cuales se hicieron más para cada arena y de aquellos en que hay que usar los frascos graduados; de esto solo se hicieron dos o tres para ca-

da arena debido a que no se disponía sino de tres frascos.

Estos ensayos se hacen generalmente en los laboratorios al mismo tiempo, es decir, varias veces el mismo para cada arena con el objeto de tener las mismas condiciones exteriores de: temperatura, humedad del aire, estado de los aparatos etc., etc.

Para cada uno de los ensayos, como se verá, hay un error admisible, que no depende de la voluntad del operador y que por lo tanto es tolerable; pero cuando se encuentra una diferencia considerable entre varios ensayos, es indispensable desechar aquellos cuya diferencia con el promedio es mayor que la admitida; nosotros hemos aplicado rigurosamente para el buen resultado esta regla en nuestros trabajos.

Cantidad de arena.-Para hacer el análisis completo de una arena son indispensables por lo menos cincuenta kilogramos, pero nosotros hicimos traer al laboratorio cien kilogramos de cada uno, con el objeto de dejar en la escuela muestras de cada uno y además para cualquier rectificación que hubiere de hacerse, Esta cantidad es muy apropiada como después podremos observar.

Muestras - Al escoger las muestras de una arena in situ, hay que tener presente lo siguiente: la muestra debe ser el verdadero representativo del total de la arena y por lo tanto debe evitarse el tomarla de la superficie del depósito. La arena en la superficie está generalmente algo descompuesta por

los agentes atmosféricos; se encuentra más o menos húmeda que el resto, debido al estado del aire en el exterior y está con cierta cantidad de polvo e impurezas de distintas clases. Esta capa superficial ocupará siempre un volumen reducido con respecto al total del depósito; para tomar una muestra debe pues revolverse la arena suficientemente o debe quitarse dicha capa superficial; una vez hecho esto se saca una cantidad de unos 20 a 30 kilogramos; esto se hará simétricamente en distintos puntos del depósito hasta completar unos doscientos Kgs. que se extenderán en una superficie lisa y dura y luego se escogerá la cantidad necesaria por el método del cuarteo que explicaremos más adelante.

Empaque - El empaque de las arenas para mandar al laboratorio debe ser muy cuidadoso. No debe empacarse nunca en costales directamente, ni en cajones que tengan hendiduras o rajaduras. Hay que evitar a todo trance que le entre polvo o que (como en el caso de los costales) se salga la arena muy fina o el polvo que naturalmente la acompaña. Nunca debe echarse en empaques que puedan tener la menor traza de azúcar, pues esta substancia daña por completo la arena.

Los empaques más aconsejables son los siguientes:

Puede echarse en sacos de papel como los usados para cemento, teniendo cuidado de limpiarlos antes perfectamente. Estos sacos se introducen en otros de costal o de tela. Para evitar que el de papel se rompa fácilmente. Con tinta

firme se pondrá el lugar de procedencia de la arena y el lugar del destino.

También se usan cajones forrados interiormente con papel o con metal (zinc) aunque son algo más difíciles de manejar.

El Gobierno Nacional ha concedido franquicia de porte en los Correos Nacionales para las arenas que vayan dirigidas a la Escuela Nacional de Minas. Dice así el decreto respectivo:

"MINISTERIO DE CORREOS Y TELEGRAFOS

Decreto # 726, abril 26 de 1.933.

Artículo 30.- Concédese franquicia en los Correos Nacionales, dentro de los límites y condiciones reglamentarios, para las muestras de arenas remitidas a la Escuela Nacional de Minas de Medellín para ser analizadas en relación con el ramo de construcciones; pero cada oficina de donde se remitan no podrá hacer sino un despacho semanal de ellas con peso máximo de 50 kilogramos"

Muestras - Una vez las arenas en el laboratorio, se procederá a hacer la escogencia de las muestras para cada ensayo. Explicaremos el método: El total de la arena se echa en una superficie plana (una lata grande) y se revuelve suficientemente; luego se extiende como lo indica la figura # 1; en seguida con una espátula o con cualquier instrumento se divide el montón en cuatro partes aproximadamente iguales como en la figura 2; luego se retiran las porciones a y d

(Fig. 3) y la b y c se reúnen y se mezclan suficientemente (Fig. 4); este nuevo montón se extiende de nuevo y se repite la operación hasta que quede la sola cantidad que sea necesaria. No debe despreciarse el polvo; los espacios á'u'-de la figura 3 deben limpiarse y cepillarse con una brocha. Al retirar la cantidad final debe recogerse toda la muestra junto con el polvo que quede en la lata.

Nº 33

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

a) - Peso específico aparente - Hay que distinguir: Peso específico aparente, peso específico absoluto, peso específico y peso específico bruto.

1) - Peso específico absoluto - Es la relación del peso en el vacío de un volumen dado del material a cierta temperatura al peso en el vacío del mismo volumen de vapor de agua destilada a la misma temperatura.

2) - Peso específico - Es la relación del peso al aire de un volumen dado del material a una temperatura dada, al peso en el 'aire de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

3) - Peso específico bruto - Es la relación del peso al aire de un dado volumen de material impermeable (incluyendo

los espacios tanto permeables como impermeables del material) a una temperatura dada, al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

4) - Peso específico aparente - Es la relación del peso al aire del volumen de la porción impermeable de un material permeable (esto es: la materia sólida, incluyendo los poros impermeables) a una temperatura dada, al peso al aire de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura.

Determinación del peso específico aparente - Este varía en las arenas entre 2,2 y 2,9.

APARATOS

- a) - Una balanza de 2 kgs. de capacidad y que aproxime 0.5 Cms. o menos.
- b) - Un frasco graduado de bolas del tamaño y dimensiones del descrito en el numeral a del capítulo II.

MUESTRAS

Se selecciona por el método del cuarteo 1 Kg. de la muestra de modo que sea el verdadero representativo de la arena; esta porción se echa en una lata y se seca en la estufa lentamente y teniendo cuidado que la temperatura no pase de 110 C.; se sabe que la arena está perfectamente seca, cuando corre libremente o cuando colocando una plancha de metal sobre ella, no se recoge la menor traza de humedad al retirar

dicha plancha. Luego la muestra se mezcla suficientemente y en la balanza se pesan exactamente 500 Grs.

PROCEDIMIENTO

Se llena el frasco de bolas hasta la marca 200, con agua que esté a la temperatura ambiente, luego se le van introduciendo lentamente los 500 grs. de arena seleccionados. Debe agitarse constantemente el frasco hasta tener seguridad de haber desalojado todas las burbujas de aire. El volumen combinado en centímetros cúbicos del agua y la arena debe leerse en la escala del cuello graduado del frasco y debe anotarse.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

El peso específico aparente de la arena se calcula entonces por la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{V - 200}$$

V = Volumen combinado en centímetros cúbicos del agua y la arena en el frasco.

APROXIMACION

Dos ensayos no deban diferir en más de 0.05.

NOTA: Debido a la evaporación de agua durante el experimento y a lo más o menos seca que haya quedado la arena, se admiten errores de 0.5 hasta de 1% dependiendo de la capacidad de absorción de cada material.

El peso específico aparente sirve para la mayor parte de los cálculos en los ensayos subsiguientes y por

tanto debe hacerse con la mayor exactitud y cuidado posibles.

b) - % de huecos en la arena inundada. Este experimento sirve para determinar la cantidad de huecos que puede tener una arena y que pueden ser llenados con agua; se refiere pues a los huecos permeables del material.

APARATOS

a) - Una balanza de dos Kgs. de capacidad y que aproxime a 0.5 gramos o menos.

b) - Frascos graduados de bolas como el descrito en el numeral a) del capítulo II.

MUESTRA

Se selecciona una cantidad de 2 Kgs. que sean el verdadero representativo de la arena; esta cantidad se mezcla bien y se seca en la estufa teniendo cuidado que no suba la temperatura a más de 110 C. Una vez que está perfectamente seca se deja enfriar por completo.

PROCEDIMIENTO

Se echan en el frasco de bolas graduadas unos 100 c.c. de agua y luego empieza a agregarse la arena seca; se agitará constantemente para evitar las burbujas de aire; cuando por la cantidad de arena echada, trate de secarse el agua, se le echará más y encima se volverá a introducir poco a poco la arena agitando siempre el frasco. Se sigue el procedimiento en esta forma hasta que la arena llegue a la mar-

ca 400 c.c. del cuello. Si el agua no ha alcanzado a llegar hasta esa misma marca, se le agregará; si por el contrario el agua fué excesiva y sube más de la marca 400 c.c. se le quitará chupándola con una pipeta. Es decir, hay necesidad de que tanto el nivel del agua como el de la arena lleguen cada uno a la marca 400 c.c. Una vez que esto se ha conseguido se pesa todo, el frasco, el agua y la arena; de este peso se deducirá el del frasco, que como dijimos atrás debe tenerse cuidadosamente anotado. La pesada puede leerse también directamente si antes del experimento se ha puesto en el platillo de las pesas la equivalente al frasco, o se ha equilibrado este con municiones o de cualquier otro modo.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Para calcular este ensayo debe tenerse ya el dato del peso específico aparente tal como lo explicamos en el numeral anterior.

El porcentaje aproximado de huecos en la arena fina inundada se calculará de los datos anteriores por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{400 \times P.e.ap - W}{400(p.e.a-1)} \times 100$$

V = % aproximado de huecos

p.e.a. = Peso específico aparente del numeral anterior.

W = " combinado en gramos de 400 c.c. de agua y arena.

APROXIMACION

Los experimentos no deben tener variaciones unos de otros en más de 1%.

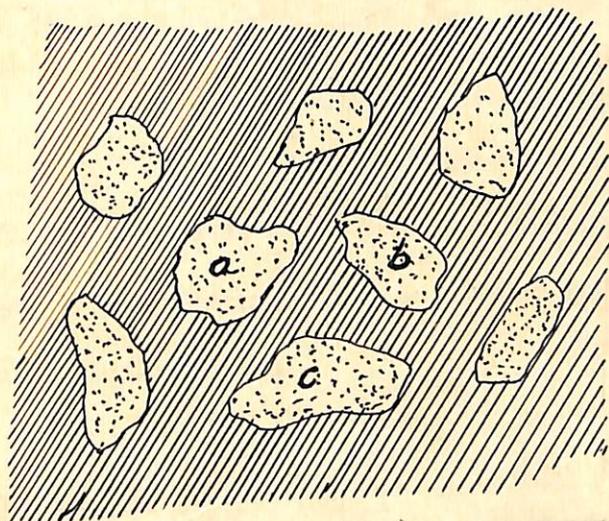
La diferencia de composición y granulación de los granos de las distintas rocas darán diferencias en el p. e.a. de hasta 0.05 y esto causará variaciones en los resultados de estos experimentos hasta de dos o tres por ciento de huecos.

AGUA SUPERFICIAL

Este experimento sirve para determinar qué cantidad de agua superficial tiene cada arena; pero hay que tener muy en cuenta que este dato puede variar mucho para la misma arena, pues esta cantidad de agua depende, o está influenciada por la humedad del aire., la temperatura exterior, la presión barométrica etc. etc. Así pues este experimento debe hacerlo ingeniero cada vez que vaya a usar la arena en cuestión. Los ensayos que hemos hecho en este sentido en el laboratorio solo sirven como base para los demás experimentos y los datos que sobre agua superficial anotamos, no deben tomarse como base para los trabajos que se hagan en el campo.

Hay que tener también presente que no se debe confundir esta agua con el agua de absorción.

El agua de absorción es la que cada material tiene dentro de las partículas mientras que agua superficial es la que cada material tiene humedeciendo exteriormente las partículas.



En la figura: si a, b y c son partículas de un material, la parte marcada con puntos dentro de ellas representaría el agua de absorción, mientras que la parte exterior rayada, indicaría el espacio cubierto por el agua superficial.

Nº 34

APARATOS

- a) - Una balanza de 2 Kgs. de capacidad y que aproxime 0.5 Gms. o menos.
- b) - Un frasco de bolas graduado tal como el indicado en el numeral a) del capítulo II.

MUESTRAS

Se toma un Kg. que sea el verdadero representativo de la arena. Esta cantidad se revuelve bien y se pesan 500 gms.; tal operación debe hacerse lo más rápidamente posible para evitar que durante ella se evapore demasiada agua superficial.

PROCEDIMIENTO

El frasco graduado de bolas se llena de agua a la temperatura ambiente hasta la marca 200 c.c. Luego se le van echando poco a poco los 500 c.c. de arena y se va agitando continuamente para evitar la formación de burbujas de aire que después perjudicarían los resultados.

El volumen combinado del agua y la arena se lee en la escala graduada del cuello del frasco y se anota.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Este método requiere para el cálculo el dato del p.e.a., tal como lo hemos indicado atrás. El porcentaje de agua superficial de la arena se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de agua superficial} = V \frac{500 - p.e.a. - 200}{200 + 500 - V} \times 100$$

v = vol. combinado en cm. cúbicos del agua y la arena en el frasco.

p.e.a. = Peso específico aparente de la arena.

APROXIMACION

Los varios experimentos no deben diferir de 0.5%.

Las variaciones en la composición y en la granulación de las rocas componentes determinarán diferencias hasta de 0.05 en el peso específico aparente y esto dará variaciones en el % de agua superficial de 1 a 1,5%.

Agua de absorción: Como ya dijimos es el agua que cada material tiene dentro de sus partículas.

El cuadro siguiente da aproximadamente el agua de absorción de algunos agregados.

Arena media	1,0%	por peso
Caliza machada	1,0%	" "
Rocas trapecanas y granitos	0,5%	" "
Arenisca porosa	7%	" "

Agregados muy porosos y livianos más de 25% por peso.

PROCEDIMIENTO

Se toman 1.000 gramos de la arena que se quiere analizar, y después de secados hasta peso constante, se dividen en dos porciones iguales. Luego se coloca cada porción en un frasco volumétrico de 500 c.c. Una de las muestras se mezcla perfectamente con 20 c.c. de kerosene, sacudiendo el frasco con frecuencia. Después se determina el volumen de una solución normal de NaCl, (58 gramos por litro de agua) requerido para llenar el frasco hasta la marca 500. El Kenosene excedente flotará encima de la solución de sal y se verá la línea de separación.

A veces será necesario agregar de 5 a 10 gotas de éter, para dispersar los glóbulos de kenosene.

Esta determinación da el volumen absoluto de 500 grs. de arena seca. Este volumen puede usarse para deter-

minar el peso específico del agregado.

En el otro frasco se pone una cantidad de agua suficiente para cubrir el agregado; se sacude a intervalos. Tres horas después de añadir el agua se determina el volumen de agua necesario para llenarlo hasta la marca 500. La absorción, expresada como relación al peso del agregado, puede calcularse restando el volumen de sal usado en el primero, del volumen total de agua empleada en el segundo frasco y dividiendo por el peso seco del agregado. La absorción expresada como una relación al volumen del agregado se obtiene multiplicando la absorción por peso por el peso por pié cúbico de la arena y dividiendo por 62,355.

Hicimos varios experimentos para determinar el agua de absorción de algunas arenas, pero sin resultados satisfactorios, probablemente debido a la falta del frasco adecuado para el experimento.

PESO UNITARIO DE LA ARENA PARA CONCRETO

En este ensayo se determina el peso de un pié cúbico de arena cuando esta se va a usar en construcciones de concreto.

APARATOS

a) - Una medida cilíndrica de metal y de una capacidad de $1/10$ - $\frac{1}{2}$ ó 1 pié cúbico tal como la descrita en capítulo APARATOS bajo el numeral g).

b) - Una barra de 24 pulgadas de longitud de un diámetro de $5/8$ y terminada en una punta redondeada de una pulgada de longitud, tal como la descrita en el capítulo APARATOS bajo el numeral h).

c) - Una balanza grande tal como la descrita en el capítulo APARATOS bajo el numeral f) III.

MUESTRA

En el caso nuestro, pesamos una vasija cilíndrica de una capacidad de $\frac{1}{2}$ pié cúbico que fué debidamente calibrada según las reglas del caso. Para este ensayo se toman 25 kgs. de arena y se secan en la estufa teniendo cuidado de no dejar subir la temperatura a más de 110 c.

PROCEDIMIENTO

La arena seca se retira de la estufa y se deja enfriar suficientemente. Luego con ella se llena la vasija hasta una tercera parte de la altura procurando que la superficie de esta tercera parte quede plana y horizontal, lo cual se consigue arreglándola con los dedos teniendo cuidado de no apisonarla. Luego con la varilla se le dan 25 golpes; para esto se deja caer dicha varilla verticalmente sobre la arena y con una fuerza tal, que la punta apenas llegue al fondo. Los 25 golpes deben ir distribuidos uniformemente; luego se vuelve a echar arena hasta los dos tercios de la vasija y se repite

la misma operación; la varilla en este caso debe introducirse de manera que solo atraviere completamente esta segunda capa y teniendo cuidado que no alcance a apisonar la capa inferior. Por último se llena el resto de la vasija y se repiten las mismas operaciones. Con la misma varilla se nivela horizontalmente la superficie de la arena de modo que esta llegue apenas hasta el borde de vasija.

Una vez hecho esto se pesa la vasija y la arena en la balanza grande; de este total se deduce el peso de la vasija (que de antemano se habrá-determinado cuidadosamente) y la diferencia será el peso de medio pié cúbico de arena y multiplicando por dos se obtendrá el peso de un pié cúbico.

Ahora $P = V \times d$ = Peso unitario

$P =$ peso

$V =$ volumen . . . $= d = \frac{P}{V}$

$d =$ densidad

De modo que hallamos la densidad dividiendo el peso obtenido por el volumen corregido de la vasija.

PORCENTAJE DE HUCOS EN LA ARENA PARA CONCRETO

Para este cálculo se necesita haber hecho el experimento y determinación del peso unitario de la arena para concreto.

Porcentaje de hucos = $\frac{(p.a.a. \times 62.355) - W}{p.a.a. \times 62.355} \times 100$

En que:

P.e.a. = peso específico aparente de la arena

62.355 = peso en libras de un pié cúbico de agua a la temperatura standard de 16.7 C (62 F).

W = Peso en libras de un pié cúbico de arena tal como se determina según el método anterior.

NOTA: Hay que hacer una diferencia entre el % de huecos en la arena inundada en el frasco y el % de huecos que se obtendrá del experimento que determina el peso unitario de la arena para concreto.

En efecto: Cuando se hace el experimento en los frascos la arena al agitarla queda perfectamente acomodada y las partículas pequeñas pasarán a ocupar los lugares que dejan vacíos las grandes. Al verificarse este acomodo, la arena ocupará por tanto un volumen inferior o mejor dicho se necesitará mayor cantidad de arena para llenar el frasco hasta la marca 400 c.c. que en el caso de que ella se echara al frasco sin agitarlo. En tal caso el peso W aumentará cuanto más se agite el frasco y por tanto el numerador del quebrado de la fórmula y el quebrado mismo disminuirá.

Si analizamos el modo de hacer el experimento del % de huecos en la arena en el barril de $\frac{1}{2}$ pié cúbico es decir en el experimento peso unitario para concreto, vemos que allí se apisona la arena pero de un modo standard

y que así no queda tan perfectamente apretado y acomodado como en el caso de los frascos.

De ahí que el % de huecos en la arena seca para concreto sea bastante mayor que el % de huecos en la arena inundada en los frascos.

Por otra parte el verdadero dato que puede tener utilidad será el del % de huecos en la arena seca para concreto; pues la arena tan acomodada como en el experimento de los frascos no se ocurrirá sino en muy contados casos.

AGUA DE INUNDACION

Por este experimento se determina la cantidad de agua que necesita una arena para ser inundada por completo.

APARATOS

a) - Se usa la misma vasija que describimos atrás para determinar el peso unitario de la arena para concreto.

b) - Una balanza que pese 50 Kgs. y que aproxime hasta gramos como la descrita en el capítulo APARATOS.

MUESTRA

Se toma aproximadamente $\frac{1}{2}$ pié cúbico de una muestra que sea el verdadero representativo de la arena; luego se seca en la estufa teniendo cuidado de que la temperatura no suba de 110 C.

PROCEDIMIENTO

Una vez seca la arena se echa con la pala en la vasija de $\frac{1}{2}$ pié cúbico, teniendo cuidado de que cada palada caiga fuertemente para así conseguir un estado de apretamiento análogo al que tome la arena cuando es manejada por los obreros en el trabajo. Debe cuidarse de no apisonarla en ninguna forma y de que la vasija no sufra ningún choque fuerte durante el procedimiento pues tales choques harían que la arena se acomodara dentro de la vasija en una forma anormal; el recipiente se llena hasta el borde y luego con la varilla se empareja la superficie de manera que quede plana y horizontal; luego se pesa el total y se deduce el peso de la vasija. Hecho esto se vacia la arena en una de las latas grandes; después se pesan 7 kgs. de agua y se echan dentro de la vasija y esta se coloca en otra lata para que esta reciba el exceso de agua. En seguida la arena ya pesada empieza a echarse dentro del recipiente con agua. Para esta operación la arena se hace pasar por un tamiz # 4 con el objeto de que la arena se distribuya mejor y no forme un montón. Habiendo pesado 7 kgs. siempre sobrará agua y esta cuando toda la arena esté acomodada en la vasija, rebosará y se recogerá cierta cantidad en la lata. El agua sobrante se pesa cuidadosamente. Entonces el agua de inun-

dación de la arena será la gastada, es decir 7 kgs. menos el peso del exceso que rebose a la lata.

$$\% \text{ de agua de inundación} = \frac{a \times 100}{p}$$

En que a = agua gastada en el experimento

p = peso del medio pié cúbico de arena seca.

Este dato es muy útil en la clasificación del concreto pues con él se puede evitar el tener que determinar la humedad de la arena. P.E. queremos hacer concreto 1:2:4 con una relación agua-cemento = 0.6 es decir que por cada pié cúbico de cemento necesitamos 0.6 pies cúbicos de agua. Si sabemos que la arena tiene 25% de agua de inundación, tomamos 2 piés cúbicos de arena y los inundamos, hecho esto se sabe que tendrán $0.25 \times 2 = 0.5$ piés cúbicos de agua; como se necesitan 0.6 hará falta todavía 0.1 pié cúbico de agua que se medirá y se le agregará a la mezcla; así esta tendrá 0.5 piés cúbicos de la arena inundada mas 0.1 pié cúbico que se le agrega = 0.6 pies cúbicos de agua que eran los que se necesitaban.

DECANTACION

Este ensayo se le hace a la arena para determinar el porcentaje de lodos que contiene. Se entiende por lodo todas aquellas partículas de la arena que pasan por el tamiz # 200.

APARATOS

- a) Una vasija tal como la descrita bajo el numeral
- c) del capítulo II
- b) Un tamiz # 200.

MUESTRA

Se toman un poco mas de 500 gramos de muestra que sea el verdadero representativo de la arena; se secan teniendo cuidado que la temperatura en la estufa no suba de 110 c.

PROCEDIMIENTO

De la arena seca se pesan exactamente 500 gramos y se echan dentro de la vasija; luego se introduce agua en una cantidad tal, que alcance a cubrir la muestra por completo (al rededor de 225 c.c.). Luego se agita con una varilla o con cualquier instrumento apropiado, rigurosamente durante 15 segundos; después se deja reposar durante otros 15 segundos, al cabo de los cuales se bota el agua teniendo cuidado de hacerla pasar antes por el tamiz # 200; la operación se repite cuantas veces sea necesario a fin de lavarle a la arena todos los lodos; esto sucede cuando el agua salga muy pura; una vez obtenido esto se seca el tamiz y la arena contenida en él. se reúne cuidadosamente con la de la vasija; luego se seca esta completamente y se pesa. El peso inicial menos el peso después de lavada será la cantidad de lodo que estaba contenido en los 500 gramos de arena.

$$\% \text{ de lodos} = \frac{\text{peso original} - \text{peso después de lavada}}{\text{peso original}} \times 100$$

Este experimento puede chequearse si se tiene cuidado de recoger el agua con el lodo que pasa por el tamiz número 200. Esta cantidad de agua se pone al fuego y se evapora completamente y el residuo se pesa con cuidado, entonces se puede calcular la cantidad de lodo por la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{\text{Peso del residuo seco}}{\text{Peso original de la arena}} \times 100$$

IMPUREZAS ORGANICAS

Este experimento sirve para determinar si una arena tiene un exceso de impurezas orgánicas; la cantidad de estas impurezas es muy perjudicial en las construcciones de cemento o de concreto cuando pasa de 250 partes por millón.

APARATOS

- a) - Un frasco graduado en onzas tal como el descrito en el numeral b) del capítulo APARATOS.
- b) - Bureta y pipetas graduadas tales como las descritas en los numerales d) y e) del capítulo APARATOS.
- c) - Una balanza que pese 1 Kg. y que aproxime hasta medio gramo o menos.

MUESTRA

Se toma un poco más de una libra de muestra que sea el verdadero representativo de la arena y se seca teniendo cuidado de que la temperatura en la estufa no suba de 110c.

PROCEDIMIENTO

En el frasco graduado en onzas se echa arena de la muestra escogida, hasta la marca $4\frac{1}{2}$ onzas; luego se le agrega solución de hidróxido de sodio al 3% en agua, hasta la marca 7 onzas; en seguida se tapa bien el frasco y se agita vigorosamente durante algunos segundos; luego se deja reposar la mezcla por 24 horas, al cabo de las cuales se compara el color que esta tenga con el color estándar usado para el caso. Si el color de la muestra que se analiza es mas obscuro que el estándar, se entenderá que la arena tiene una cantidad de impurezas orgánicas mayor de 250 partes por millón en término de ácido tánico y por lo tanto la arena no puede usarse en construcciones de concreto. Si al contrario, el color es más pálido que el estándar la arena tendrá una cantidad de mat, orgánica menor de 250 partes por millón en término de ácido tánico y podrá usarse en construcciones de concreto, pero en este caso hay que hacer una diferencia; hay construcciones de primera y de segunda clase, para saber en cual de las dos se puede usar la arena hay que ver si el color después del análisis es de primera o de segunda clase. En los textos que tratan

sobre la materia, se encuentran generalmente estos dos colores sobre una de las páginas; entonces se hace la comparación con cada uno de ellos y se determina si el color del análisis es de primera o de segunda clase.

También se usan vidrios que tienen los colores en escala desde el más claro hasta el más obscuro, cada matiz indica un número determinado de partes por millón de sustancias orgánicas o término de ácido tánico.

PREPARACION DE LA SOLUCION DE COLOR ESTANDARD.

Se prepara una solución de hidróxido de sodio en agua, al 3%. Luego se prepara otra solución de ácido tánico al 2% en alcohol; este alcohol debe estar con una concentración al 10%; después se mezclan 2.5 centímetros cúbicos de la solución de ácido tánico con 97.5 centímetros cúbicos de la solución de hidróxido de sodio. Esta nueva solución se echa en un frasco de 12 onzas, se tapa, se agita vigorosamente y se deja reposar durante 24 horas. El frasco debe ser de vidrio perfectamente transparente y que no tenga color alguno. Al cabo de 24 horas de reposo, la solución adquirirá un color determinado (amarillo rojizo) que sirve de base para comparar con el color adquirido por la solución que se ha mezclado a las arenas en el experimento. Arenas que coloran la solución más obscuro que el standard tiene más de 250 partes por millón de sustancias orgánicas en término de ácido tánico.

TAMICES

Este ensayo se hace para determinar el módulo de finura de una arena y ver qué tanto por ciento de ella tiene determinado diámetro en los granos.

APARATOS

a) - Una balanza que pesa 2 Kgs. y que aproxime hasta medio gramo o menos.

b) - Un sistema de tamices tal como la descrita bajo el numeral K) del capítulo APARATOS.

MUESTRA

Se toman un poco más de 500 gramos de la muestra que es el verdadero representativo de la arena; se seca en la estufa teniendo cuidado de que la temperatura no suba de 110 c. Luego se pesa exactamente 500 gramos.

PROCEDIMIENTO

Este ensayo puede hacerse de tres modos distintos; en cada uno de ellos debe observarse las siguientes reglas generales.

1o.-A los tamices, una vez con la muestra, se les imprime un movimiento lateral y horizontal.

2o.-Este movimiento debe durar hasta el momento en que por cada tamiz no pase más de 1% de la muestra en un minuto.

3o.-No se debe en ningún caso tratar de hacer pasar la muestra por el tamiz con la mano o de cualquier mo-

do que tienda a hacer esto forzadamente.

40.-Las pesadas deben hacerse en una balanza que aproxime hasta 0.001 de la muestra.

50.-Para sacar el residuo de los tamices, se vacían primero en un recipiente y después se limpia con un cepillo; haciéndolo de la parte inferior del tamiz, hacia la superior, es decir cepillando por la cara por donde ha salido la parte más fina del material.

DESCRIBIREMOS CADA UNO DE LOS TRES METODOS

1er. Método.-Se echan los 500 gramos pesados y secos en el tamiz # 8 y se cierra según las reglas anotadas atrás; luego se saca el residuo que haya quedado dentro del tamiz y se pesa anotando este dato; luego la parte que ha pasado por la malla se echa en el # 16, se cierra y el residuo que quede en él se saca y se pesa; así se continúa hasta el # 100; el polvo que pasó por este se pesa directamente.

2o. Método.- La muestra pesada y seca se echa en el tamiz # 100 y se cierra según las reglas; lo que pasa por él se pesa y se anota el dato; lo que queda dentro del tamiz se seca y se echa en # 50 y se cierra; así sucesivamente hasta que se llega al # 8, lo que queda en este se pesa directamente.

3er. Método.- Se acoplan los tamices # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100 de modo que encajen uno sobre el otro y que

formen un solo cuerpo y que queden en el orden indicado con el # 8 en la parte más alta. La muestra seca de 500 gramos se echa en el # 8 y luego se le imprime a todo el conjunto un movimiento horizontal y lateral. Después de que esté bien tamizado se separan los cedazos y se pesa lo que haya en cada uno de ellos anotando cuidadosamente el dato.

Luego se aplica la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a}{b} \times 100$$

K = % de material que tiene la arena del grano que le corresponde al tamiz cuyo contenido es a gramos.

a = Cantidad de material que quedó en el tamiz del # que se analiza.

b = Cantidad de muestra inicial.

ENSAYOS DE TENSION Y DE COMPRESION DE LOS MORTEROS -

Antes de empezar la descripción de estos análisis, daremos una breve relación de la manera de hacer el de la consistencia del cemento. Tuvimos necesidad de hacerlo, para saber la cantidad necesaria de agua para los morteros.

Aparatos.-El aparato de "Wicat" se usa para este experimento.

Descripción.- Debe formarse una pasta de cemento de unos 500 gramos de peso y un volumen determinado de agua, conforme a las reglas; luego se forma rápidamente una bola con las manos, completando la operación pasándola 6 veces de una mano de otra y a unas 6 pulgadas de separadas; la bola

que está sobre la palma de una mano debe comprimirse del extremo mayor del anillo de caucho agarrado con la otra mano y se llena completamente el anillo con la pasta. El excedente en el extremo mayor con un sencillo movimiento de la palma de la mano. El anillo debe colocarse luego con su extremo mayor en una placa de vidrio y la parte excedente en el extremo menor debe quitarse con un solo golpe oblicuo de una llana. Durante estas operaciones debe tenerse cuidado de no comprimir la pasta.

La pasta que está dentro del anillo y que descansa sobre la placa de vidrio debe colocarse bajo la varilla y su extremo mayor debe ponerse en contacto con la superficie de la pasta. Luego se lee en la escala y se afloja rápidamente la varilla.

La pasta será de consistencia normal cuando la varilla baja 10 m.m. bajo la superficie original, $\frac{1}{2}$ minuto después de haberse aflojado.

El aparato debe estar libre de toda vibración durante el experimento. Se hacen distintas pastas con porcentajes variables de agua hasta que se obtenga la consistencia normal. La cantidad de agua requerida se expresa en % por peso del cemento seco.

La consistencia del mortero normal dependerá de la cantidad de agua requerida para producir una pasta de consistencia normal de la misma muestra de cemento. La consis-

tencia del mortero normal puede obtenerse de la tabla siguiente, en que los valores están en % de los pesos secos combinados del cemento y de la arena normal.

% de agua para la pasta de cemento.	% de agua para mortero normal 1:3
15	9,0
16	9,2
17	9,3
18	9,5
19	9,7
20	9,8
21	10
22	10,2
23	10,3
24	10,5
25	10,7
26	10,8
27	11,00
28	11,20
29	11,30
30	11,50

GENERALIDADES

Los ensayos de tensión y de compresión de los morteros se hacen con el fin de tener datos para comparar una arena normal de otawa, arena esta que se considera como límite. Es decir, que para obtener buenos resultados en el empleo de una arena, es necesario que su resistencia sea un poco mayor que la de otawa, como ya lo dejamos dicho en otro lugar.

Compresión.-Se hacen doce cilindros, 6 de la arena que se investiga y 6 de arena normal en los moldes descritos antes.

Hay que tener en cuenta que las arenas deben tratarse siempre en iguales condiciones, es decir, los cilindros deben hacerse el mismo día y a la misma hora, y con igual relación agua-cemento.

Procedimiento.-Se toman 810 grs. de cemento, 2.430 grs. de arena y se mezclan, secos, hasta que la mezcla quede lo más homogénea posible. Esta mezcla se hace en una superficie no absorbente, generalmente una placa de vidrio; luego a esta mezcla se le echan 346,6 grs. de agua (que corresponden a 25% de agua para la pasta de cemento de consistencia normal y a 10,7% de agua para el mortero 1:3).

Una vez preparada la mezcla se echa dentro de los moldes, que de antemano deben estar untados de aceite mineral para evitar que el mortero se endurezca en las paredes, en tres

capas más o menos iguales y bien apisonadas. Luego se ponen los moldes en una nevera y a las cuarenta y ocho horas se sacan los cilindros de los moldes y se ponen en el tanque de agua. Allí permanecen unos siete días y los otros veintiocho, épocas en que se sacan para ensayarlos.

Los cilindros se marcan en la superficie con lapiz indicando el día y el mes de su fabricación.

Al ensayarlos es necesario que la superficie que recibe la carga esté a nivel, si no lo está, se le pone una capa de yeso para que la carga se distribuya bien en toda la superficie. Los resultados se anotan cuidadosamente y luego se saca su resistencia unitaria por la siguiente fórmula:

$$f_c = \frac{P}{A_c}$$

En que:

f_c = esfuerzo unitario a la compresión;

P = la carga anotada en la máquina.

A_c = Area de compresión, o sea el área de la base del cilindro.

Tendremos pues el promedio de resistencia de las dos arenas.

Entonces para hallar la relación entre la arena que se analiza en porcentaje de la de otawa se procede así:

$$R_c = \frac{A_c}{A'_c} \times 100$$

En que:

Re = resistencia a la compresión de la arena que se investiga en % de la de otawa.

Ac = Resistencia a la compresión de la arena de otawa.

A'c = Resistencia a la compresión de la arena que se analiza.

TENSION

Aparatos: Los moldes y la máquina descritos antes.

Procedimiento:-Las cantidades anotadas antes de arena cemento y agua son suficientes para hacer también las briquetas.

Las mismas reglas que para el ensayo de compresión, exceptuando la apisonada que en este análisis se hace con los dedos. Y hay que tener también presente que los moldes van con vidrio en la parte inferior, cuando se ponen en la nevera con el fin de evitar la pérdida de agua.

ARENA NORMAL DE OTAWA

Esta arena debe su nombre a la ciudad (2) de Otawa E. U. de donde proviene. Tiene las siguientes características:

- a) - Es de cuarzo puro o casi puro;
- b) - Tiene los granos más o menos del mismo tamaño; pasan por el tamiz # 16 y son retenidos por el # 30;
- c) - Los granos son redondos y no tienen ningún canto vivo;
- d) - No tiene polvo.

Es pues una arena de regulares condiciones y sus cualidades son el límite entre las de las arenas malas y las buenas. Así una arena que en cualquiera de sus características de compresión, tensión, etc. sea inferior a la arena de Ottawa no debe usarse, y si al contrario es superior a quella, puede usarse en construcciones de concreto.

Para que la arena de Ottawa sea normal, se necesita que al tamizarla durante un minuto en el tamiz # 30, no pase más del 5% de la cantidad contenida dentro de dicho tamiz.

Es indispensable tener en el laboratorio una cantidad suficiente de esta arena normal, para hacer las comparaciones necesarias de las demás arenas que se analicen. Se pide a Ottawa E. U. y viene en barriles de metal.

Debe mantenerse un recipiente cerrado y cuidado que no le entre polvo ni humedad.

CUALIDADES QUE DEBE TENER UNA ARENA

Los once ensayos de laboratorio que acabamos de describir se dividen en dos grupos A y B.

GRUPO A - A él pertenecen:

- 1) - Análisis del peso específico aparente;
- 2) - " de agua superficial;
- 3) - " del % de huecos en la arena inundada en los frascos.

- 4) - Análisis de peso unitario
- 5) - " de % de huecos en el peso unitario;
- 6) - " de % de agua de inundación.

Estos análisis nos dan a conocer algunas propiedades físicas de la arena y los datos arrojados por ellos nos dan los factores que entran en el cálculo de la correcta dosificación del agregado fino cuando se va a usar en construcciones.

Su estudio no nos dará a conocer si una arena es buena o mala y en esto se diferencia del grupo B.

GRUPO B - A él pertenecen:

- 1) - Análisis de decantación;
- 2) - " de impurezas orgánicas;
- 3) - " de finura
- 4) - " de resistencia a la compresión.
- 5) - " de resistencia a la tensión.

Los datos arrojados por estos análisis no servirán para los cálculos de dosificación de las arenas, pero si nos darán a conocer la buena o mala calidad de un agregado fino cuando se va a usar en construcciones. La reunión o conjunto de estos datos indicará pues, si una arena debe o no usarse.

→ Una arena puede mejorarse en la siguiente forma:

1o.- Si no hay un exceso de lodos, el agregado se lavará hasta que de un % aceptable, hay que tener en cuenta

que los lodos o mejor dicho el polvo, es indispensable y ayuda mucho a mejorar la arena siempre que no pase de cierto límite. La mejor cantidad debe ser de 2% a 3%; de manera que si una arena tiene menos de 1% de polvo, hay que agregarle la cantidad necesaria para que quede de 2 a 3%. (1).

20.- Si hay un exceso de impurezas orgánicas, estas pueden disminuirse algunas veces, no siempre, lavando la arena.

30.- Si el tamaño de grano es desproporcionado, es decir no hay cantidades más o menos iguales de los diámetros correspondientes a cada uno de los tamices; puede hacerse esta repartición, separando por tamizado cantidades iguales de cada diámetro y mezclándolas después bien entre sí.

40.- Si los granos son demasiado redondos y no tienen cantos vivos, puede mezclarse una cierta cantidad de arena de granos con cantos agudos. Así se mejorará la resistencia a la compresión o a la tensión.

Un ingeniero o constructor no debe usar jamás una arena o un agregado sin conocer perfectamente todas sus cualidades y desventajas.

Parece a primera vista que un agregado no tiene mucha influencia en las construcciones y sin embargo es uno de los factores más importantes; se conocen casos de derrumbamientos de obras costosas que estaban perfectamente calculadas en todas y en cada una de sus partes y en que se conocía muy bien

(1). Esto en lo que se refiere a las arenas usadas en concreto; en las arenas de revoque lo mejor es que tentan la mejor cantidad posible de lodos, para evitar que las superficies expuestas se desgasten muy pronto.

la resistencia de sus materiales, menos la de la arena usada en el concreto. Dependiendo el fracaso de esta ignorancia.

El cuadro que sigue indica las cualidades que debe tener una arena para ser usada satisfactoriamente en construcciones.

CALIDAD	LODOS	IMPUREZAS ORGANICAS.	TAMICES	RESIST. A LA COMPRESION.	RESIST. A LA TENSION.
Arena de la calidad.	Menos de 4%	Menos de 125 partes por millón.	Cantidades más o menos iguales cada tamaño.	Más de 110% de la arena normal de Otawa.	Más de 110% de la arena normal de Otawa.
Arena de 2a. calidad.	Menos de 4%	Entre 125 y 250 partes por millón	Tamaños de diámetros no demasiado desproporcionados.	Más del 100% de la arena normal de Otawa.	Más del 10% de la arena normal de Otawa.
Arena que no debe usarse.	Más de un 4%	Más de 250 partes por millón.	Tamaño de diámetros desproporcionados.	Menos de 100% de la de Otawa.	Menos del 100% de la de Otawa.

PESO ESPECIFICO APARENTE (DE LOS SOLIDOS).

Se entiende por peso específico aparente a la relación del peso en el aire de un volumen dado, de la porción impermeable de un material permeable (esto es, el sólido incluyendo sus poros permeables o huecos) a una temperatura dada, al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura dada.

ANALISIS DEL PESO ESPECIFICO APARENTE

Este análisis se hace para determinar el peso específico de las arenas. El alcance del aparato usado está entre arenas que tienen peso específico aparente de 2,2 a 2,85.

APARATOS

a) - Balanza - Preferible del tipo de torsión, que tenga capacidad de 2 Kgrs. o más, y sencible a 0.5 gramos o menos. El tipo de balanza usado por nosotros es el que muestra la figura de la página .

b) - Un frasco especial conforme al que muestra la figura de la página

ARENA DE LA QUEBRADA "LA HUESO"

Alrededores de Medellin.

1o. Peso específico aparente:

1er. análisis	- Volumen del agua y de la arena en el frasco =	385,5 c.c.
2o. " "	Volumen del agua y de la arena en el frasco =	385,5 c.c.
	Promedio =	385,5 c.c.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{385,5 - 200} = 2,695$$

2o. Agua superficial:

1er. análisis	- Volumen leído en el frasco =	386,5 c.c.
2o. " "	Volumen leído en el frasco =	386,5 c.c.
	Promedio =	386,5 c.c.

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{386,5 - 200 - \frac{500}{2,695}}{200 \cdot \frac{500}{2,695} - 386,5} \times 100 = 0,31\%$$

3o. Porcentaje de huecos en la arena inundada:

1er. análisis	- Peso de 400 c.c. de arena inundada =	839 grs.
2o. " "	Peso de 400 c.c. de arena inundada =	834 "
	Promedio =	836,5 "

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2,695 - 836,5}{400 \times 1,695} \times 100 = 36,18\%$$

4o. Peso unitario-

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	=	22,227	grs.
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	=	22,117	"
	Promedio	=	22,172	"
	Volumen del barril	=	14.090	c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{22.172}{14.090} = 1.574$$

5o.- El peso de un pié cúbico de arena será:

$$= 1,574 \times 62,355 = 98,15 \text{ libras}$$

$$\text{Porcentaje de huecos} = \frac{62,355 \times 2,695 - 98,15}{2,695 \times 62,355} \times 100$$

$$= 41,6\%$$

6o. Inmundación:

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	=	21,026	grs.
2o. "	Peso de la arena para llenar el barril	=	21,226	"
	Promedio	=	21,121	"

7o.- Agua necesaria para inundarla:

1er. análisis	=	6,200	c.c.
2o. "	=	6,250	c.c.
Promedio	=	6.225	c.c.

% de agua de inundación:

$$= \frac{6.225 \times 100}{21.121} = 29,47\%$$

80.-. Decantación: Se pesaron 500 grms. de arena seca, y después de lavada la arena conforme a las normas dadas por la A.S.T.M. su nuevo peso dió = 484 grs.

20. análisis-El peso de la arena
después de lavada fué = 484 "
Promedio = 484 "

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500-484}{500} \times 100 = 3,2\%$$

90.- Impurezas orgánicas.- En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de 2a. clase, un poco más claro que el de la solución de comparación, lo cual indica que esta arena tiene menos de 250 partes por millón de materias orgánicas, y por tanto puede usarse para concretos de 2a. clase.

10.- ANÁLISIS GRANULOMETRICO

No. del Tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
4	00	00	00	00	00	00
8	19,6	20	20	19	19,65	3,93
16	125,3	131	125,5	130	127,95	25,59
30	189,5	182,2	186,5	185,8	186	37,2
50	125,5	123	125	123,5	124,25	24,85
100	35	37,5	36,4	35,5	36,1	7,22

Módulo de finura = 0,988

110.- Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 2.030	La Hueso	{ 2.744
	{ 1.780		{ 2.200
	{ 1.934		{ 2.160

Promedio = 1.914,66

Promedio = 2.368

R.Unit. = $\frac{1.914,66}{19,625} = 97,56 \text{Kgr.c2.}$

R.Unit. = $\frac{2.368}{19,625} = 120,66$

120.- Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.210	La Hueso	{ 5.580
	{ 3,862		{ 4.750
	{ 3.860		{ 4.714

Promedio = 3.977,33

Promedio = 4,681,3

R.Unit. = $\frac{3.977,33}{19,625} = 202,55 \text{kgrs.c2.}$

R.Unit. = $\frac{4,681,3}{19,625} = 238,53$

130.- Resistencia a la tensión a los 28 días.

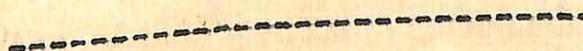
Otawa	{ 134	La Hueso	{ 138
	{ 138		{ 142
	{ 136		{ 144
	{ 130		{ 136

Promedio = 134,5

Promedio = 140

R. Unit. = $\frac{134,5}{6,451} = 20,85 \text{Kgr.c2.}$

R.Unit. = $\frac{140}{6,451} = 21,70$



ARENA DE LA QUEBRADA "LA HUESO"

RESUMEN -

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.695
AGUA SUPERFICIAL	0.31%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	36.18%
PESO UNITARIO	98.15 libras.
VOL.DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	41.6%
DENSIDAD	1.574
AGUA DE INNUNDACION	29.47%
LODOS	3.2%
IMPUREZAS ORGANICAS.	2a. clase
MODULO DE FINURA	0.988

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

COMPRESION

TENSION

A los 7 días	123.7%	A los 28 días: 104.1%
A los 28 días	100.5%	

CONCLUSION: Tiene todas las características de la arena de primera clase y puede usarse en cualquier clase de construcciones.

ARENA AMARILLA

Enviada por la Cía. de Cemento "Diamante"

1o. Peso específico aparente.

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco =	396	c.c.
2o. "	Volumen del agua y de la arena en el frasco	396	c.c.
	Promedio =	396	c.c.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{396 - 200} = 2.551$$

2o. Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco =	396	c.c.
2o. "	Volumen leído en el frasco	= 396	c.c.
	Promedio =	396	c.c.

Nota: Como el volumen leído fué igual a aquel del peso específico aparente, el porcentaje de agua superficial de esta arena es igual a cero.

3o. Porcentaje de huecos en la arena innundada.

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena innundada =	802,88	grs.
2o. "	Peso de 400 c.c. de arena innundada	= 800	"
	Promedio =	801,44	"

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2.551 - 801.44}{400 \times 1.551} \times 100 = 35.25\%$$

4o. Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	=	21,997	grs.	
2o.	"	Peso necesario para llenar el barril	=	21,947	"
		Promedio	=	21,972	"

Volumen del barril = 14.090

Densidad $\frac{21.972}{14.090} = 1,56$

El peso de un pié cúbico de arena será
= $62,355 \times 1,56 = 97,27$ libras.

5o.- Porcentaje de huecos = $\frac{62,355 \times 2,551 - 97,27}{62,355 \times 2,551} \times 100 = 38,86\%$

6o.- Innundación

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	=	21,191	gramos.	
2o.	"	Peso de la arena para llenar el barril	=	21,166	"
		Promedio	=	21,178	"

7o. --- Agua necesaria para innundarla

1er análisis	=	5,694	c.c.	
2o.	"	=	5,735	c.c.
promedio	=	5,714	c.c.	

% de agua de innundación = $\frac{5,714 \times 100}{21,178} = 26,98\%$

8o. Decantación - Se pesaron 500 gramos de arena seca, y después de lavada la arena conforme a las normas dadas por la A.S.T.M. su nuevo

peso dió = 471,5
 20. análisis-El peso de la arena después de lavada fue de = 472
 Promedio = 471,75

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500 - 471,75}{500} \times 100 = 5,65\%$$

90.- Impurezas orgánicas.

En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7 y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de 2a. clase un poco más claro que el de la solución de comparación, lo cual indica que esta arena tiene menos de 250 partes por millón de materias orgánicas, y por tanto puede usarse para concretos de 2a. clase.

100. ANALISIS GRANULOMETRICO

No. del tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
4	00	00	00	00	00	00
8	144,1	137,2	123,5	133,5	134,575	26,92
16	142,4	146	139	143,6	142,75	28,55
30	122,5	125,1	126,2	124,6	124,6	24,92
50	67	70,2	80,5	74	72,925	14,59
100	20,2	18	24	19,7	20,475	4,09

Módulo de finura = 0,991

Compresión a los 7 días

Otawa	{ 1,758	Amarilla	{ 4,500
	{ 2,078		{ 3,640
	{ 1,974		{ 3,760
Promedio =	1.936,66	Promedio =	3,966,66
R. Unit. =	$\frac{1.936,66}{19,625}$	R. Unit. =	$\frac{3,966,66}{19,625} = 202,12$
= 98,68 Kgrs. c2.			

Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.496	Amarilla	{ 6.734
	{ 3.500		{ 5.110
	{ 4.400		{ 6,082
Promedio =	4,160	Promedio =	5.975,77

Resistencia Unitaria: $\frac{4.162}{19.625} = 212.07$ kgrs.c2. Resistencia unitaria: $\frac{5.975,33}{19.625} = 304,47$

Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 135	Amarilla	{ 142
	{ 135		{ 170
	{ 130		{ 165
	{ 134		{ 170
Promedio =	133,5	Promedio =	161,75
R. Unit. =	$\frac{133,5}{6,451} = 20,70$	R. Unit. =	$\frac{161,75}{6,451} = 25,07$
Kgrs.2c.			



ARENA DE LA FABRICA DE CEMENTO "DIAMANTE"-APULO.

R E S U M E N:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.551
AGUA SUPERFICIAL	0%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	35.25%
PESO UNITARIO	97.27 libras.
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	38,86%
DENSIDAD	1.560
AGUA DE INNUNDACION	26.98%
LODOS	5.65%
IMPUREZAS ORGANICAS.	2a. clase.
MODULO DE FINURA	0.991
RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.	

COMPRESION

TENSION

A los 7 días.	204.8%	A los 28 días : 121.1%
A los 28 días	143%	

CONCLUSIONES: Tiene todas las características de la arena de primera clase, menos en lo que se refiere al porcentaje de lodos; éstos se pueden disminuir, lavandola y entonces esta arena se podrá usar en toda clase de construcciones.

ARENA DE MANIZALES

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	381,5	cm ³ .
2o. "	Volumen del agua y de la arena en el frasco	380,5	"
	Promedio	381	c.c.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{381-200} = 2.762$$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	382,5	cm ³ .
2o. "	Volumen leído en el frasco	381,5	cm ³ .
	Promedio	382	c.c.

% de agua superficial:

$$= \frac{382 - \frac{500}{2.762} - 200}{200 + 500 - 382} \times 100 = 0,314\%$$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	821	g
2o. "	Peso de 400 c.c. de arena inundada	825	
	Promedio	823	grs.

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2.762 - 823}{400(2.762 - 1)} \times 100 = 40\%$$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	21.116	grs.
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	21.050	"
	Promedio	21.083	

$$\text{Densidad} = \frac{21.083}{14.090} = 1.496$$

El peso de un pié cubico de arena será:

$$= 1.496 \times 62.355 = 93.28 \text{ lbs.}$$

$$5o. - \text{Porcentaje de huecos} = \frac{2.762 \times 62.355 - 93.28}{2.762 \times 62.355} \times 100 = 45.84\%$$

6o. - Innundación.

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	20.026
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	20.000
	Promedio	20.013

7o. - Agua necesaria para innundarla

1er. análisis-	6.652	c.c.
2o. "	6.680	c.c.
	6.666	" "
	Promedio	

$$\% \text{ de agua de innundación} = \frac{6.666 \times 100}{20.013} = 33.31\%$$

8o. - Decantación- se pesaron 500 gramos de arena seca y después de lavada conforme a las normas dadas, su nuevo peso dió - = 489

2o. análisis = 490
 Promedio = 489,5

Porcentaje de lodos = $\frac{500-489,5}{500} \times 100 = 2,1\%$

9o. - Impurezas orgánicas-En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color más obscuro que el estandard, lo cual indica que esta arena tiene más de 250 partes por millón de materias orgánicas y no debe usarse en concretos.

10o. - ANALISIS GRANULOMETRICO

No. de Tamices	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
16	2,7	3	2,5	3	2,8	0,56
30	112	125	112,5	125	118,6	23,72
50	279	266	277	278	275	55,0
100	96	96	97,5	86	93,9	18,78

Módulo de finura-0,9.806

11o.- Compresión a los 7 días

Otawa	{ 1.868	Manizález	{ 1.640
	{ 1.858		{ 1.828
	{ 1.830		{ 1.858
Promedio=	1.852	Promedio=	1.775

R. Unit. $\frac{1.852}{19,625} = 94,37 \text{ Kg. cm}^2$. R. Unit. $\frac{1.775}{19,625} = 90,44 \text{ kg. cm}^2$.

Manizales
----- $\times 100 = \frac{1.775}{1.852} \times 100 = 95,84\%$
Otawa

Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{	3.900	Manizales	/	{	2.438
		3.700				2.470
		3.860				2.762

Promedio = 3.820 Promedio = 2.556,66

R. Unit. $\frac{3.820}{19,625} = 194,64$ R. Unit. $\frac{2.556,66}{19,625} = 130,27$

Manizales
----- $\times 100 = \frac{130,27}{194,64} \times 100 = 66,92\%$
Otawa

Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{	140	Manizales	/	{	95
		130				100
		140				95

Promedio = 136 Kgrs. Promedio = 93kgrs.

R. Unit. $\frac{136}{6.451} = 21,02$ R. Unit. $\frac{93}{6.451} = 14,42$

Manizales
----- $\times 100 = \frac{14,42}{21,08} \times 100 = 68,41\%$
Otawa

ARENA DE MANIZALES

RESUMEN.

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.762
AGUA SUPERFICIAL	0.31%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	40%
PESO UNITARIO	93.28 libras
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	45.84%
DENSIDAD	1.496
AGUA DE INNUNDACION	33.31%
LODOS	2.1%
IMPUREZAS ORGANICAS	Excesivas
MODULO DE FINURA	0.981
RESISTENCIA COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.	

Compresión.

TENSION

A los 7 días	95.8%	A los 28 días: 68.4%
A los 28 días.	66.9%	

CONCLUSIONES: Es una arena de mala calidad y no debe usarse en construcciones de alguna importancia.

ARENA DE CARTAGENA

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	387
2o. "	Volumen del agua y de la arena en el frasco	387
	Promedio	387

Peso específico aparente $\frac{500}{387-200} = 2.674$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Vol. del agua y de la arena en el frasco	388,5
2o. "	Vol. del agua y de la arena en el frasco	389
	Promedio	388,8

% de agua superficial $\frac{388,8 - 2.674 \cdot 200}{500 - 388,8} \times 100 = 0,58\%$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada.

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	839,4
2o. "	peso de 400 c.c. de arena inundada	840,8
	Promedio	840

% de huecos = $\frac{400 \times 2.674 - 840}{400 (2.674 - 1)} \times 100 = 34.3\%$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	22.980
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	22.978 ⁶

Promedio 22.978
Volumen del barril 14.090 c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{22.978}{14.090} = 1.631$$

50. - El peso de un pié cúbico de arena será:
= $1.631 \times 62.355 = 101,7$ lbs.

$$\text{Porcentaje de huecos} = \frac{2.674 \times 62.355}{2.674 \times 62.355} - 101,7 \times 100 = 39\%$$

60. - Inundación.

1er. análisis-Peso de la arena para llenar el frasco	21.476
2o. " " Peso de la arena para llenar el frasco	21.430
Promedio	21.453 grms.

70. - Agua necesaria para inundarla

1er. análisis	6.000 grms.
2o. " "	6.020 "
promedio	6.010 "

$$\% \text{ de agua de inundación} = \frac{6.010 \times 100}{21.453} = 21\%$$

80. - Decantación-Se pesaron 500 grms. de arena seca y después de lavada la arena conforme a las normas

dadas, su nuevo peso dió =	494,5
2o. análisis -	495.5
Promedio	495

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500-495}{500} \times 100 = 1\%$$

9º - Impurezas orgánicas.- En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7; se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de primera clase, mucho más claro que el color estándar, lo cual indica que esta arena tiene mucho menos de 250 partes por millon de sustancias orgánicas y por tanto puede usarse en concretos de primera clase.

10º - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er. aná- lisis.	2o. aná- lisis.	3er. aná- lisis	4º.aná- lisis	Prome- dio	Porcen- tajes.
4	2,5	1.8	3.4	2,6	2.8	0,56
8	7,5	8	7,5	7.6	7,6	1,52
16	9,2	10	9	9,2	9,3	1,86
30	36	36,5	34,5	36	35,8	7,16
50	101	100,2	97,5	99	99,2	19,84
100	270,4	275	272,3	273	272,7	54,54

Módulo de finura= 0,85 48

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{	2.588	Cartagena	{	2.046
		2,330			2.086
		2.356			1.844

Promedio=2.424

Promedio = 1.992

R. Unit. $\frac{2.424}{19,625} = 123,51$ Kg.cm²

R.Unit. $\frac{1,992}{19,625} = 101,50$ Kg.cm²

Cartagena $\frac{1,992}{2,424} \times 100 = 82,2\%$

Otawa.

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.044	Cartagena	{ 3.100
	{ 3.560		{ 2.846
	{ 3.500		{ 2.984

Promedio = 3.701

Promedio = 2.977

R.U. $\frac{3.701}{19,625} = 188,58$

R.U. $\frac{2.977}{19,625} = 152,71$ kgrms.c2.

Cartagena $\frac{2.977}{3.701} \times 100 = 80,44\%$

Otawa.

13º - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 120	Cartagena	{ 84
	{ 124		{ 100
	{ 130		{ 100
	{ 120		{ 102

Promedio = 123,5

Promedio = 96,5

R.U. $\frac{123,5}{6,451} = 19,15$

R.U. $\frac{96,5}{6,451} = 14,96$ lgrs. c2.

Cartagena $\frac{14,96}{19,14} \times 100 = 78,16\%$

Otawa

ARENA DE CARTAGENA

RESUMEN

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.674
AGUA SUPERFICIAL	0.58%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	34.3%
PESO UNITARIO	101.7 libras.
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	39%
DENSIDAD	1.631
AGUA DE INNUNDACION	21%
LODOS	1%
IMPUREZAS ORGANICAS.	1a. clase.
MODULO DE FINURA	0.855

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

COMPRESION		TENSION
A los 7 días	82%	
A los 28 días	80.4%	A los 28 días: 78.2%

CONCLUSIONES: Es una arena de mala calidad y no debe usarse en construcciones de alguna importancia.

ARENA DE POBLANCO

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Vol. del agua y de la arena en el frasco	382,5
2o. "	Vol. del agua y de la arena en el frasco	382,5

Peso específico aparente = $\frac{500}{382,5-200} = 2,74$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el Frasco	383
2o. "	Volumen leído en el frasco	383,5
	Promedio	383,25

Agua superficial = $\frac{383,25-200}{500-383,25} \times 100 = 0,24\%$

3o. - % de huecos en la arena inundada:

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	907,9
2o. "	Peso de 400 c.c. de arena inundada	907,7
	Promedio	907,8

Porcentaje de huecos = $\frac{400 \times 2,74 - 907,8}{400(2,74-1)} \times 100 = 27,04\%$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	26.200
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	26.208
	Promedio	26.204

Vol. del barril = 14.090 c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{26.204}{14.090} = 1.86$$

50. - El peso de un pié cúbico de arena será:
= $1.86 \times 62,355 = 115.98$ Lbs.

$$\% \text{ de huecos} = \frac{2.74 \times 62.355 - 115.98}{2.74 \times 62.355} \times 100 = 32.12\%$$

60. - Inundación

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	25.400
2o. " "	Peso de la arena para llenar el barril	25.414
	Promedio	25.407

70. - Agua necesaria para inundarla

1er. análisis-	4.785	
2o. " "	4.789	
	Promedio	4.787 grms.

$$\% \text{ de agua de inundación} = \frac{4.787 \times 100}{25.407} = 18.84\%$$

80. - Decantación

1er. análisis-	Se pesaron 500 grms. de arena seca y después de lavada segun las normas dadas, su nuevo peso dió =	483
2o. análisis -		483.6
	Promedio	483.3 grms.

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500 - 483.3}{500} \times 100 = 3.32\%$$

90. - Impurezas orgánicas-En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½, se agregó solución de NaOH

al 3% hasta la marca 7; se agitó y se dejó reposar 24 horas, al cabo de las cuales dió un color de segunda clase, un poco más claro que el color estandard, lo que indica que esta arena tiene un poco menos de 250 partes por millon de materias orgánicas y que por tanto puede usarse en concretos de 2a. clase.

10º - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er. análisis.	2º análisis.	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
4	55.1	61,5	60,6	59	59	11.8
8	79,3	71,5	70,2	73,8	73,7	15,74
16	78.4	74,8	75,2	76,4	76,2	15,24
30	85,5	86,9	81,0	84,1	84,4	16,88
50	102.7	107,2	108,2	106,4	106,1	21,32
100	75,5	76,6	81,8	77,6	77,9	15,58

Módulo de funura = 0,96.46

11º - Compresión a los 7 días

Otawa	{ 2.520	Poblanco	{ 3.295
	{ 2.522		{ 3.570
	{ 2.390		{ 3.570

Promedio = 2.477

Promedio = 3.478

R.U. = $\frac{2.477}{19,625} = 126.21$

R.U. = $\frac{3.478}{19,625} = 177,22$

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.640	Poblanco	{ 6.560
	{ 4.825		{ 6.800
	{ 4.880		{ 6.620

Promedio = 4.782

Promedio = 6.660

$$\text{R. U. } \frac{4.782}{19,625} = 243,66$$

$$\text{R.U.} = \frac{6.660}{19,625} = 339,36$$

$$\frac{\text{Poblanco}}{\text{Ottawa}} \times 100 = \frac{6.600}{4.782} \times 100 = 139,27\%$$

13º - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Ottawa { 120
 { 144
 { 120
 { 138

Poblanco { 120
 { 154
 { 150
 { 152

Promedio = 130,5

Promedio = 152 Kgrs.

$$\text{R.U.} = \frac{130,5}{6,451} = 20,24$$

$$\text{R.U.} = \frac{152}{6,451} = 23,57$$

ARENA DEL POBLANCO (ANTIOQUIA).

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.740
AGUA SUPERFICIAL	0.24%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	27%
PESO UNITARIO	116 libras
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	32.12%
DENSIDAD	1.860
AGUA DE INNUNDACION	18.8%
LODOS	3.3%
IMPUREZAS ORGANICAS	2a. clase
MODULO DE FINURA	0.965

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

Compresión

Tensión

A los 7 días 140,4%

A los 28 días: 116.3%

A los 28 días 139,3%

CONCLUSIONES: Tiene todas las características de la arena de primera calidad y puede usarse en toda clase de construcciones.

ARENA DE PUERTO BERRIO

1o.- Peso específico aparente

1er. análisis-	Vol. del agua y de la arena en el frasco	387,5
2o. " "	Vol. del agua y de la arena en el frasco	388
	Promedio	387,75

Peso específico aparente = $\frac{500}{387,75-200} = 2.663$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	389
2o. " "	Vol. leído en el frasco.	389
	Promedio	389

% de agua superficial = $\frac{389 - \frac{500}{2.663} - 200}{200 \cdot 500 - 389} \times 100 = 0.4\%$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada.

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	802 grs.
2o. " "	Peso de 400 c.c. de arena inundada	803 "
	Promedio	802,5 "

% de huecos = $\frac{400 \times 2.663 - 802,5}{400 (2.663 - 1)} \times 100 = 39,49\%$

4o. Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	20.524
2o. " "	Peso necesario para llenar el barril	20.498
	Promedio	20.511

Volumen del barril = 14.090 c.c

$$\text{Densidad } \frac{20.511}{14.090} = 1.456$$

50. - El peso de un pié cúbico de arena será:

$$= 1.456 \times 62.355 = 90,79 \text{ libras.}$$

$$\% \text{ de huecos} = \frac{2.663 \times 62.355 - 90.79}{21.663 \times 62.355} \times 100 = 45.32\%$$

60. - Innundación-

1er. análisis-Peso de la arena para llenar el barril 19,248

2o. " " Peso de la arena para llenar el barril 19,256

Promedio 19,252

70. - Agua necesaria para innundarla

1er. análisis = 6.600 grs.

2o. " " 6.610

Promedio 6.605

$$\% \text{ de agua de innundación} = \frac{6.605 \times 100}{19,252} = 34.31\%$$

80. - Decantación

1er. análisis-Se pesaron 500 gramos de arena seca, y despues de lavada conforme a las normas dadas,

su nuevo peso dió: 494

2o. - análisis 494,2

Promedio 494,1

$$\% \text{ de lodos} = \frac{500 - 494.1}{500} \times 100 = 1.18\%$$

90. - Impurezas orgánicas- En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca $4\frac{1}{2}$; se agregó solución de NaOH al 3%, se agitó y se dejó reposar 24 horas, al cabo de las cuales dió un color de primera clase, mucho más claro que el estándar, lo cual indica que esta arena tiene mucho menos de 250 partes por millon de materias orgánicas y por tanto se puede usar para concretos de primera clase.

108 - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er. aná- lisis	2o. aná- lisis	3er. aná- lisis	4o. aná- lisis	Prome- dio	Porcen- tajes.
$1\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
30	19.1	17.17	17.5	18.5	17.8	3.56
50	238.7	228	236.7	230.1	233.4	46.68
100	223	231.1	224.6	230	227.1	45.42

Módulo de finura = 0.9566

11ª - Compresión a los 7 días

Otawa { 2.666
 { 2,540
 { 2.530

Pto.Berrio { 1.264
 { 1.458
 { 1,400

Promedio=2.578,66

Promedio = 1.374

Resistencia Unitaria:

Resistencia unitaria:

$$= \frac{2.578,66}{19,625} = 131,39$$

$$= \frac{137,4}{19,625} = 70.01$$

12ª - Resistencia a la compresión a los 28 días

Otawa { 4.044
 { 3.914
 { 4.254

Pto.Berrio { 2.324
 { 2.146
 { 2.600

Promedio= 4.070,66

Promedio= 2.356.66

Resistencia unitaria:

Resistencia Unitaria:

$$= \frac{4.070,66}{19,625} = 207,42$$

$$= 28 = \frac{2.356,66}{19,625} = 120.09$$

13ª - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa { 160
 { 80
 { 150
 { 150

Pto.Berrio { 64
 { 71
 { 68
 { 81

Promedio= 153.33

Promedio = 71

Resistencia Unitaria:

$$= \frac{153,33}{6,451} = 23,73 \text{ Kg.cm}^2. = \frac{71}{6,451} = 11.01 \text{ kgrs.c}^2$$

ARENA DE PUERTO BERRIO (ANTIOQUIA).

R E S U M E N

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.663
AGUA SUPERFICIAL	0.40%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	39,5%
PESO UNITARIO	90.8 libras.
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	45.3%
DENSIDAD	1.456
AGUA DE INNUNDACION	34.3%
LODOS	1.18%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase
MODULO DE FINURA	0.957

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA:

COMPRESION

TENSION

A los 7 días	53.2%	A los 28 días: 53.3%
A los 28 días	58%	

CONCLUSIONES: Es una arena de mala calidad y no debe usarse en construcciones de alguna importancia.

ARENA DEL CHOCO

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	384
2o.	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	384
	Promedio	384

Peso específico aparente = $\frac{500}{384-200} = 2,72$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	385
2o.	" Volumen leído en el frasco	385,6
	Promedio	385,3

Agua superficial $\frac{385,3 - \frac{500}{2,72} - 200}{200 \cdot \frac{500}{500 - 385,3}} \times 100 = 0,47\%$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	874,5
2o.	" Peso de 400 c.c. de arena inundada	875,5
	Promedio	875

% de huecos = $\frac{400 \times 2,72 - 875}{400(2,72 - 1)} \times 100 = 30,96\%$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	24.470
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	24.480
	Promedio	24.475
	Volumen del barril	14.090 c.c.
Densidad = $\frac{24.475}{14.090} = 1.737$		

5o. - Peso de un pié cúbico de arena = $1.737 \times 62.355 = 108.31$ lbs.
 % de huecos = $\frac{2.72 \times 62.355 - 108.31}{2.72 \times 62.355} \times 100 = 36.14\%$

6o. - Innundación

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	23.570
2o. "	Peso de la arena para llenar el barril	23.580
	Promedio =	23.575

7o. - Agua necesaria para innundarla

1er. análisis=	5.370
2o. "	5.362
Promedio	5.366
% de agua de innundación $\frac{5.366 \times 100}{23.575} = 22.76\%$	

8o. Decantación

1er. análisis- Se pesaron 500 gramos de arena seca y después de lavada conforme las normas dadas

su nuevo peso dió 489

2o. análisis- " 489,4

Promedio 489,2

Porcentaje de lodos = $\frac{500-489.2}{500} \times 100 = 2.16\%$

9o. - Impurezas orgánicas- En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½, se agregó solución de NaOH al 3%, hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar durante 24 horas, al cabo de las cuales dió un color bastante más obscuro que el color estandar, lo cual indica que esta arena tiene mucho más de 250 partes por millón de impurezas orgánicas y por tanto no debe usarse en construcciones.

10o - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio.	Porcentajes.
4	2	1	1.4	1.5	1.47	0.29
8	63.2	68.6	66.4	66.5	66.2	13.24
16	58.5	62.5	63.6	61	61.4	12.28
30	83.1	81.5	77	80,3	80,47	16.09
50	203.55	205.4	203.75	204.4	204.2	40.84
100	61.9	59.8	60.8	60,6	60,8	12.16

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 2.622	Chocó -	{ 2.760
	{ 2.500		{ 2.736
	{ 2.342		{ 3.042
Promedio	= 2.488	Promedio	= 2.846

$$\text{R. Unit.} = \frac{2.488}{19.625} = 126,77$$

$$\text{R. Unit.} = \frac{2.846}{19.625} = 145,01 \text{ Kg. cm}^2$$

$$\frac{\text{Chocó}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{2.846}{2.488} \times 100 = 114,4\%$$

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.776	Chocó	{ 4.980
	{ 4.946		{ 5.006
	{ 4.900		{ 5.036
Promedio	= 4.874	Promedio	= 5.007

$$\text{R. Unit.} = \frac{4.874}{19.625} = 248,35$$

$$\text{R. Unit.} = \frac{5.007}{19.625} = 255,13$$

$$\frac{\text{Chocó}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{5.007}{4.874} \times 100 = 102,7\%$$

13º - Resistencia a la tensión a los 28 días.

130	}	}	140	
130			142	
134 OTAWA			CHOCO	138
128			142	

Promedio = 130,5

Promedio = 140,5

Resistencia Unitaria:

Resistencia Unitaria:

$$= \frac{130,5}{2,54} = 20,23 \text{ kgrs. c2.} = \frac{140,5}{6,45} = 21,78 \text{ kgrs. c2.}$$

ARENA DEL CHOCHO

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.720	
AGUA SUPERFICIAL	0.47%	
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	30.96%	
PESO UNITARIO	108.3	libras
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	36.14%	
DENSIDAD	1.737	
AGUA DE INNUNDACION	22.76%	
LODOS	2.16%	
IMPUREZAS ORGANICAS	Excesivas	
MODULO DE FINURA	0.949	

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA:

Compresión

TENSION

A los 7 días	114.4%	
A los 28 días	102.1%	A los 28 días 107.6%

CONCLUSIONES: Esta arena de una resistencia aceptable pero tiene una gran cantidad de impurezas orgánicas; disminuyendo estas por lavado podría usarse en construcciones.

ARENA DE CALI (RIO CAUCA).

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	388
2o.	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	387
	Promedio	387,5
	Peso específico aparente = $\frac{500}{387,5-200}$	2,666

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	390,5
2o.	" Volumen leído en el frasco	389,5
	Promedio	390

% de agua superficial-

$$= \frac{390 - \frac{500}{2,666} - 200}{200 \cdot 500 - 390} = 0.81\%$$

3o. Porcentaje de huecos en la arena inundada

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	814.8
2o.	" Peso de 400 c.c. de arena inundada	812.8
	Promedio	813.8

% de huecos = $\frac{400 \times 2,666 - 813.8}{400(2,666 - 1)} \times 100 = 37.9\%$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	21.386
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	21.406
	Promedio...	21.396
	Volumen del barril	14.090 c.c.
	Densidad = $\frac{21.396}{14.090}$	= 1.519

5o. - El peso de un pié cúbico de arena será:
 = 1.519 x 62.355 = 94.72 libras.

Porcentaje de huecos = $\frac{2.666 \times 62.355 - 94.72}{2.666 \times 62.355} \times 100 = 43\%$

6o. - Inundación-

1er. análisis-	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	20.295
2o. "	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	20.205
	Promedio	20.250

7o. - Agua necesaria para inundarla:

1er. análisis	6.328
2o. "	6.294
Promedio	6.311

% de agua de inundación = $\frac{6311}{20.250} \times 100 = 31.17\%$

8o. - Decantación - Se pesaron 500 gramos de arena seca y despues de lavada conforme a las normas dadas, su nuevo peso dió = 484 grms.

2o. análisis 484.5

Promedio 484,2 "

Porcentaje de lodos: $\frac{500-484.2}{500} \times 100 = 3.16\%$

9o. Impurezas orgánicas- En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½; se agregó solución de NaOH hasta la marca 7; se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color más obscuro que el color estandar, lo cual indica que esta arena tiene más de 250 partes por millón de materias orgánicas y por tanto no debe usarse en concretos.

10o - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del Tamiz	1er. análisis.	2º análisis.	3er. análisis.	4o. análisis	Promedio	Porcentaje.
4	2.1	1.7	3	2.5	2.3	0.46
8	8.6	7.2	7.5	8	7.8	1.56
16	26	26.4	26.5	25.5	26.1	5.22
30	123.7	125	126.2	127.2	125.5	25.10
50	277.5	275	273.8	276.8	275.8	55.16
100	56.5	57.2	56.4	53.5	55.9	11.18

Módulo de finura: 0.98.68

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 2.425	Cali	{ 1.790
	{ 2.500		{ 2.020
	{ 2.510		{ 1.630

Promedio = 2.478

Promedio = 1.813.33

Resistencia Unitaria:

Resistencia Unitaria:

= $\frac{2.478}{19.625} = 126,26 \text{ Kg.cm}^2$

= $\frac{1.813.33}{19.625} = 92,39 \text{ Kg.cm}^2$

$$\frac{\text{Cali}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{1.813}{2.478} \times 100 = 74\%$$

Otawa

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.706	Cali	{ 2.829
	{ 3.865		{ 3.470
	{ 3.942		{ 2.284

Promedio = 4.171

Promedio = 2.861

Resistencia Unitaria:

Resistencia Unitaria:

= $\frac{4.171}{19.625} = 212.53 \text{ Kg.cm}^2$

= $\frac{2.861}{19.625} = 145.78 \text{ Kg.cm}^2$

$$\frac{\text{Cali}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{145.78}{212.53} = 68,59\%$$

13^o - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa { 120
 { 122
 { 120
 { 130

Cali { 90
 { 90
 { 90
 { 85

Promedio = 123

Promedio = 88.75%

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:

$$= \frac{123}{6.45} = 19.07$$

$$= \frac{88.75}{6.45} = 13.76 \text{ Kgrs./c2.}$$

$$\frac{\text{Cali } 13.76}{\text{Otawa } 19.07} \times 100 = 72.1\%$$

ARENA DEL RIO CAUCA (CALI).

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.666	
AGUA SUPERFICIAL	0.81%	
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	37.9%	
PESO UNITARIO	94.72	libras
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	43%	
DENSIDAD	1.519	
AGUA DE INNUNDACION	31.17%	
LODOS	3.16%	
IMPUREZAS ORGANICAS	Excesivas	
MODULO DE FINURA	0.987	

RESIT. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA:

Compresión

Tensión

A los 7 días 74%

A los 28 días 68,6%

A los 28 días: 72.1%

CONCLUSIONES: Es una arena de mala calidad y no debe usarse en construcciones de alguna importancia.

135

ARENA DE SERREZUELITA

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	389,5
2o. "	Volumen del agua y de la arena en el frasco	388,5
	Promedio	389

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{389-200} = 2.645$$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	389,5
2o. "	Volumen leído en el frasco	389,5
	Promedio	389,5

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{389,5 - \frac{500}{2.645} - 200}{200 \times 500 - 389,5} = 0.16\%$$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena innundada.

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena innundada	845
2o. "	Peso de 400 c.c. de arena innundada	846
	Promedio	845,5

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2.645 - 845.5}{400 (2.645 - 1)} \times 100 = 32.5\%$$

40. - Peso unitario

1er. análisis	-Peso necesario para llenar el barril	22.230
2o.	" Peso necesario para llenar el barril	22.260
	Promedio	22.245

$$\text{Densidad} = \frac{22.245}{14.990} = 1,58$$

50. El peso de un pié cúbico de arena será:

$$= 1.58 \times 62.355 = 98,52 \text{ libras.}$$

$$\% \text{ de huecos} = \frac{2.645 \times 62.355 - 98.52 \times 100}{2.762 \times 62.355} = 40.27\%$$

60. - Innundación

1er. análisis	-Peso de la arena para llenar el barril	21.306
2o.	" Peso de la arena para llenar el barril	21.288
	Promedio	21.297

70. - Agua necesaria para innundarla:

1er. análisis	=	6.000
2o.	"	6.018
Promedio		6.009 c.c.

$$\% \text{ de agua de innundación} = \frac{6.009}{21.297} \times 100 = 28,22\%$$

80. - Decantación - Se pesaron 500 gramos de arena seca y después de lavada conforme a las normas dadas, su nuevo peso dió
- | | |
|--------------|-----|
| | 491 |
| 20. análisis | 491 |
| Promedio | 491 |
- Porcentaje de lodos = $\frac{500-491}{500} \times 100 = 1.8\%$

90. - Impurezas orgánicas - En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca $4\frac{1}{2}$ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7; se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de 2a. clase un poco más claro que el color estandard, lo cual indica que esta arena tiene un poco menos de 250 partes por millón de materias orgánicas y por tanto se puede usar en concretos de 2a. clase.

10 - ANALISIS GRANULOMETRICO

No del Tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentaje
4	0	0	0	0		0.0
8	3.5	3.7	4.5	4.1	4	0.8
16	10	7.5	8.7	9.3	8.9	1.78
30	58	58.5	58.2	60	58.7	11.74
50	225.4	226	225	225.6	225.5	45.10
100	147.7	151	154	160	153.2	30.64

Módulo de finura = 0.9.006

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 2.254	Serrezuelita	{ 2.080
	{ 2.064		{ 1.970
	{ 2.202		{ 1.970

Promedio = 2.173 Promedio = 2.006.66

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:

$$= \frac{2.173}{19,625} = 110.57 \qquad = \frac{2.006.66}{19.625} = 102,25$$

$$\frac{\text{Serrezuelita}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{2.006,66}{2.173} \times 100 = 92.31\%$$

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 4.484	Serrezuelita	{ 3.210
	{ 3.950		{ 3.810
	{ 4.160		{ 3.120

Promedio=4.198 Promedio= 3.383

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:

$$= \frac{4.198}{19,625} = 213,91 \qquad = \frac{3.383}{19.625} = 172,38$$

$$\frac{\text{Serrezuelita}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{172.38}{213.91} = 85.24$$

13º - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 154	Serrezuelita	{ 120
	{ 140		{ 140
	{ 152		{ 120
	{ 154		{ 154

Promedio = 150 Promedio = 130

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:

$$= \frac{150}{6.54} = 23.26 \qquad = \frac{130}{6.54} = 20.16$$

ARENA DE SERREZUELITA (Bogotá).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.645
AGUA SUPERFICIAL	0.16%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INUNDADA	32.5%
PESO UNITARIO	98.5 libras.
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	40.3%
DENSIDAD	1.580
AGUA DE INUNDACION	m 28.22%
LODOS	1.8%
IMPUREZAS ORGANICAS	2a. clase.
MODULO DE FINUNRA	0.901

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

Compresión

Tensión

A los 7 días 92.31%

A los 28 días: 86.6%.

A los 28 días 85.2%

Conclusiones: Es una arena de mala calidad y no debe usarse en construcciones de alguna importancia.

ARENA DE SOGAMOSO

10. Peso específico aparente

1er. análisis	-Volumen del agua y de la arena en el frasco	389
2o.	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	389
3er. análisis	-Volumen del agua y de la arena en el frasco	390
	Promedio	389,3

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{389,3 - 200} = 2,641$$

20. - Agua superficial

1er. análisis	-Volumen leído en el frasco	391
2o.	" Volumen leído en el frasco	391.5
3er.	" Volumen leído en el frasco	390.5
	Promedio	391

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{391 - \frac{500}{2,641} - 200}{500 - 391} \times 100 = 0.51\%$$

30. - Porcentaje de huecos en la arena inundada

1er. análisis	-Peso de 400 c.c.de arena inundada	822.34
2o.	" Peso de 400 c.c.de arena inundada	825,30
3er.	" Peso de 400 c.c.de arena inundada	815.80
	Promedio	821.2

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{400 \times 2.641 - 821.2}{400 (2.641 - 1)} \times 100 = 35.83\%$$

40. Peso unitario

1er. análisis-	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	23.428
2o. "	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	23.408
	Promedio	23.418 grs.
	Volumen del barril =	14.090

$$\text{Densidad} = \frac{23.418}{14.090} = 1.662$$

50. - El peso de un pie cúbico de arena será:
 $= 1.662 \times 62.355 = 103.63$ libras.

$$\% \text{ de huecos} = \frac{2.641 \times 62.355 - 103.63}{2.641 \times 62.355} \times 100 = 37.07\%$$

60. - Innundación

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	21.559
2o. "	Peso de la arena para llenar el barril	21.659
	Promedio	21.609

70. - Agua necesaria para innundarla

1er. análisis-	5.861
2o. "	5.794
	Promedio 5.827

$$\% \text{ de agua de inundación} = \frac{5.827 \times 100}{21.609} = 27\%$$

- 8o. - Decantación-ler. análisis-Se pesaron 500 gramos de arena seca y despues de lavada conforme a las normas dadas su nuevo peso dió
- | | |
|----------------|-----|
| | 476 |
| 2o. análisis - | 474 |
| Promedio | 475 |

$$\% \text{ de lodos} = \frac{500-475}{500} \times 100 = 5\%$$

- 9o. - Impurezas orgánicas-En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½, se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de primera clase mucho más claro que el estándar, lo cual indica que esta arena tiene mucho menos de 250 partes por millón de materias orgánicas y por tanto puede usarse en concretos de primera clase.
-

100 - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del Tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentaje
4	8.4	8.1	11	9.3	9.2	1.84
8	11.5	11.4	12.2	11.4	11.6	2.32
16	16.2	14.5	14.7	15.4	15.2	3.04
30	57.6	57.3	56	56.6	56.9	11.38
50	221.7	218.2	214.9	218	218.2	43.64
100	141.3	145.5	144.3	144.2	143.8	28.76

Módulo de finura = 0.9092

110 - Compresión a los 7 días

Otawa	{ 2.360	Sogamoso	{ 3.010
	{ 2.510		{ 2.870
	{ 2.370		{ 2.944

Promedio = 2.413

Promedio = 2.941

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$= \frac{2.413}{19.625} = 122,95$$

$$= \frac{2.941}{19.625} = 149,85$$

$$\frac{\text{Sogamoso}}{\text{Otawa}} \times 100 = \frac{2.941}{2.413} \times 100 = 122\%$$

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa.	{ 2.570	Sogamoso	{ 3.340
	{ 3.430		{ 3.740
	{ 3.450		

Promedio = 3.440

Promedio = 3.740

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$= \frac{3.440}{19.625} = 175,28$$

$$= \frac{3.740}{19.625} = 190,57$$



13º - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 160	Sogamoso	{ 190
	{ 180		{ 190
	{ 150		{ 200
	{ 154		{ 180

Promedio = 161

Promedio = 190

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$= \frac{161}{6.45} = 24,96 \text{ Kg.cm}^2$$

$$= \frac{190}{6.45} = 29,46 \text{ Kg.cm}^2.$$



ARENA DE SOGAMOSO (BOYACA).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.641	
AGUA SUPERFICIAL	0.51%	
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	35.83%	
PESO UNITARIO	103.63	libras.
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	37.1%	
DENSIDAD	1.662	
AGUA DE INNUNDACION	27%	
LODOS	5%	
IMPUREZAS ORGANICAS	1a.	clase.
MODULO DE FINURA	0.909	

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA

Compresión

Tensión

A los 7 días 122%

A los 28 días 118%

A los 28 días 108.7%

CONCLUSIONES: Esta arena da muy buena resistencia, pero tiene un exceso de lodos, los cuales pueden disminuirse por lavado, y entonces se podrá usar en construcciones de cualquier clase.

ARENA DE SAN CRISTOBAL (Bogotá).

1o. - Peso específico aparente

1er. análisis	- Volumen del agua y de la arena en el frasco	389,5
2o. "	- Volumen del agua y de la arena en el frasco	388,5
	Promedio	389

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{389-200} = 2,645$$

2o. - Agua superficial

1er. análisis	- Volumen leído en el frasco	389
2o. "	- Volumen leído en el frasco	389,
	Promedio	389

Como es igual el volumen leído para peso específico aparente no tiene agua superficial

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada

1er. análisis	- Peso de 400 c.c. de arena inundada	819
2o. "	- Peso de 400 c.c. de arena inundada	821
	Promedio	820 gramos.

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2,645 - 820}{400(2,645 - 1)} \times 100 = 36,1\%$$

4o. - Peso unitario

1er. análisis-	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	46 22.264
2o. "	Peso de la arena necesaria para llenar el barril	22.298
	Promedio	22.272
	Volumen del barril	14.090 c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{22.272}{14.090} = 1.581$$

5o. - El peso de un pié cúbico de arena será =

$$62.355 \times 1.581 = 98.58 \text{ libras.}$$

$$\text{Porcentaje de huecos} = \frac{2.645 \times 62.355 - 98.58}{2.645 \times 62.355} \times 100 = 40.23\%$$

6o. - Innundación

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	21.396
2o. "	Peso de la arena para llenar el barril	21.516
	Promedio	21.456

7o. - Agua necesaria para innundarla

1er. análisis	5.932
2o. "	5.989
Promedio	5.960

Porcentaje de agua de innundación =

$$\frac{5.960 \times 100}{21.456} = 27.78\%$$

80. - Decantación

1er. análisis- Se pesaron 500 gramos de arena seca
y después de lavada según las normas
dadas su nuevo peso dió 495
2o. - " 494
Promedio 494,5

$$\% \text{ de lodos} = \frac{500 - 494.5}{500} = 1.1\%$$

90. - Impurezas orgánicas-

En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de primera clase, mucho más claro que el color estándar, lo cual indica que esta arena tiene mucho menos de 250 partes por millón de materias orgánicas y por tanto puede usarse en construcciones de concreto de primera clase.

102 - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del Tamiz	1er. análisis	2o. análisis.	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
4	9.4	7.2	10.1	8.6	8.8	1.76
8	55.4	40.8	58.9	52	51.8	10.36
16	153.2	140.5	150.7	148.3	^{148.2} 198.2	^{29.64} 22.64
30	159.5	159.5	155.6	158	158.1	31.62
50	83.2	97.4	86	88.9	88.8	17.76
100	33.8	47.3	34.3	38.3	38.4	7.68

Módulo de finura=0.9882

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 1.740	San Cristobal	{ 2.825
	{ 1.920		{ 3.200
	{ 2.150		{ 2.140

Promedio=1.936.66

Promedio = 3.008.33

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$\frac{1.936.66}{19.625} = 98.68$$

$$\frac{3.008.33}{19.625} = 153.29$$

12º - Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{ 3.204	San Cristobal	{ 3.446
	{ 3.290		{ 3.740
	{ 3.620		{ 3.930

Promedio=3.371.33

Promedio=3.705.33

Resistencia unitaria:

$$= \frac{3.371}{19.625} = 171.77$$

Resistencia unitaria:

$$= \frac{3.705.33}{19.625} = 188.80$$

13ª-Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{	134	San Cristobal	{	200
		132			134
		130			200
		146			202

Promedio=135.50

Promedio = 200,66

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:

$$= \frac{135.50}{6.45} = 21.01$$

$$= \frac{200.66}{6.45} = 31.11$$

ARENA DE SAN CRISTOBAL (Bogotá).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.645
AGUA SUPERFICIAL	0.0%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	36.10%
PESO UNITARIO	98.58
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	40.23%
DENSIDAD	1.581
AGUA DE INNUNDACION	27.8%
LODOS	1.1%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase.
MODULO DE FINURA	0.988

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA:

Compresión

Tensión

A los 7 días	155.3%	A los 28 días: 148.1%
A los 28 días	109.8%	

CONCLUSIONES: Es una arena que tiene las características de las arenas de primera clase y puede usarse por tanto en cualquier clase de obras.



ARENA DEL RIO SALDANA

Envío de la Cía. de Cemento "Diamante"

10.- Peso específico aparente

1er. análisis - Volumen del agua y de la arena en el frasco = 387,5 cm³

2o.- " " Volumen del agua y de la arena en el frasco = 387 cm³

Promedio = 387,25 cm³

Peso específico aparente = $\frac{500}{387,25} - 200 = 2,67$

20.- Agua superficial

1er. análisis-Volumen leído en el frasco 388,5 cm³

2o. " " " " " " 389 cm³

Promedio = 388,75

% de agua superficial = $\frac{388,75 - 200}{500 - 388,75} \times 100 = 0,48\%$

30.- % de huecos en la arena inundada

1er. análisis: Peso de 400 c.c. de arena inundada 840,4 grs.

2o. " " " 400 c.c. de arena inundada 841,37 "

Promedio = 840,89

% de huecos = $\frac{400 \times 2,67 - 840,89}{400 (2,67 - 1)} \times 100 = 34\%$

40.- Peso unitario:

1er. análisis-Peso necesario para llenar el barril = 23.440 grs.
 2o. " " Peso necesario para llenar el barril = 23.503 "
 Promedio = 23.471 grs.
 Volumen del barril = 14.090 c.c.

50. Densidad = $\frac{23.471}{14.090} = 1,666$

El peso de un pié cúbico de arena será:

$1,666 \times 62,355 = 103,88 \text{ lbs.}$

 .-Porcentaje de huecos = $\frac{2,67 \times 62,355 - 103,88}{2,67 \times 62,355} \times 100$
 = 37,61%

Inundación.-

1er. análisis - Peso de la arena que cabe en el barril = 22.417 grs.

2o. " " Peso de la arena que cabe en el barril = 22,300 "

Promedio = 22,359

Agua necesaria para inundarla -

1er. análisis - = 5,799

2o. " " = 5,700

Promedio = 5,750

% de agua de inundación
 = $\frac{5,750 \times 100}{22,359} = 25,72\%$

60. - Decantación - Se pesaron 500 grs de arena seca, y después de lavada la arena conforme a las normas dadas por la A.S.T.M. su nuevo peso dió 498,5 grs.
20. análisis-El peso de la arena después de lavada fué de 498 grs.

Promedio = 498,25 grs.

Porcentaje de lodos = $\frac{500 - 498,25}{500} \times 100 = 0,35\%$

70. Impurezas orgánicas - En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½, se agregó solución de NaO.H al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de la. clase, bastante más claro que el de la solución de comparación, lo cual indica que ésta arena tiene menos de 250 partes por millón de materia orgánica y por lo tanto por este concepto puede usarse en concreto de primera clase.

TAMIZADO

No. del Tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio.	Porcentajes.
4	00	00	00	00	00	0.00
8	18,6	17	19,8	19,8	18,65	3,75
16	72,1	63,5	66,3	63,6	65,5	13,1
30	167,7	155,5	168	157	162,05	32,41
50	169,4	178,2	172	175,6	173,8	34,76
100	62,1	72	62	69,8	66,48	13,30

Módulo de finura = 0,9730

Compresión a los 7 días:

Otawa	{	2.440	Saldaña	{	2.462
		2.310			2.370
		2.720			2.704

Promedio: 2.490 kgrs. - Promedio: 2.512 Kgrs.

Resist. Unit. $\frac{2.490}{19,625}$ Resist. unit. $\frac{2.512}{19,625}$

= 126,87 Kgrs. c2 = 128 Kgrs. c2.

Compresión a los 28 días:

Otawa	{	4,312	Saldaña	{	4,608
		4,030			4,400
		4,600			3,780

Promedio: 3.980,66 - Promedio: 4.262,66

Otawa -

Resist. unit: $\frac{3.980,66}{19,625} = 202,9$ kgrs. c2

Saldaña -

Resist.unit: $\frac{4.262,66}{19,625} = 217,20$ kgrs. c2

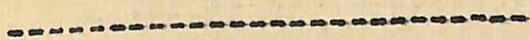
Tensión a los 28 días:

Otawa	{	162	No sirve	{	136
		134	Saldaña		142
		134			110 No sirve
				{	140

Promedio : 132,66 Kgrs.

Promedio 139,33 Kgrs.

Resist.Unit. $\frac{132,66}{6.451} = 20,56$ kgrs. c2. { R.Unit. $\frac{139,33}{6,451} = 21,6$ kgrs.c2.



ARENA DEL RIO SALDANA (Cemento Diamante)

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.670
AGUA SUPERFICIAL	0.48%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	34%
PESO UNITARIO	103.9
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	37.6
DENSIDAD	1.666
AGUA DE INNUNDACION	25.7%
LODOS	0.35%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase
MODULO DE FINURA	0.973

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA:

Compresión

Tensión

A los 7 días	100.9%	A los 28 días: 105.1%
A los 28 días	102.1%	

CONCLUSIONES: Es una arena que tiene las características de las arenas de primera clase y por tanto puede usarse en cualquier clase de construcciones.

ARENA DE LA QUEBRADA "IGUANA"

Alrededores de Medellin

10.- Peso específico aparente

1er. análisis:	Volumen del agua y de la arena en el frasco	= 384,5	cm.3.
2o.	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	= 385	cm.3
3er.	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	= 385	cm.3
	Promedio	= 384,83	" 3

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{384,83 - 20} = 2.71$$

20.- Agua superficial:

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco	= 391	"
2o.	" Volumen leído en el frasco	= 392	"
3er.	" Volumen leído en el frasco	= 391,5	"
	Promedio	= 391,5	"

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{(391,5 - 200 - \frac{500}{2.71})}{200} \times 100 = 2.05\%$$

30.- % de huecos en la arena inundada:

1er. análisis:	Peso de 400 c.c. de arena inundada	= 845,7
2o.	" Peso de 400 c.c. de arena inundada	= 848,3

2o. análisis = 5.845 c.c.

Promedio = 5,887,5 c.c.

% de agua de inundación

$$= \frac{5,887,5}{22.300} \times 100 = 26.40\%$$

7o. Decantación -

Se pesaron 500 gramos de arena seca, y después de lavada la arena conforme a las normas dadas por la A.S.T.M. su nuevo peso dió

= 484 grs.

2o. análisis-El peso de la arena después de lavada fue de

= 483,7

Promedio

= 483,85

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500-483,85}{500} \times 100 = 3,25\%$$

Impurezas orgánicas - En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½, se agregó solución de NaO.H. al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de 2a. clase, bastante más claro que el de la solución de comparación, lo cual indica que esta arena tiene más de 250 partes por millón de sustancias orgánicas, y por lo tanto puede usarse en concretos de 2a. clase.

TAMICES

No. del Tamiz	1er. análisis.	2o. análisis.	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes.
4	00	00	00	00	00	0,00
8	64,2	63,2	59,4	62,1	62,22	12,44%
16	78,3	83,3	78,2	79,9	79,93	15,99
30	91,3	92,2	89,6	90,3	90,85	18,17
50	12,3	120,3	123,5	123,3	122,52	24,50
100	97,7	96	101,5	98,2	98,35	19,67

Módulo de finura = 0,9077

Compresión a los 7 días:

Resist. unit.-Otawa = $\frac{2.326,66}{19,625} = 118,50$ kgrs. c.2

" " Iguaná = $\frac{2.696,66}{19,625} = 137,40$ kgrs.c.2.

Otawa	{	2,330	Iguaná	{	2,580
		2,370			2,692
		2,280			2,818

Promedio = 2.326,66 - Promedio = 2.696,66 kgrs.
Kgrs.

Resistencia a la compresión a los 28 días.

Otawa	{	3,940	Iguaná	{	4,050
		4,250			4,690
		3,800			4,620

Otawa

Iguaná

Promedio=3.996,66 Kgrs.

Promedio=4.453,33 Kgres

Resist.Unit.= $\frac{3.996.66}{19,625}$ = 203,65 kgrs.c2 -R.Unit.= $\frac{4.453.33}{19,625}$

= 226,92 Kgrs.c2.

Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 136	Iguaná	{ 140
	{ 134		{ 142
	{ 138		{ 140
	{ 130		{ 144

Promedio=134,5 Kgrs.c2-Promedio=141,5 Kgrs.c2.

Resistencia unitaria: Resistencia unitaria:
= $\frac{134,5}{6,451}$ = 20,85 kr.c2. = $\frac{141,5}{6,451}$ = 21,93 kgrs. c2.

ARENA DE LA QUEBRADA IGUANA (ANTIOQUIA).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.710
AGUA SUPERFICIAL	2.05%
VOL. DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	34.2%
PESO UNITARIO	104.32 libras
VOL. DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	37.1%
DENSIDAD	1.673
AGUA DE INNUNDACION	26.4%
LODOS	3.25%
IMPUREZAS ORGANICAS	2a. clase
MODULO DE FINURA	0.908

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

Compresión

Tensión

A los 7 días	115.9%	A los 28 días: 105.1%
A los 28 días	111.4%	

CONSLUCIONES: Tiene las características de la arena de primera clase y puede usarse en cualquier clase de construcciones.

ARENA DE MONSERRATE, LA PENNA Y EGIPTO

Areña fina - Varios productores - Bogotá.

1o. Peso específico aparente:

1er. analistas - Volumen del agua y de la arena en el frasco =	389,5	c.c.
2o. Volumen del agua y de la arena en el frasco =	389,5	
3er. Volumen del agua y de la arena en el frasco =	389,5	
Promedio =	389,5	" "

$$\frac{389,5 - 200}{500} = \text{Peso específico aparente} = 2,64$$

2o. Agua superficial

1er. analistas - Volumen leído en el frasco =	389,5
2o. Volumen leído en el frasco =	389,5
3o. Volumen leído en el frasco =	389,5
Promedio =	389,5

$$\frac{389,5 - 200 - 2,64}{500} \times 100 = \text{\% de agua superficial} = 0,00\%$$

Nota: siendo iguales los volúmenes leídos en los frascos, tanto para el peso específico aparente como para el % de agua superficial, de una vez hubiera podido decirse que el agua superficial era igual a cero.

3o. Porcentaje de huecos en la arena inundada:

- 1er. análisis-Peso de 400 c.c. de arena inundada = 840,4 grs.
- 2o. " " Peso de 400 c.c. de arena inundada = 841,37 "
- Promedio = 840,89 "

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2.64 - 840,89}{400(2.64 - 1)} \times 100 = 30,54\%$$

4o. Peso unitario:

- 1er. análisis-Peso necesario para llenar el barril = 22.008
- 2o. " " Peso necesario para llenar el barril = 21,998 gramos
- Promedio = 22.003 "

Volumen del barril = 14.090 c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{22.003}{14.090} = 1,561$$

El peso de un pié cúbico de arena será:

$$= 62.355 \times 1,561 = 97,34 \text{ libras.}$$

$$\text{Porcentaje de huecos} = \frac{2,64 \times 62,355 - 97,34}{2,64 \times 62,355} \times 100 = 40,87\%$$

5o. Inundación.

- 1er. análisis-Peso de la arena para llenar el barril = 20,616 grs.
- 2o. " " Peso de la arena para llenar el barril = 20,696 "
- Promedio = 20,656 "

6o. Agua necesaria para inundarla:

1er análisis- = 6,265 c.c.
2o. " = 6,290 c.c.
Promedio = 6,277,5 c.c.

% de agua de inundación =

$$= \frac{6,277,5 \times 100}{20,656} = 30,39\%$$

7o. Decantación- Se pesaron 500 gramos de arena seca, y después de lavada la arena conforme a las normas dadas por la A.S.T.M. su nuevo peso dió: 497 gramos.

2o. análisis- El peso de la arena después de lavada

fué de = 497 gramos

Promedio = 497 "

Porcentaje de lodos = $\frac{500 - 497}{500} \times 100 = 0,6\%$

8o. Impurezas orgánicas-En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca 4½ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color de la clase, bastante más claro que el de la solución de comparación, lo cual indica que esta arena tiene menos de 250 partes por millon de materias orgánicas, y por tanto puede usarse para concretos de la clase.

ANALISIS GRANULOMETRICO

No. del tamiz	1er. análisis	2o. análisis	3er. análisis	4o. análisis	Promedio	Porcentajes
4	00	00	00	00	00	00
8	1,2	1,6	1,5	1,4	1,425	2,85
16	5,5	5,7	5,6	5,5	5,575	1,115
30	80,1	82,5	81,8	82	81,6	16,32
50	284,2	286,5	285,8	285,4	285,475	57,095
100	99,5	95,4	96,3	97,2	97,1	19,42

Módulo de finura = 0,968

Compresión a los 7 días:

Otawa {	2,414	Monserrate, {	2,300
	2,260	La Peña y {	2,350
	2,258	Egipto. {	2,268
Promedio =	2,310,66	Promedio =	2,306 Kgrs.
R. Unit. =	$\frac{2,310,66}{19,625} = 117,74$ Kgrs.c2.	R. Unit. =	$\frac{2,306}{19,625} = 117,50$ Kgrs.c2.

Compresión a los 28 días:

Otawa {	4,266	Monserrate, {	3,664
	3,804	La Peña y {	3,860
	4,790	Egipto. {	4,128
Promedio =	4,286,67	Promedio =	3,884 Kgrs.
R.U. =	$\frac{4,286,67}{19,625} = 218,31$	R.U. =	$\frac{3,884}{19,625} = 197,91$ kgrs.c2.

Resistencia a la tension a los 28 días.

Otawa { 150
 { 148
 { 148
 { 148

Monserate { 160
La Peña y { 160
Egipto { 140
 { 158

Promedio=148,5 Kgrs.

Promedio= 154,5 Kgrs.

$$R.U. = \frac{148,5}{6,451} = 23,01 \text{ kgrs.c2}$$

$$R.U. = \frac{154,5}{6,451} = 23,95$$



ARENA DE MONSERRATE, LA PEÑA Y EGIPTO (Bogotá).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.640
AGUA SUPERFICIAL	0.0%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	30.54%
PESO UNITARIO	97.34 libras
VOLUMEN DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	40.9%
DENSIDAD	1.561
AGUA DE INNUNDACION	30.39
LODOS	0.6%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase
MODULO DE FINURA	0.968

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA

Compresión

TENSION

A los 7 días	100%	A los 28 días: 100.4%
A los 28 días	90.6%	

CONCLUSIONES: Es una arena regular; no debe usarse en obras de gran importancia, en donde se vaya a resistir grandes pesos, en las demás, sí.

ARENA DEL RIO TUNJUELO

Enviada por las EE.PP. de Bogotá.

1o. - Peso específico aparente.

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	390,5 c.c.
2o. "	Volumen del agua y de la arena en el frasco	390,5 " "
Promedio		390,5

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{500}{390,5 - 200} = 2.62$$

2o. - Agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco .	391,2
2o. "	Volumen leído en el frasco	391
Promedio		391,1

$$\% \text{ de agua superficial} = \frac{391,1 - 200 - \frac{500}{2.62}}{200 - 500 - 391,1} \times 100 = 0.19\%$$

3o. - Porcentaje de huecos en la arena inundada:

1er. análisis-	Peso de 400 c.c. de arena inundada	848,37 grs.
2o. "	Peso de 400 c.c. de arena inundada.	845 "
Promedio		846.68 "

$$\% \text{ de huecos} = \frac{400 \times 2.62 - 846.68}{400 \times 1.62} \times 100 = 31.07\%$$

40. - - - Peso unitario:

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	23.939 grms.
2o.	" Peso necesario para llenar el barril	23.850
	Promedio	23.894
	Volumen del barril	14.090

Densidad $\frac{23.894}{14.090} = 1.696$

50. - El peso de un pié cúbico de arena será:

$62.355 \times 1.695 = 105.75 \text{ lbs.}$

Porcentaje de huecos = $\frac{2.62 \times 62.355 - 105.75}{2.62 \times 62.355} \times 100 = 35.27\%$

60. - Inmundación:

1er. análisis-	Peso de la arena para llenar el barril	23.188 grms.
2o.	" Peso de la arena para llenar el barril	23.088 "
	Promedio	23.138

70. - Agua necesaria para innundarla:

1er. análisis-	5.275 c.c.
2o.	" " 5.240
Promedio	5.262.5 c.c.

% de agua de innundación = $\frac{5.262.5 \times 100}{23.188} = 22.7\%$

80. - Decantación:

1er. análisis	Se pesaron 500 grms. de arena seca y después de lavada confor- me a las normas dadas, su nuevo peso dió	495 grms.
2o. "	El peso de la arena después de lavada fue	495 "
	Promedio	495 "

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500-495}{500} \times 100 = 1\%$$

90. - Impurezas orgánicas: En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca $4\frac{1}{2}$ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7, se agitó y se dejó reposar 24 horas al cabo de las cuales dió un color pálido de primera clase, lo que indica que esta arena tiene bastante menos de 250 partes por millón de materias orgánicas y que puede usarse en concretos de primera clase.

10 - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er.análisis.	2o.análisis	3er.análisis	4o.análisis	Promedio.	Porcentajes.
4	00	000	00	00	00	00
8	47.5	48,5	52.1	52	50.03	10
16	145.7	144.5	148	150,8	147.5	29,5
30	160.9	158.5	161.6	162	160.75	32.15
50	92.1	92.6	90	88,2	90,75	18.15
100	44.3	45.7	42.3	41.7	43,5	8.70

Módulo de finura= 0.985,

11º - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 2.070	{ 2.590	Tunjuelo
	{ 2.100	{ 2.300	
	{ 1.910	{ 2.466	

Promedio=2.026.66

Promedio = 2.452

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$\frac{2.026.66}{19.625} = 103.26 \text{ kg. cm}^2$$

$$\frac{2.452}{19.625} = 124,9 \text{ Kg. cm}^2.$$

12ª - Compresión a los 28 días

Otawa	{	2.380	Tunjuelo	{	4.260
		3.617			4.030
		3.210			3.890

Promedio= 3.402.33

Promedio= 4.060

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$\frac{3.402.33}{19.625} = 173.36$$

$$\frac{4.060}{19.625} = 206.87$$

13ª - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{	132	Tunjuelo	{	150
		140			152
		142			200
		140			160

Promedio= 138,5

Promedio= 165.5

Resistencia unitaria:

Resistencia unitaria:

$$\frac{138.5}{6.451} = 21.47$$

$$\frac{165.5}{6.451} = 25.65$$

ARENA DE TUNJUELO (BOGOTA).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.620
AGUA SUPERFICIAL	0.19%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	31.1%
PESO UNITARIO	105.75 libras
VOLUMEN DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	35.27%
DENSIDAD	1.696
AGUA DE INNUNDACION	22.7%
LODOS	1%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase
MODULO DE FINURA	0.985

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

<u>Compresión</u>	<u>Tensión</u>
A los 7 días 120.1%	
A los 28 días 119%	A los 28 días: 119.9%

CONCLUSIONES: Es una arena de primera calidad y puede usarse en toda clase de construcciones.

ARENA DE PEÑA DE MEDELLIN

Proveniente del Guamal.--

Arenales del Dr. Juan de la Cruz Posada.

1o. - Peso específico aparente:

1er. análisis-	Volumen del agua y de la arena en el frasco	385	c.c.
2o	" Volumen del agua y de la arena en el frasco	385	
	Promedio	385	

Peso específico aparente = $\frac{500}{385-200} = 2.702$

2o. - agua superficial

1er. análisis-	Volumen leído en el frasco.	387,5
2o.	" Volumen leído en el frasco	387
	Promedio	387,25

% de agua superficial = $\frac{387,25-200-2.702}{200 \cdot 500 - 387,25} \cdot 500 \cdot 100 = 0,72\%$

3o. - Porcentaje de huecos = $\frac{2.702 \cdot 62.355 - 97.02}{2.702 \cdot 62.355} \cdot 100 = 42,53\%$

4o. - Peso unitario:

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	21.828
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	23.034
	Promedio	21.931
	Volumen del barril	14.090 c.c.

$$\text{Densidad} = \frac{21.931}{14.090} = 1.556$$

5o. - El peso de un pié cúbico de arena será:

$$1.556 \times 62.355 = 97.02 \text{ libras.}$$

6o. - Innundación.

1er. análisis-	Peso necesario para llenar el barril	21.135
2o. "	Peso necesario para llenar el barril	20.828 grms.
	Promedio	20.981

7o. - Agua necesaria para innundarla:

1er. análisis-	6.310 grms.
2o. "	6.230
Promedio	6.270

$$\text{Porcentaje de agua de innundación} = \frac{6.270 \times 100}{20.981} = 29.88\%$$

- 8o. - Decantación - 1er. análisis-Se pesaron 500 grms. de arena seca y después de lavada conforme a las normas dadas su nuevo peso dió 480
- 2o. análisis- 478
- Promedio 479

$$\text{Porcentaje de lodos} = \frac{500-479}{500} \times 100 = 4.2\%$$

- 9o. - Impurezas orgánicas. - En un frasco graduado en onzas se echó arena hasta la marca $4\frac{1}{2}$ onzas; se agregó solución de NaOH al 3% hasta la marca 7; se agitó y se dejó reposar durante 24 horas al cabo de las cuales dió un color de segunda clase lo que indica que esta arena no debe usarse en concretos de primera clase.

10o - ANALISIS GRANULOMETRICO

Nº del tamiz	1er.análisis	2o.análisis	3er.análisis	4o.análisis	Promedio	Porcentaje.
4	00	00	00	00	00	00
8	15	16	15	18	16	3.2%
16	86	83	87	84	85	17.0%
30	105.75	107	104	109	106.43	21.28%
50	97,5	98	94	96	96.38	19.27%
100	89,3	80	85	88	85.52	17.10%

Módulo de finura= 0.778,5

11 - Compresión a los 7 días.

Otawa	{ 1.450	Arena de Peña.	{ 850
	{ 1.400		{ 800
	{ 1.806		{ 140
Promedio =	1.425	Promedio =	796.66
Resistencia unitaria:		Resistencia unitaria:	
$\frac{1.425}{19.625} = 72.61$	Kg. cm ²	$\frac{796.66}{19.625} = 40.59$	Kg. cm. ²

12 - Compresión a los 28 días.

Otawa	{ 2.500	Arena de Peña	{ 1.090
	{ 2.700		{ 1.000
	{ 2.750		{ 1.010
Promedio =	2.650	Promedio =	1.033.33
Resistencia por centímetro cuadrado:			
$\frac{2.650}{19.625} = 135.03$	Kg. cm ²	$\frac{1.033.33}{19.625} = 54.18$	Kg. cm ² .

13 - Resistencia a la tensión a los 28 días.

Otawa	{ 136	Arena de Peña.	{ 60
	{ 140		{ 40
	{ 138		{ 52
	{ 140		{ 48
Promedio =	138.5	Promedio =	50
Resistencia unitaria:		Resistencia unitaria:	
$\frac{138.5}{6.451} = 21.47$	Kg. cm ² .	$\frac{50}{6.451} = 7.75$	Kg. cm ² .

ARENA DE PEÑA (MEDELLIN).

RESUMEN:

PESO ESPECIFICO APARENTE	2.702
AGUA SUPERFICIAL	0.72%
VOLUMEN DE HUECOS EN LA ARENA INNUNDADA	42.5%
PESO UNITARIO	97 libras.
VOLUMEN DE HUECOS EN EL PESO UNITARIO	42.4
DENSIDAD	1.556
AGUA DE INNUNDACION	29.88%
LODOS	4.2%
IMPUREZAS ORGANICAS	1a. clase
MODULO DE FINURA	0.778

RESIST. COMPARADA CON LA DE LA ARENA DE OTAWA.

Compresión

Tensión

A los 7 días	55.95%	A los 28 días: 36.1%
A los 28 días	40%	

CONCLUSIONES: Es una arena de muy mala calidad y no debe usarse en construcciones.



C O N C L U S I O N:ARENAS DE MUY BUENA CALIDAD.-

La Hueso (Medellin)
 Diamante (Apulo)
 Poblano (Antioquia)
 Sogamoso (Boyacá)
 San Cristobal (Bogotá)
 Iguaná (Medellin)
 Tunjuelo (Bogotá)

ARENAS DE REGULAR CALIDAD

Chocó
 Saldaña (Fábrica de Cemento Diamante).
 Monserrate, La Peña y Egipto (Bogotá).

ARENAS DE MALA CALIDAD

Manizales (Caldas)
 Cartagena (Bolívar)
 Pto. Berrío (Antioquia)
 Río Cáuca (Cali)
 Serrezuelita (Bogotá).
 Arena de Peña (Medellin).