

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

MEZCLAS DE CONCRETO PARA OBRAS DE POCO VOLUMEN

Tutor: Prof. Nelson Camacho

Cotutor: Prof. Gilberto Velazco

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Civil.
Por el Br. Juan Manuel Núñez Benítez

Caracas, Junio De 2005

Dedicado a mis tres mujeres adoradas,

Luz Marina

Yarbey Mariana

Jael Manoli

a ellas y a un hombre muy especial

Jefté Manuel

todos ustedes, que han sido y serán siempre mi razón para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Para todos ustedes, ya saben quienes son... Pero de todas formas, los voy a mencionar para que no se sientan aludidos.

Literalmente, las manos que me ayudaron en todos los ensayos, esas manos que ensuciándose con las mías, lograron un fin muy limpio.

Luis Vaca, por ser conmigo un estibador de lujo, más coloquial, por aguantar dos toneladas de agregados en el lomo. *Giocar Méndez*, deja de reírte, es en serio, gracias por ayudar. *Eguzki Arozena*, por ser el mejor homogenizador de agregados que he conocido, pero no he conocido a muchos, así que tú me dirás. *Claudia Arias*, supervisora activa de alta calidad. Todo se cumplió al pie de la letra mi comandante, pero cualquier irregularidad la podemos negociar. *Gabriel Urbina*, hace calor en el laboratorio ese, ¿o son cosas mías? *Maria Eugenia Argüelles*, los zapatos altos no se usan en los trabajos de campo. *Eripmar Bustamante*, ¡solo son unas conchitas que lavar vale! No te quejes tanto. Y más importante que todo, a los desayunos, almuerzos y cenas de mi madre; además, las chucherías de mis hermanitas y las cervezas de mi hermano, ¡ah! Y las gelatinas de mi tía.

Al *Prof. Cesar Peñuela* y todo el personal técnico del IMME, pues con su apoyo, disposición y ánimos pudo ser completamente factible este trabajo de grado.

Núñez B., Juan M.

MEZCLAS DE CONCRETO PARA OBRAS DE POCO

VOLUMEN

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Nelson Camacho

Trabajo Especial de Grado. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. 2005. 97 Páginas

Palabras claves: Tecnología del concreto, Diseño de mezclas, Obras de poco volumen.

RESUMEN

Se presenta en el siguiente trabajo de investigación el informe completo del análisis de tres métodos de dosificación de concreto usados para obras de poco volumen, los cuales son las Tablas I y II del Manual del Concreto Estructural y el Método de Matías Santana. Los cuales se elaboraron con materiales de la Zona Metropolitana, específicamente, Piedra Picada N°1, Canto Rodado N°1 y Arena de San Benito. Junto con esto, la comparación de sus resultados con el Método del Manual del Concreto Estructural, determinando así valores de ajuste entre las dos metodologías.

A partir de estos resultados, se propone con los ajustes, una nueva configuración para la Tabla I del Manual del Concreto Estructural y el Método de Juan Núñez en base a la metodología empleada por Matías Santana.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS	6
General	6
Específicos	6
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	7
ALCANCES.....	8
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	9
Diseños de Mezcla	9
Los materiales y su relación con el diseño.....	9
Diseños de mezcla analíticos	12
Diseños de mezcla no analíticos	13
Por tablas.....	14
Por ensayos	14
Obras de Poco Volumen	15
Características	16
Primera etapa: Materiales.....	16

Calidad	16
Almacenamiento	18
Segunda Etapa: Mezclado	19
Diseño de mezcla	19
Dosificación	20
Método de mezclado	21
Trabajabilidad	22
Tercera Etapa: Manejo en estado fresco	23
Transporte	23
Colocación	23
Cuarta Etapa: Curado	24
 CAPITULO III	
MARCO METODOLÓGICO.....	26
Metodología	26
Muestra.....	26
Cantidad de ensayos.....	27
Cantidad de materiales	27
Evaluación del concreto	28
Materiales.....	28
Agregados	28
Cemento	30
Agua	30
Preparación y Mezclado.....	30

Concreto fresco	31
Relación agua/cemento	31
Trabajabilidad	31
Preparación de probetas a ensayar	31
Concreto Endurecido.....	32
Curado de probetas.....	32
Pulso ultrasónico	32
Resistencia mecánica	32
Dosificación Mediante Métodos No Analíticos.....	33
Dosificación por tablas.....	33
Tabla I del Manual del Concreto Estructural	33
Tabla II del Manual del Concreto Estructural.....	34
Dosificación por pruebas en obra.....	35
Método de Matías Santana.....	35
Dosificación Mediante Método Analítico.....	38
Diseño directo	39
Diseño inverso.....	40
CAPITULO IV	
RESULTADOS.....	42
Obtención de los materiales	42
Dosificación preliminar.....	42
Ensayo de los materiales	44
Métodos:.....	44

Combinación: Piedra Picada y Arena San Benito.....	44
Tabla I Manual del Concreto Estructural.....	44
Tabla II Manual del Concreto Estructural.....	46
Método de Matías Santana.....	47
Diseño analítico, estimación de cantidades.....	49
Combinación: Canto Rodado y Arena San Benito.....	51
Tabla I Manual del Concreto Estructural.....	51
Tabla II Manual del Concreto Estructural.....	52
Método de Matías Santana.....	54
Diseño analítico, estimación de cantidades.....	56
Análisis de resultados.....	58
CAPITULO V	
PROPUESTA DEFINITIVA	70
Observaciones Generales	70
Propuesta sencilla: Tabla definitiva de dosis	70
Propuesta del método de Matías Santana.....	71
Propuesta Juan Núñez (en Base a la metodología de Matías Santana):.....	73
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PESOS ESPECÍFICOS.....	27
TABLA 2: DOSIFICACIÓN DE MEZCLA, RECETA ÚNICA	33
TABLA 3: DOSIFICACIÓN DE MEZCLA, RECETA AMPLIADA.....	34
TABLA 4: CANTIDAD DE MEZCLAS POR MÉTODO.....	43
TABLA 5: CANTIDADES A ENSAYAR.....	43
TABLA 6: DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 1	44
TABLA 7: DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO	45
TABLA 8: DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 1.....	46
TABLA 9: DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO.....	47
TABLA 10: DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 1.....	47
TABLA 11: RESISTENCIAS Y VELOCIDADES PARA MÉTODO MATÍAS SANTANA.....	49
TABLA 12: DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO.....	49
TABLA 13: DOSIS MCE COMBINACIÓN 1	50
TABLA 14: DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 2	51
TABLA 15: DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO	52
TABLA 16: DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 2.....	52
TABLA 17: DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO.....	53
TABLA 18: DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 2.....	54
TABLA 19: RESISTENCIAS Y VELOCIDADES PARA MÉTODO MATÍAS SANTANA.....	55
TABLA 20: DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO.....	56

TABLA 21: DOSIS MCE COMBINACIÓN 2	57
TABLA 22: PROPUESTA DE DOSIS ÚNICA.....	70
TABLA 23: DOSIS DE LOS MATERIALES SEGÚN MÉTODO DE MATÍAS SANTANA.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: RELACIÓN TRIANGULAR	10
FIGURA 2: RELACIÓN TRIANGULAR Y LOS AGREGADOS	11
FIGURA 3: DOSIFICACIONES USUALES EN OBRA	21
FIGURA 4: EJEMPLO DE DOSIS CURVA DE COMPACTACIÓN.....	36

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICO 1 DISEÑO PIEDRA ARENA / MATÍAS SANTANA.....	48
GRAFICO 2 COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA / PIEDRA ARENA.....	50
GRAFICO 3 DISEÑO DE GRAVA ARENA / MATÍAS SANTANA.....	55
GRAFICO 4 COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA / GRAVA ARENA.....	57
GRAFICO 5 COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS TABLAS DEL MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL.....	62
GRAFICO 6 COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS MATÍAS SANTANA / LEY DE ABRAMS	63
GRAFICO 7 LÍNEAS DE TENDENCIA. PIEDRA Y ARENA.....	64
GRAFICO 8 COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS MATÍAS SANTANA / LEY DE ABRAMS	65

GRAFICO 9 LÍNEAS DE TENDENCIA. CANTO RODADO Y ARENA	66
GRAFICO 10 DISEÑO CON TABLA DE MATÍAS SANTANA.....	
PIEDRA PICADA Y ARENA.....	71
GRAFICO 11 DISEÑO CON TABLA DE MATÍAS SANTANA CANTO RODADO Y ARENA	72

INTRODUCCIÓN

Se entiende la tecnología del concreto, como la aplicación de los estudios de la influencia de los elementos que componen el concreto sobre sus características para así lograr mediante ensayos, pruebas y otros estudios la mejor respuesta posible de este compuesto.

Principalmente, para este trabajo, para desarrollar la tecnología del concreto, se presta atención no tanto en las propiedades de este material, sino a ese procedimiento que proporciona las dosis necesarias de sus componentes para lograr una mezcla homogénea con las características deseadas, estos procedimientos son los diseños de mezcla.

En el campo de aplicación, la tecnología se desvirtúa en cierto modo, cuando las obras no necesitan en sus diseños de concreto de tantos refinamientos en el análisis y además se requieren respuestas rápidas para obtener dicho material, siendo en su mayoría estas las obras de poco volumen de concreto. Por esto, si se desea dosificar un concreto se recurren a métodos no analíticos, que engloban una cantidad de parámetros los cuales puedan producir muestras con el requerimiento deseado. Aun en estas condiciones, para el concreto a usar en estas obras, se requiere como mínimo en la manipulación y mantenimiento de sus materiales componentes, de algunas recomendaciones, lo cual se recopila en este trabajo.

Por estas razones, se analizaron diversos métodos de dosificación de concreto no analíticos, las dos tablas propuestas en el Manual del Concreto Estructural y el método de Matías Santana; para poder verificar lo versátiles que son en su empleo y su desempeño para las obras de poco volumen. Estos se compararon con métodos ya desarrollados mediante estudios estadísticos de muestras muy amplias, es decir, los diseños de mezcla analíticos y determinar si es posible una relación entre estos.

Con estos resultados, y para materiales de fácil obtención en el área de la Zona Metropolitana, se propuso, en definitiva además de un ajuste sobre los métodos

existentes, un nuevo método de dosificación, el cual intenta englobar las características consideradas relevantes e importantes, existentes en los métodos analizados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tecnología del concreto, como toda aplicación, sufre de constantes actualizaciones las cuales repercuten directamente en mejoras y nuevas enseñanzas, resultando provechosas para el campo de la construcción de obras civiles donde este material se utiliza como materia prima.

Las investigaciones realizadas en este ámbito se han especializado en buscar cual es la mejor interacción existente entre los elementos que conforman el concreto, enfocándose en estudiar sus componentes, analizándolos de manera individual y el como combinarlos para conformar un todo; se busca lograr que cumpla con las características para cubrir las necesidades requeridas en los diferentes tipos de construcción, como lo son su trabajabilidad, resistencia mecánica, permeabilidad y aquellas otras que garanticen un concreto óptimo para la obra requerida.

Para lograr que un concreto cumpla con todos los requisitos anteriormente mencionados, surgen en el campo de la tecnología, una serie de métodos que paso a paso e involucrando parámetros referidos a los componentes de la mezcla, intentan reproducir un material que proporcione los requerimientos necesarios para un buen concreto con un excelente desempeño en obra. Estos métodos son denominados diseños de mezcla.

Pero como para este compuesto, intervienen muchos parámetros, también existen a su vez una extensa variedad de diseños de mezclas, estos los hace casi imposible de englobar en procedimientos o consideraciones reducidas que los simplifiquen. Entonces se puede afirmar que los diseños de mezcla no llegan a ser completamente exactos, porque no todos resumen todas las características de los materiales requeridas, cada uno se enfoca en una característica en particular. Al no ser todos perfectos, intentan reproducir casos que suceden en la realidad y cada uno puede enfocarse en parámetros específicos y atacar el problema desde muchos ángulos distintos.

Por esto un diseño de mezcla puede llegar a ser más complicado mientras más variables considere dentro de sus pasos para lograr la dosificación deseada, lo que hace al involucrado en la obra intentar buscar de estos, el más simplificador o simplemente no utilizarlos. Esta es la razón de buscar diseños con mayor grado de operatividad, esto es, de fácil acceso y entendimiento para la mayoría de los usuarios involucrados en las obras civiles, para así garantizar una mezcla de buena calidad.

Alcanzar un equilibrio entre la mayor cantidad de variables consideradas en el diseño y la operatividad de este, es el punto óptimo de un diseño de mezclas. Pues con esto, se logra que en las obras se tenga un concreto de mejor calidad que aquel realizado bajo mezclas empíricas sin ningún fundamento.

Por esta razón surge la necesidad de aplicar métodos de diseño de mezclas no analíticos, es decir, métodos que tomen en cuenta los mismos elementos participantes y que reproduzcan resultados igual de acertados, con capacidad de respuesta inmediata, y adaptados a cada caso en particular. Claro está, que al ser métodos que surgen en la obra, deben ser cuidados con sumo detalle, pues dependiendo del control con el que se manejen sus componentes y todas las etapas involucradas en la elaboración del mismo, los resultados podrían ser susceptibles a cambios dentro de la configuración requerida.

En el caso donde no se dispone de un diseño de mezclas analítico para el concreto a utilizar, en obra, se recurre a otros medios; se emplea una metodología que se base en la dosificación de la mezcla por medio de la experiencia como se acepta en la norma COVENIN 1753 en su artículo 4.3. En este caso, pueden obviarse aspectos influyentes directamente en la calidad del concreto (calidad y características de los materiales, métodos de mezclado), entonces, es importante sustentar esa experiencia con un método que funcione de guía para aquellos cuya habilidad y facilidad al elaborar la dosificación de mezclas de concreto no sea lo suficientemente extensa como para proponer una distribución de materiales óptima y para obtener resultados aceptables para el tipo de concreto requerido, dejando así en manos de estos, una

herramienta que sea capaz de generar mezclas de concreto de características deseadas para las obras de poco volumen.

La propuesta de métodos de este tipo es una respuesta para las obras de concreto de poco volumen, dónde los ensayos de laboratorio no son justificables por la poca cantidad de este o por razones de empleo de un concreto con poca importancia estructural. Pero, es necesario igual mantener un control sobre el mismo, pues no se debe pasar por alto que de igual forma, este tiene ciertos requerimientos para su empleo, como se mencionó anteriormente, la trabajabilidad, la resistencia mecánica y su fluidez, entre otros.

Así que para el investigador surge la interrogante ¿en base a los diseños de mezclas existentes puede ser posible proponer uno nuevo el cual intente dar una solución menos empírica y mas ajustada para ciertos materiales de la zona? Y si se tiene sumo cuidado en el control de calidad de los materiales q conforman el concreto en obra ¿será posible encontrar una relación entre los diseños reproducidos en obras y aquellos realizados analíticamente a través de extensos estudios estadísticos?

OBJETIVOS

General

Proponer un procedimiento para el diseño de mezclas de concreto para ser utilizados en obras de poco volumen, adaptado a materiales del área Metropolitana de Caracas.

Específicos

Analizar métodos y procedimientos no analíticos que se utilizan en la práctica para la dosificación de mezclas de concreto en obras de poco volumen.

Establecer un ajuste para los procedimientos no analíticos según los resultados obtenidos.

Comparar con métodos de diseño de mezclas analíticos.

Determinar si es factible la predicción de la resistencia mecánica de los concretos elaborados utilizando los procedimientos no analíticos.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Cuando se busca proponer un nuevo procedimiento para realizar diseños de mezclas de concreto, se intenta lograr la adaptación entre los métodos existentes empleados en obra y los procedimientos analíticos, esto con la finalidad de obtener una herramienta que contemple la mayoría de los casos que pueden ocurrir en el instante de elaborar las mezclas, es decir, se buscan respuestas específicas utilizando métodos generalizados.

Con los métodos no analíticos estudiados en este trabajo, se pueden obtener mezclas con características muy particulares entre sí, obteniendo diversos requerimientos para diversos tipos de concretos, como son en el presente caso, aquellos cuyo volumen no sea tan abundante y los que no cumplen ninguna función estructural. Por esta razón se estudiaron de manera que se pudieran observar todas las consideraciones que estos implican (calidad de los materiales, dosis, método de preparación), además de los resultados que proporcionan; todo para generalizar estos métodos tan particulares en uno que englobe los pasos necesarios para realizar mezclas de poco volumen de concreto.

Adicionalmente, la investigación se lleva a cabo por la problemática acaecida sobre este tipo de obras de poco volumen, donde, la mayoría de las veces, estas tienden a tener un control mínimo sobre todas sus etapas de desarrollo (almacenamiento de materiales, mezclado, colocación en sitio) y sobretodo en las dosificaciones. Así que es muy importante lograr plantear una metodología sencilla para que no sea necesario recurrir al empirismo que produce el dosificar un concreto sin ningún control en la toma de sus componentes.

ALCANCES

La factibilidad del proyecto es inmediata, pues con la simple obtención de los materiales y el estudio de los métodos a emplear se puede tener una dosis para comenzar a preparar las muestras.

Se debe contar con un taller o cualquier otro lugar para poder realizar las mezclas apropiadamente. Además de un laboratorio de ensayos donde se pueda evaluar propiedades sobre el concreto endurecido.

Para la elaboración de este trabajo, es necesario el adquirir un conjunto de materiales, los cuales preferiblemente se buscarán por medios propios y conjunto con entidades que estén en capacidad de ofrecerlos de manera gratuita.

No se realizaron ensayos de laboratorio sobre ningún componente del concreto, ya sea agregados, cemento u agua, pues por razones justificadas en este trabajo, no son necesarios. En el caso que se obtuvieron las características típicas de estos (como es el caso de los agregados y el cemento), fue por parte de las plantas distribuidoras, como se indica en el desarrollo de esta investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Diseños de Mezcla

El concreto es un material compuesto, constituido por muchas partes. Quizás estas se puedan resumir en dos importantes: una es un material pastoso y moldeable, que a su vez se forma por agua y cemento, la otra parte es un material de trozos pétreos, cuyos elementos son la arena y la piedra.

A la hora de determinar la porción que cada elemento representa en la mezcla total, se debe tener cuidado, pues surgen muchas variables que hacen que la mezcla obtenida por combinación de estos pueda ser muy susceptible ante cualquier variación en los materiales.

Debido a esto, surgen los diseños de mezcla, que según Neville (1977) se puede definir como:

Proceso para seleccionar los ingredientes adecuados para el concreto y determinar sus cantidades relativas, con objeto de producir, tan económicamente como sea posible un concreto con un mínimo de ciertas propiedades las más destacadas de las cuales son consistencia, resistencia y durabilidad (Pág. 73)

Los materiales y su relación con el diseño

Como se puede apreciar en el Manual del Concreto Estructural (Porrero, 2004) en el diseño y en cualquier circunstancia “la calidad de un concreto dado va a depender de la calidad de sus componentes, (...) su posterior preparación y manejo, de los cuidados de uso y mantenimiento” (Pág. 37). Es decir, que debe existir una

relación que pueda evidenciarse, entre los componentes y la calidad del concreto resultante, ya que estos, van de la mano.

Teóricamente, la relación entre los componentes del concreto y las características de este, se pueden enfocar en la *relación triangular*, la cual involucra la cantidad de agua en la mezcla, con la cantidad de cemento y la trabajabilidad obtenida, pero, tal como se muestra en la figura 1, otra de las cualidades del concreto se encuentra relacionada a uno de los vértices de este triángulo, esta es la resistencia mecánica.

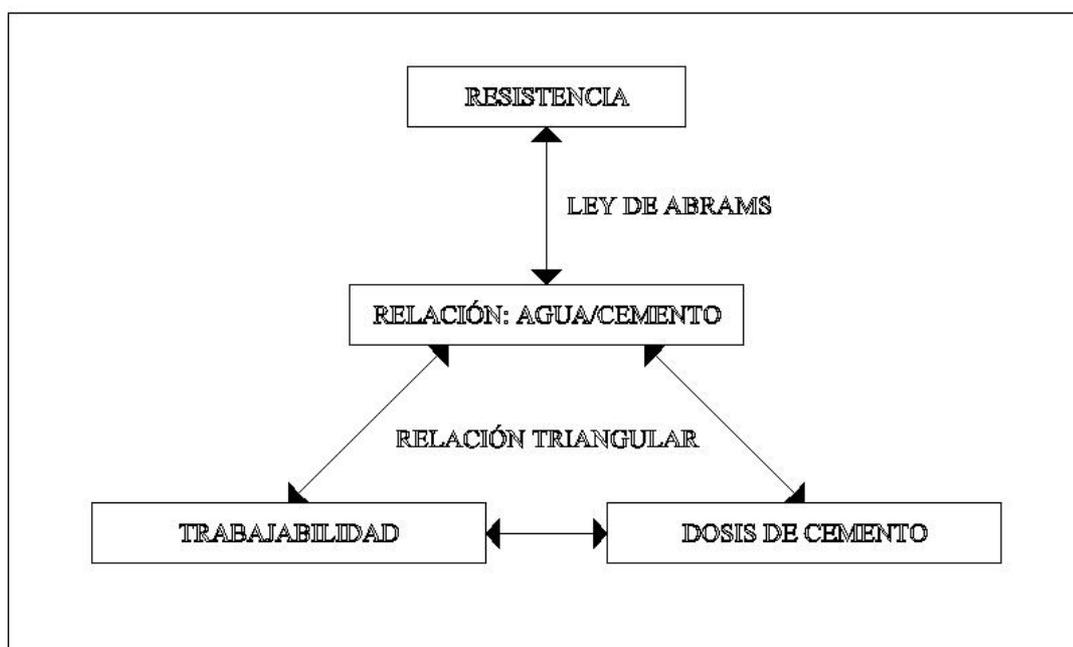


FIGURA 1
RELACIÓN TRIANGULAR
(MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL)

En esta figura entonces, solo se evidencian las relaciones entre la calidad del concreto y su composición, adicionando el efecto de las cantidades de agua y cemento, entonces el agregado queda intrínseco, lo cual aunque se puede plantear de este modo, también puede mejorarse, a través de la observación mas detallada entre las relaciones entre el concreto directamente con este otro material.

Una manera de observar mejor la relación entre los componentes se puede observar en la figura 2, donde se muestran las interacciones de las variables que influyen en el concreto con los materiales y sus características.

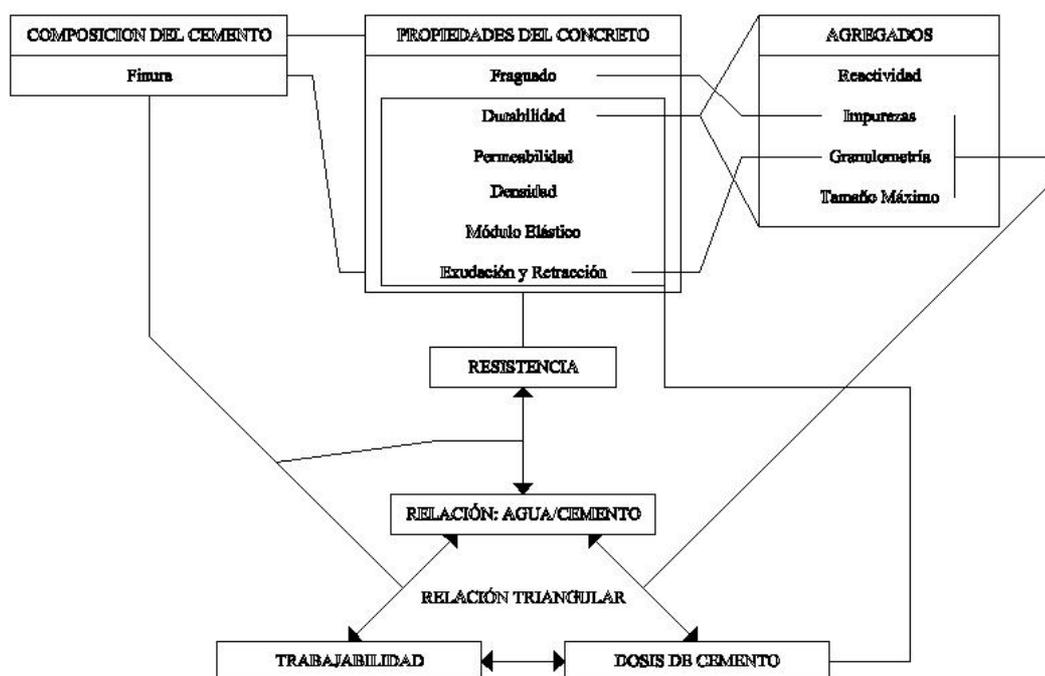


FIGURA 2
RELACIÓN TRIANGULAR Y LOS AGREGADOS
(MANUAL DEL CONCRETO FRESCO)

Estas características se pueden estudiar, ya sea como parámetro necesario de control, para criterio de aceptación y rechazo o como requerimiento para la

elaboración de un diseño de mezcla y dosificación del material. Todas estas, en conjunto además de describir el agregado, lo convierten en herramienta para los diseños de dosificación del concreto. Por esto se hace importante mantener un control sobre las mismas, ya que con esto se puede especificar el elemento dentro de un nivel de calidad para la elaboración de mezclas.

Con estos términos, se puede evidenciar de manera mas sencilla para el investigador y para la persona que desarrolle un diseño, una especie de índice gráfico que proporciona una manera rápida de identificar como pueden variar las características del concreto, al variar alguna calidad en sus componentes o en todo caso, indicar la cualidad o material a ajustar para obtener el concreto deseado.

Diseños de mezcla analíticos

Hasta el momento en el país solo se han estudiado dos metodologías de diseño que toman en consideración las características de los materiales de dichas regiones, una de ellas es la realizada en la Universidad Central de Venezuela, "Manual del Concreto Estructural" y la otra de la Universidad del Zulia. "Diseño de Mezcla con Materiales de la Región". Estos trabajos fueron realizados como consecuencia del elevado número de ensayos a compresión que no satisfacían las exigencias esperadas por los profesionales que remiten sus especímenes a los laboratorios de materiales de construcción de estas casa de estudios para ser ensayados.

Estos métodos además de obtener las dosis de todos los materiales, las características índices necesarias, como son la resistencia, trabajabilidad y durabilidad, también buscan el conseguir el tamaño máximo del agregado que resulte más económico.

Al utilizar todos estos métodos, no solo los venezolanos, sino todos aquellos propuestos internacionalmente, en su alta diversidad, recalcan que al ser simplificaciones de la realidad con propuestas teóricas para un material de

comportamiento tan susceptible al descontrol en sus niveles de calidad, es imperativo realizar ajustes sobre los diseños definitivos.

La desventaja de estos métodos como explica Matías Santana (1999) es que “muchos parten de tablas, gráficos de correlación, que en la mayoría de los casos tienen mucho mas de 40 años, haciendo por tanto que estos no tengan validez”. Aquí expresa el hecho de que estos métodos toman materiales que deben cumplir con las condiciones y características aceptables por las normativas, como agregados dentro de los límites granulométricos por ejemplo, si se tienen agregados que no cumplan con estos valores, se pierde por completo la validez de aplicación de alguno de estos diseños.

Diseños de mezcla no analíticos

Cuando un personal no es tan especializado en la elaboración de mezclas, o simplemente nunca se ha guiado por un método analítico de diseño para la dosificación de mezclas, se le hace mucho mas sencillo seguir procedimientos de campo, o cumplir con la mínima cantidad de pasos e indicaciones que le lleve a conseguir un concreto lo suficientemente aceptable para cumplir con el fin de su obra.

En definitiva, en el campo laboral, aparecen un conjunto de ábacos, tablas de uso relativamente sencillo, indicadores de “recetas” entre otras, que proporcionan un rango de seguridad alto, una mezcla de características aceptables y de comportamiento deseado.

Por esto se procedió a revisar en la bibliografía existente sobre los tipos de diseños no analíticos que pueden aparecer, quedando así estos divididos en dos grupos. Diseños no analíticos por tablas y por ensayos

Por tablas

Es el formato más común para este tipo de diseños, en realidad, no serán diseños, pues pasarían a ser simplemente un indicador de las dosis a tomar para generar concretos de ciertas cualidades.

La falta de correcciones por humedad puede generar dispersiones altas en las mezclas, por eso este tipo de “diseños” intentan cubrir un amplio rango de posibles casos de condiciones de materiales y proporcionan un factor de seguridad alto al hacer, la mayoría de las veces, que sea el personal el encargado de adicionar agua a la mezcla. Esto es un caso desfavorable para personal menos calificado, por eso algunos otros diseños también proponen cantidades de agua, para intentar abarcar aun más de ese amplio campo del diseño en obra. Claro está que siempre ofrecen los comportamientos deseados, solo si se cumplen requerimientos mínimos en los materiales ente otros.

Estas tablas abundan en cartillas, libros y hasta folletos, que tienen miras a construcciones donde el concreto a usar sea de poco volumen.

Otra manera común de presentar este tipo de “recetas” es expresando las proporciones de los materiales granulares para las mezclas de concreto en partes referidas al cemento, agregado fino y agregado grueso. Como por ejemplo una mezcla 1:2:4 contiene una parte de cemento, 2 de arena y 4 de piedra.

Por ensayos

Este tipo de dosificaciones son menos comunes en obras donde se necesite reproducir concreto con mayor rapidez. Pero igual no dejan de estar presentes.

La única fuente parecida que se pudo encontrar entre las referencias bibliográficas, fue el método de *Matías Santana*. Este es un método que mediante la

premisa de intentar ocupar todos los espacios vacíos con los agregados busca la compactación óptima entre estos y luego termina de fijar las propiedades restantes con la pasta.

En general el principio de este tipo de metodologías resultan de difícil manejo para personal inexperto, pero no tanto como el conjunto de fórmulas y pasos de los métodos analíticos, así que estas opciones de diseños son un punto intermedio que no tienden a factores de seguridad muy grandes pero tampoco refinan lo suficiente, lo que hace resultar un concreto con cualidades óptimas.

Obras de Poco Volumen

Se conocen las obras de poco volumen como aquellas donde “el pequeño volumen de concreto a ser colocado (...), no justifica realizar ensayos de laboratorio ni procedimientos laboriosos para calcular la dosificación de una mezcla de concreto” (Porrero, 2004; Pág.150). Adicionalmente, también aplica este concepto para todos esos elementos de concreto que no tengan ninguna importancia estructural

Ejemplo de estas obras son: aceras, machones y vigas de corona para muros, brocales, pequeños elementos prefabricados o vaciados en sitio como banquetas o muros bajos (menos de 1 metro de altura), losetas para losas de tableros, en fin, toda obra donde el concreto esté involucrado, pero lo reducido de los costos no justifica, como se mencionó anteriormente, diseños complicados o ajustes excesivos de dosis mediante ensayos de laboratorio. Cabe destacar que la variabilidad de las exigencias de estos concretos, puede ser muy alta, se pueden tener diversos rangos de resistencia y trabajabilidad, pero siempre, todo debe ir hacia un concreto económico.

En la práctica, aparecen manuales de manejo sencillo, los cuales indican a su lector de una manera genérica y muy ilustrativa, las consideraciones que se deben tomar para conseguir un concreto con las características deseadas. Ejemplo de este

son “Mi casa” y “Manual del Constructor Popular” de José López, “Buenas Mezclas con Cemento” de la AVPC, “A pie de Obra” de Robert L’Hermite entre otros.

Características

Estas se pueden dividir en etapas, las cuales indican como se toman en cuenta todos los componentes del concreto y este en sí, desde el proceso de obtención de los materiales que lo conforman hasta su colocación y el desempeño final en la obra a ser utilizado.

Primera etapa: Materiales

Calidad

La fuente de procedencia de los materiales algunas veces es un factor importante para la calidad de estos. Pueden ser obtenidos en sitios que cuiden lo suficiente de los mismos en cuanto a su almacenamiento y limpieza o en el caso más desfavorable, lugares donde el control sobre los materiales no sea un factor que se tomen en cuenta como importante para la buena elaboración de una mezcla.

Como, en el caso de *los agregados*; cartillas de construcción popular indican que la arena y la piedra “deben ser limpias, sin barro, carbón, pedazos de madera, sales, etc. (...) se reconocen porque al frotarlos con la mano no dejan manchas de barro o tierra, sino que dejan la mano limpia” (AVPC) y además sugieren usar granulometrías continuas para agregados redondeados y discontinuas para agregados angulares (o “picados”) (L’Hermite, 1971), claro está, esto último puede ser de difícil entendimiento para una persona poco entrenada en la materia, así que a la hora de obtener informaciones de este tipo, el lugar de abastecimiento de agregados sería un sitio óptimo para proporcionarla.

Si el lugar de procedencia no es un factor que “ayude” a la persona a escoger un buen material, solo queda de parte de esta seguir las indicaciones básicas propuestas en las cartillas existentes y accesibles en el mercado. Y tener siempre en cuenta que, siguiendo estas indicaciones puede garantizar un rango de seguridad al utilizar el agregado para la elaboración de su mezcla.

Para *el cemento*, se propone sea “de sacos originales y lo suficientemente nuevo como para que esté ‘fresco’” (AVPC), donde se le da importancia a verificar el estado del material, pues si presenta terrones o granos que no puedan deshacerse con facilidad entonces no se debe utilizar. Claro está, esta instrucción, es mucho más fácil de manejar para personal no tan experto en la elaboración de mezclas, al momento de obtener los sacos.

Se recomienda también no comprar los sacos con más de dos semanas de anticipación (AVPC), esto en caso que el comprador no tenga luego un control estricto sobre el mantenimiento del mismo.

Finalmente, al escoger *el agua* a usar, los criterios de aceptación y rechazo quedan más a libertad del dosificador, tomando como referencias mínimas aspectos como la procedencia, pues se hace énfasis en no usar agua salada ni sucia, y considerar aceptable el agua de ríos y quebradas no muy turbias, depositándolas en envases para dejar que las partículas contenidas en estas se asienten (AVPC). Esto, para el dosificador, será una instrucción sencilla, aunque tediosa, en caso de usar agua de estos medios.

Se sugiere el uso de agua potable (Norma COVENIN 1753), la cual, para efectos del dosificador, se puede obtener en los sistemas de abastecimiento locales, este parámetro sería un criterio que garantice una mejor calidad en la elaboración de la mezcla y es más manejable para el personal involucrado en la elaboración de la mezcla.

Almacenamiento

Es de conocimiento para el personal experimentado, involucrado en obras, que este es un aspecto muy importante que garantiza la calidad de una mezcla, tanto así que su cumplimiento está especificado en la Norma COVENIN 1753 donde en su sección 3.1.3 dicta

El cemento y los agregados para el concreto, (...) y, en general, todos los materiales a usarse en la preparación del concreto (...), deben ser almacenándose en forma tal que se prevenga su deterioro o la intrusión de materias extrañas. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado, no deberá usarse para la preparación del concreto

En las obras de poco volumen, se intenta evitar cualquier pérdida en la calidad de la mezcla dejando este aspecto tan importante fuera de las manos del personal, es decir, prefieren especificar que se obtengan materiales e inmediatamente se usen (como el caso del cemento) antes que dar indicaciones para el almacenamiento, pues si se complican cada vez los pasos con mas instrucciones, quizás el procedimiento se haga cada vez menos llamativo y de menos uso. Además que este tipo de instrucciones adiciona un factor de seguridad, el cual simplemente garantiza que se cumplirán los requerimientos mínimos mas exigentes de almacenamiento.

Pero de igual manera, si una persona se está adiestrando en el campo de la elaboración de mezclas, debe estar consciente de lo importante que es el mantener los agregados en buen estado y la directa influencia que tenga este control sobre la calidad de su mezcla.

Como, en el caso de *los agregados*, donde, como requerimiento mínimo se pide mantenerlos drenados y bajo techo, para un control de su humedad (Porrero, 2004) y cuidado en su manipulación, referente al transporte.

Con respecto *al cemento*, colocarlos sobre paletas para permitir la circulación de aire entre pilas y formar pilas de 14 sacos para almacenamientos inferiores a los 60

días (Porrero, 2004), todo para evitar la aparición de los grumos cuya ocurrencia sería un criterio suficiente para el rechazo del material. El almacenamiento de no más de dos semanas propuesto en otras cartillas, introduce un rango de seguridad a esta propuesta.

Segunda Etapa: Mezclado

Cuando el diseño de mezcla o la dosificación indiquen las proporciones definitivas de materiales a utilizar, queda de parte del personal, respetar las dosis especificadas de la manera más estricta posible, para luego pasar a la etapa importante del proceso que es conformar la mezcla.

Diseño de mezcla

Usualmente, no existen diseños de mezcla como tal, la mayoría de los casos aparecen en las cartillas recomendaciones de dosis de materiales las cuales combinadas de cierta forma, y variando la cantidad de agua para lograr la consistencia deseada, garantiza concretos con ciertas resistencias mecánicas.

Son los casos particulares en los que aparece un diseño, como se explicó para los diseños de mezclas no analíticas, las indicaciones se remiten a tablas, cuyo uso simple le da al operador una mayor precisión en la elaboración de su mezcla y le permite trabajar bajo un rango de seguridad más confiable.

Se pueden observar casi siempre recetas simples en muchas partes, folletos como el de la empresa ALIVEN que garantiza concretos con ciertas características con sus dosis particulares, hasta en las bolsas plásticas de materiales la empresa Premezcladora Lafarge indica dosis para concretos de ciertos requerimientos.

Dosificación

Para obras de poco volumen, se justifica la dosificación por volumen, pues aunque resulta ser muy variable, por la pequeña magnitud de la obra, no trae muchas dispersiones en la calidad de la mezcla, claro está, solo si en todas las etapas, se consideran con mucho cuidado las indicaciones generales recomendadas.

Los instrumentos para la medición que se perciben en el mercado, pueden ser: palas, carretillas, cuñetes, latas, gaveras.

La bibliografía consultada coincide en recomendar que para la medición de volúmenes las *palas* y *carretillas* son las menos adecuadas y su uso para este fin debe ser evitado, pues la dosis proporcionadas “varían de acuerdo con la robustez del operario o a su estado de fatiga, o de ánimo” (Porrero, Joaquín 2004).

En caso de tomar medidas como *cuñetes* o *latas*, se sugiere que estos implementos sean lo suficientemente resistente para no sufrir grandes deformaciones, además, también el mantener el mismo instrumento es importante, para ser consistentes en la dosis. Se considera que un cuñete puede contener 19 litros de material y una lata 18 litros de capacidad efectiva.

Para las *gaveras* se recomienda “de madera, con asas o agarraderas (...). Una medida recomendable es aquella que tenga un volumen equivalente al contenido aparente de un saco de cemento, que es un pie cúbico o 28 litros” (Porrero, Joaquín 2004).

Y finalmente, el *cemento* se recomienda dosificarse por sacos enteros y con excepciones, la mitad de un saco, pues medir terceras o cuartas partes de este material, además de producir pérdida del material, produce también alta variabilidad en la dosificación.

El manual de la AVPC muestra unas equivalencias para la dosificación por volumen. Para el caso de las carretillas y la palada, aunque indica un valor, no recomienda su uso para la dosificación.

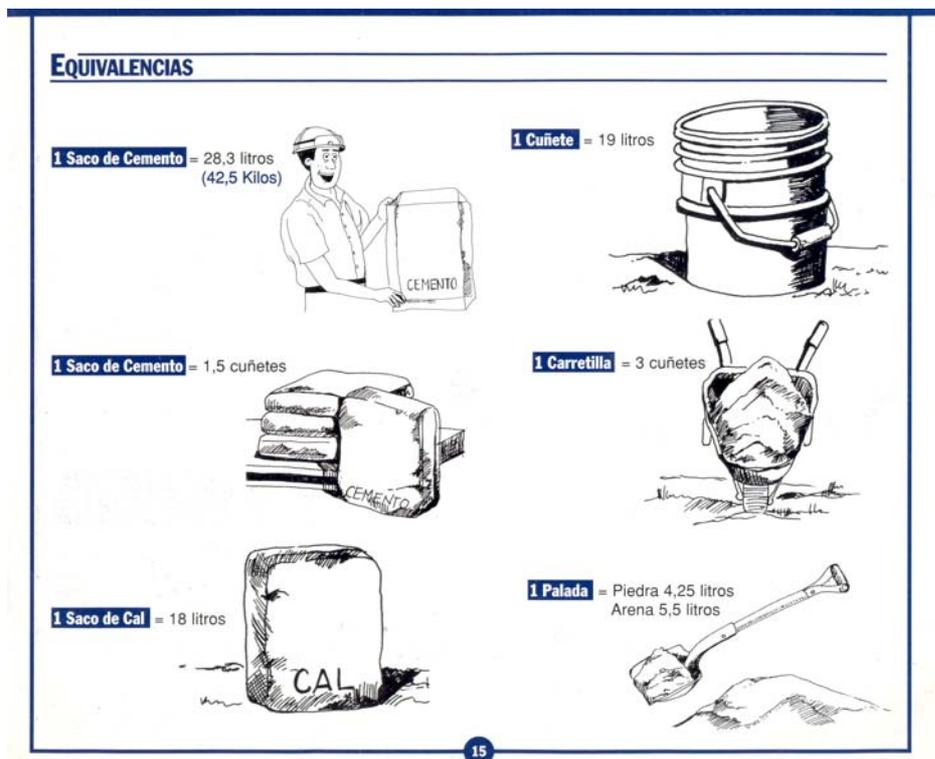


FIGURA 3
DOSIFICACIONES USUALES EN OBRA
(AVPC)

Método de mezclado

Como primera recomendación importante, el lugar de mezclado debe ser un lugar donde se tenga fácil acceso a los materiales y cerca de la zona de vaciado. El orden de mezclado de los materiales depende mucho del criterio del personal involucrado, también del método a emplear, es decir, si se utilizará una *mezcladora* (trompos usualmente) o *manual* con pala.

En el caso de usar una *mezcladora*, se recomienda colocar la piedra primero con un poco de agua, con la finalidad de raspar el interior de la mezcladora y así limpiarla, para luego colocar las otras partes. Los tiempos de mezclado oscilan desde 1,5 minutos hasta 2 o 3 minutos.

En caso que sea a *mano*, se recomienda homogenizar la piedra, la arena y el cemento sobre una superficie no absorbente mediante paladas hasta lograr color uniforme y el agua se agrega haciendo un hueco en el centro de la mezcla seca, dirigiendo todo el material externo hacia este mediante paladas.

Trabajabilidad

El concepto de trabajabilidad siempre se encuentra intrínseco en este tipo de obras, pues no existe un criterio sobre el asentamiento en el cono de Abrams, el cual es de uso común para obras más grandes. Aunque algunas referencias como “A pie de obra” si lo considera y en base a los asentamientos del cono se clasifica el tipo de concreto que se necesita, las demás cartillas, como el caso de la cartilla del AVPC, solo sugieren:

La mezcla debe ser mas seca que aguada (...) otra manera de comprobar que la humedad es suficiente, es haciendo una bola con un poquito de la mezcla, la que se deja caer desde una altura de mas o menos un metro: si la bola al caer se desbarata significa que falta agua, si por el contrario se aplasta sin romperse, puede considerarse como buena la cantidad de agua agregada

Además, una pasta muy acuosa, genera una mezcla que tienda a segregarse al ser manejada y segregada y una pasta muy firme, es decir, la cantidad de pasta no es suficiente, genera un concreto muy difícil de compactar con los métodos comúnmente utilizados en este tipo de obras.

Tercera Etapa: Manejo en estado fresco

Esta etapa no es muy estudiada en los manuales y cartillas presentadas, quizás por lo cuidadoso de cada caso, en definitiva, esto queda más en parte a un personal entrenado y ahondar en temas de este tipo sería hacer una cartilla mucho más específica.

Aunque solo, en general, se debe tomar en cuenta unos criterios básicos, los cuales son el evitar la segregación a toda costa y mantener siempre la uniformidad de la mezcla, esto, obteniendo una mezcla lo suficientemente fluida para que ocupe bien todos los espacios a la que está destinada.

Transporte

Se usan generalmente carretillas si la mezcla está lejos del lugar de vaciado. La carretilla puede transportar hasta 60 metros en condiciones optimas, es decir, con rueda de goma en buen estado y en un terreno regular. Esto se debe garantizar para reducir la segregación del material. En caso de existir una superficie muy irregular, se puede considerar el colocar tablas u otro elemento que pueda preparar la superficie por donde se va a trasladar la carretilla.

Pero para evitar igual esto, se recomienda preparar la mezcla en un lugar muy cercano al lugar donde se colocará el concreto.

Colocación

Para elementos de menos de 40cm se puede vaciar en una sola capa, caso contrario ocurre cuando el elemento es mayor en una de sus longitudes, donde se debe vaciar en dos. Claro que se debe verificar que al colocar una sobre la otra la capa inferior, aun esté fresca, para poder garantizar homogeneidad.

Luego, para acomodar mejor el concreto en los encofrados, se recomienda vibrarlo, esto, en caso de obras de pequeño volumen, resulta económico que se realice un vibrado manual.

Esta compactación se realiza con barras y pistones. Se golpea el concreto verticalmente penetrándolo con la barra y aplastándolo en caso que se utilice un pistón, ahora, con esto no se lograría una compactación óptima, pues depende de muchos factores la eficiencia de la compactación, como la fuerza con que se golpea con la barra, por esto, adicional a esta actividad, es una práctica común recomendada el golpear el encofrado en los costados del elemento vaciado, con martillos de goma.

Es claro, que aquí también se cuida la segregación evitando un exceso de vibrado. Todo este proceso se hace óptimo mientras se tenga un concreto muy fluido, pero no “aguado”.

Cuarta Etapa: Curado

La etapa anterior parece no ser de mucha importancia hacer relevante e indicativa para las publicaciones que sirven de guía a los constructores, ni esto ni hay criterios sobre la trabajabilidad o la resistencia que se quiera alcanzar, pero el curado es algo que resalta en manuales como la cartilla del AVPC, aquí se le dedica mas de una página. Es decir, que para una persona que se inicie en la elaboración de mezclas, el curado debe ser un factor de mucha importancia para poder garantizar un concreto de buena calidad, y el curado, para expertos y no expertos, en realidad es muy importante.

En los manuales le retribuyen al curado, cualidades sobre la apariencia y presentación del concreto, evitando grietas y favoreciendo la durabilidad.

Se recomiendan procedimientos como: regar el concreto con agua o cubrirlo con sacos que estén húmedos; para el caso de placas se recomienda curarla con arena

húmeda o inundar la zona. Esto se indica realizarse en un plazo de por lo menos siete días y empezar a realizarse cuando el concreto haya endurecido lo suficiente como para que no se hagan marcas en su superficie.

Es decir que un buen curado, es clave en este tipo de obras para garantizar un buen concreto, pues no solo para este tipo de obras lo es, sino para todas en general

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Metodología

El propósito de esta investigación, el cual es determinar un procedimiento que optimice la elaboración de mezclas de concreto para obras de poco volumen, mediante el estudio de varios diseños cambiando, entre estos los agregados, hace que se defina esta investigación como un estudio para establecer óptimos partiendo de pruebas a variables

Estas definiciones según la Publicación La Investigación de Porrero (1975) se pueden describir como:

Pruebas a variables: se estudian variables aisladas y conjugadas manteniendo fijos los demás parámetros involucrados en la investigación: Esto tiene mucho parecido a los principios de los diseños de mezcla, donde, en general, hay desplazamiento sobre una relación triangular y la ley de Abrams con la finalidad de estudiar cambios en ciertas características del concreto.

Estudio para establecer óptimos: “trabajos en los que se buscan puntos singulares (...) de influencia de las variables en cuestión en el fenómeno” (Porrero 1975).

Muestra

Para proceder a realizar ensayos utilizando los métodos no analíticos propuestos a analizar en este trabajo, se debe primero definir cual es el tamaño de muestra a estudiar, para luego aplicarlos junto con los métodos antes propuestos.

Cantidad de ensayos

Por cada combinación de agregados propuesta y para cada método en específico, se realizarán 3 cilindros, en orden de reducir la dispersión en la medición de la resistencia, además se puede descartar uno de los cilindros en caso de algún resultado desfavorable y trabajar con resultados en base a dos de estos. En el caso que se varió la relación agua cemento (Método Matías Santana) por cada relación se tomó la misma cantidad de cilindros para cada relación. Los cilindros son los permitidos por la Norma COVENIN 338.

Cantidad de materiales

El volumen definitivo necesario de concreto para los ensayos, se repartió como una primera estimación de la siguiente forma:

Paso 1: Se determinó la cantidad estimada total de volumen de concreto que se necesita (V_o).

Paso 2: Para conocer la cantidad de agregados, se parte de la premisa que estos conforman aproximadamente el 70% de todo el concreto. Así, resulta que la cantidad de agregados (V_g) será: $V_g = 0,70V_o$ en litros.

Paso 3: Del valor anterior, el volumen de agregados se lleva a kilos absolutos; para esto se tomó un valor índice del peso específico de los agregados y se dividió entre dos, para obtener la cantidad tanto para gruesos como para finos. Se tomo el valor del peso específico entre los siguientes valores (Porrero, J et al, 2004 p.81).

Peso específico (densidad)	
GRUESOS	2,5 a 2,7
ARENAS	2,5 a 2,7

TABLA 1
PESOS ESPECÍFICOS

Se obtuvo este valor en kilos, luego se dividió entre 25kgf lo que es la capacidad aproximada de un saco para este material, y con esto, se obtuvieron los sacos necesarios para cada agregado.

Paso 4: El valor restante de la cantidad estimada inicial V_o , se destina al agua y al cemento, es decir el 30%. Ahora, se sabe que el agua se obtiene de la relación agua/cemento como $a = \alpha * C$, donde el valor de la relación agua/cemento se toma de la tabla 4.4 de la Norma COVENIN 1753, esta depende de la resistencia del concreto y si se incorpora aire o no en el diseño de la mezcla que se quiera obtener. Se puede plantear $a + 0,30C = 0,30V_o$, donde, al multiplicar la cantidad de cemento C en kgf por 0,30, esta se transforma a litros, manteniendo la ecuación con unidades consistentes. Sustituyendo el agua por la relación propuesta, el planteamiento queda de la siguiente manera $(\alpha + 0,30)C = 0,30V_o$, se despeja el cemento, queda así $C = 0,30V_o / (\alpha + 0,30)$ en kgf. Si se divide entre 42,5kgf se obtienen la cantidad de sacos necesarios para el volumen definitivo V_o .

Evaluación del concreto

Es necesario cumplir con un cierto nivel de calidad para la elaboración del concreto a estudiar, para esto se establecieron criterios sobre cada etapa de elaboración de la mezcla y en todos los materiales involucrados en su elaboración.

Materiales

Agregados

Aproximadamente, entre el 85% y el 70% del peso del concreto lo componen partículas de origen grueso, de diferentes tamaños. Esta es la razón principal que indica una influencia decisiva sobre la calidad de la mezcla. Por esto, un control sobre los mismos garantiza un concreto de buena calidad.

Los ensayos realizados para estudiar las características de los agregados, fueron los empleados en las Normas COVENIN correspondientes, tomando a estos como criterios de aceptación para el material

Las características estudiadas en los agregados con cada una de sus respectivas Normas fueron:

- Granulometría
 - COVENIN 254. Cedazos de ensayo
 - COVENIN 255. Agregados. Determinación de la composición granulométrica
- Ultrafinos
 - COVENIN 258. Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 74 micras en agregados minerales
 - COVENIN 259. Método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas de 20 micras en agregados finos.
- Impurezas
 - COVENIN 256. Método de ensayo. Para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico)
- Peso por unidad de volumen y humedad
 - COVENIN 263. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 - COVENIN 268. Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción.
 - COVENIN 268. Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción.

Se verificaron estas propiedades con los límites establecidos por la Norma COVENIN 277 “Concretos. Agregados. Requisitos”

Cemento

Como se especifica en la norma COVENIN 1753, el Cemento Pórtland debe cumplir con las especificaciones de la norma COVENIN 28 “Cemento Pórtland. Especificaciones”. El tipo de cemento a utilizar fue el definido según esta norma como TIPO I.

No se estudiaron las características del cemento, la composición química de las muestras son las distribuidas por la planta productora del material.

No se realizaron ensayos sobre el cemento, solo se tomaron en cuenta las condiciones mínimas necesarias exigidas para las obras de poco volumen, especificadas en el marco teórico de este trabajo.

Agua

Se tomó agua potable de la zona, pues en obras de este tipo, el agua se obtiene usualmente de esta manera, por ser de más fácil acceso. No se tomó ningún control de calidad sobre la misma.

Preparación y Mezclado

Los materiales de cada mezcla se dosificaron por peso, pues es una manera mas precisa de medir las proporciones en caso de los laboratorios, el mezclado se realizo con una mezcladora de eje vertical, no se realizó a mano para evitar errores en lograr homogenización de la mezcla. Siguiéndose así lo especificado en la Norma COVENIN 354 “Concreto. Método para mezclado en laboratorio”.

La mezcladora tiene una capacidad de 60 litros aproximadamente, así que las mezclas se realizaron de aproximadamente 50 litros. Los tiempos de mezclados se llevaron como se muestra: un primer tiempo de 3 minutos de mezclado, un segundo periodo de reposo de 3 minutos y un tercer periodo de 2 minutos de mezclados tal como se recomienda en la Manuel del Concreto Estructural (Porrero, Joaquín 2004)

Concreto fresco

Relación agua/cemento

Algunas de las mezclas, por no tener relación agua/cemento fija fue necesario realizar pruebas sobre estas para determinar la cantidad de agua que proporcionaba la consistencia deseada. Estos ajustes se realizaron sobre la medición de la trabajabilidad, se permitió realizar esto máximo dos veces por muestra, para no perder mucho tiempo entre el mezclado y la toma de los conos. Esto, para evitar pérdida del agua de la mezcla o cualquier otra cualidad del concreto para la etapa de mezclado.

Trabajabilidad

El criterio adoptado para medir la trabajabilidad es el Cono de Abrams, se realizó para cada mezcla una medición, siguiendo la Norma COVENIN 339 “Concreto. Método para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams”.

Preparación de probetas a ensayar

Las probetas necesarias para realizar los ensayos posteriores por mezclas se tomaron siguiendo las indicaciones de la Norma COVENIN 338 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

Concreto Endurecido

Curado de probetas

El curado de las probetas se realizó bajo las especificaciones de la Norma COVENIN 338 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

Pulso ultrasónico

El ensayo se realizó con la finalidad de verificar si existía una relación entre las densidades de las mezclas, si estaban además bien compactadas. Estos valores serían indicativos de factores como estos. Se realizó bajo las especificaciones de la Norma COVENIN 1681 “Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”.

Resistencia mecánica

Las probetas tomadas para cada mezcla se ensayaron a los 28 días de edad, el ensayo se realizó bajo la Norma COVENIN 338 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”, para la máquina de la prensa se utilizaron gomas para las bases del cilindro, de manera que se nivelara bien la probeta. Esta decisión se tomo pues se necesitaba realizar el ensayo de pulso ultrasónico el mismo día, así se podía realizar esta medición y luego, tener lista la probeta para ser ensayada en la prensa.

Dosificación Mediante Métodos No Analíticos

Dosificación por tablas

Para las tablas mostradas se tomaron las dosificaciones necesarias para tener dosis que produjeran aproximadamente 50 litros de mezcla.

Tabla I del Manual del Concreto Estructural

En la toma de los agregados, para dosificarlos por peso se multiplicaron los valores medios indicados en esta tabla por los pesos unitarios sueltos, ya que se trabaja en sí con volúmenes aparentes.

Dosificación de la Mezcla, Receta Única para unos 130 litros de Concreto con Resistencia de unos 180 kgf/cm²

<i>Cemento:</i>	1 saco
<i>Arena:</i>	de 65 a 80 litros (volumen aparente)
<i>Piedra o Grava:</i>	de 80 a 95 litros (volumen aparente)
<i>Agua:</i>	la necesaria; con buenos materiales suele llevar de 25 a 30 litro

Se obtienen 130 litros de concreto, aproximadamente. La resistencia a compresión esperada es cercana a 180 kgf/cm², referida a probetas cilíndricas normalizadas, ensayadas a los 28 días. Si se emplean agregados de buena calidad y la mezcla se hace cuidadosamente, suelen obtenerse resistencias sensiblemente superiores a los 180 kgf/cm² señalados; pero también la situación contraria es posible.

TABLA 2
DOSIFICACIÓN DE MEZCLA, RECETA ÚNICA

Tabla II del Manual del Concreto Estructural

Esta es una versión mejorada de la receta anterior, no distingue si los pesos estipulados para los agregados están en condición de saturación o húmeda, para realizar el diseño se tomaron como húmedos, pues si esta es una tabla proveniente de una receta, entonces es prácticamente imposible que la exigencia de su dificultad sea tal que pida condiciones ideales de los materiales.

Dosificación de la Mezcla, Receta Ampliada

Tamaño Máximo del Agregado mm (Pulgadas)	Mezcla	Dosis de Cemento		Pesos de agregados	
		Kgf/m ³	Sacos/m ³ (aproximado)	Finos (Arena) kgf/m ³	Gruesos (Piedra Picada o Grava) kgf/m ³
12,7 (1/2'')	A	360	8,50	1195	560
	B	350	8,25	1120	665
	C	340	8,00	1050	760
25,4 (1'')	A	330	7,75	915	919
	B	320	7,50	840	1020
	C	310	7,25	750	1215
50,8 (2'')	A	295	7,00	900	1020
	B	285	6,75	835	1105
	C	275	6,50	745	1215

TABLA 3
Dosificación de Mezcla, Receta Ampliada

Manejo de la tabla:

1. Se entra en la tabla con el tamaño máximo del agregado a utilizarse, la mezcla recomendada es la señalada como B. Allí se indican los pesos a emplear de cemento, arena y piedra
2. El agua se añadirá en la cantidad necesaria para obtener una adecuada consistencia o trabajabilidad, que permita la colocación en los moldes o encofrados.
3. Si la mezcla B resulta muy arenosa o si de antemano se aprecia que la arena es muy fina, el diseño adecuado será el C. En caso contrario si la mezcla resulta pedregosa o, si la arena se ve gruesa, el diseño será el A.

Dosificación por pruebas en obra

Método de Matías Santana

Como se notó en uno de los pasos de este método, era necesario conocer una relación entre la cantidad de cemento y la resistencia que se deseaba obtener. En este caso, al no conocer esta relación, se construyó una curva que representara dicha relación, por esto se varió el contenido de sacos para la muestra, las dosis también se realizaron en base a los 50 litros para cada mezcla

Paso 1: Determinación del óptimo de mezclas de agregados

Se realizó un ensayo de compactación con las mismas especificaciones de la Norma COVENIN 263 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”. Pero no para un solo agregado, fue para distintas combinaciones de los agregados que pasaran a ser parte de la mezcla.

La compactación se realizará bajo la opción de percusión, es decir dejando caer el envase 5cm del suelo, dando los golpes necesarios según lo especifique la norma. Se prefiere esto a la barra para no perder propiedades granulométricas en los agregados debido a deformaciones en los mismos por golpes.

Por ejemplo, se fija un agregado de mayor tamaño a un peso (10kgf) y se va variando el porcentaje del otro para obtener distintos porcentajes de combinación, esto se pesa para luego ser graficado como se muestra:

% COMBINACIÓN	PESO GRUESO (KGF)	PESO MEZCLA (KGF)	PESO DEL FINO (KGF)
100	10	10	0,000
90	10	11,110	1,110
80	10	12,500	2,500
60	10	16,670	6,670
40	10	25,000	15,000

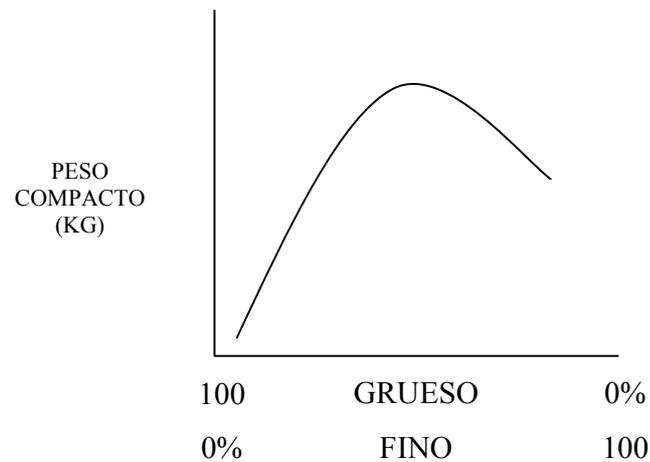


FIGURA 4
EJEMPLO DE DOSIS CURVA DE COMPACTACIÓN

Paso 2: Determinación del agua

Se tomó el peso del tobo usado, con la curva de combinación, se tomó la porción óptima la cual resulta ser el punto alto de la gráfica.

Esta combinación de grueso y fino con sus pesos correspondientes, se preparó en el tobo y se añadió agua hasta el borde, esperando una hora para que el agua lograra penetrar en todos los vacíos, al final se tomó el peso y por diferencias se consiguió el peso de agua por el volumen del tobo. Si se efectúa este cociente, se obtiene el volumen de agua por metro cúbico. Adicionalmente el aire atrapado se estima, usualmente se utiliza un valor de 15 litros.

Paso 3: Volumen de agregados y sus pesos

El volumen de los agregados por metro cúbico resulta la resta de 1m^3 y el volumen obtenido de agua y aire.

Se multiplicaron los pesos específicos de los agregados por los porcentajes obtenidos de la curva de mezcla óptima y se tuvo el peso de la combinación por metro cúbico. Al multiplicarse por el volumen de agregados, se obtuvo el peso total de los agregados para esta mezcla.

Luego, este peso se divide según los porcentajes de agregados antes obtenidos, y se divide cada uno entre su peso específico respectivo para obtener la dosis en volumen.

Paso 4: Peso de cemento

Se mantuvo la dosis obtenida de grueso y agua, fijas, para proceder a cambiar una parte de la arena por cemento.

Si se desea hacer un diseño para una sola resistencia, debe conocerse previamente alguna curva de relación entre la resistencia y α (agua/cemento). En cambio, si no se conoce, se debe construir una curva donde se varíen las cantidades de sacos usados para un mismo agregado y determinar la resistencia obtenida, y de esta obtener el diseño deseado, que en realidad es la cantidad de cemento buscada.

Al tener el valor de α se obtiene la cantidad de cemento o directamente se mide de la curva generada.

Paso 5: Diseño de mezcla

Se sumaron las cantidades de agua, aire, cemento y grueso todos en volumen, esta suma se le restó a 1m^3 de volumen, este volumen restante, es el faltante de arena.

Con todos estos datos se determinó completo el diseño de mezcla. Para unos agregados con una cierta humedad con un agua definitiva para toda la mezcla.

Dosificación Mediante Método Analítico

Las razones de utilizar un método analítico es el emplear una herramienta que es base de un estudio estadístico extenso, el cual es imposible de reproducir para obras de este tipo. Los valores obtenidos con este método, pueden evidenciar una tendencia de lo que se espera obtener, y tomar esto como una base de comparación con los métodos anteriores.

El método a utilizar es el propuesto en el Manual del Concreto Estructural, se usó de dos formas, la primera para determinar la dosis óptima de agregados propuesta por este y la otra es para establecer si es posible una predicción entre las dosis obtenidas por los métodos no analíticos y las resistencias medidas, en conjunto con la resistencia obtenida por la aplicación de un diseño inverso de este mismo método.

Este método también exige una combinación óptima de los agregados que se traduce a un valor de porcentaje de arenas en todo el peso de los áridos (β), en el caso del diseño directo, este valor se determinó mediante los límites granulométricos propuestos en el Manual del Concreto Fresco (Porrero 2004) los cuales no son normativos, pero son el resultado de un estudio extenso sobre los límites existentes en una combinación para obtener una granulometría aceptable. En el método inverso se utilizó el obtenido en la dosificación.

Las dosis realizadas en laboratorio fueron bajo condiciones de agregados con humedad (h) y el agua agregada fue directamente la de la mezcla, para poder ingresar a los pasos de diseño, es necesario conocer la condición saturada con superficie seca de los agregados (sss) y el agua real de diseño, estas se calcularon según las fórmulas:

$$\circ \quad G_{sss} = Gw(100 + Ab)/(100 + w)$$

$$\circ \quad ad = am - (Asss - Aw + G_{sss} - Gw)$$

Donde:

G_{sss} , A_{sss} agregados con condiciones de saturado con superficie seca

G_w , A_w agregados con condición húmeda

ad es el agua de diseño

am es el agua usada en la mezcla

Diseño directo

Los parámetros de entrada son: resistencia a los 28 días (R_{28}) en kgf/cm^2 , trabajabilidad estimada (T) en cms, tamaño máximo (P) en mm, peso específico de los áridos (γ_a , γ_g) y combinación granulométrica de los agregados (β).

Relación agua/cemento (α), según la fórmula:

$$\circ \quad \alpha = 3,147 - 1,065 \log R_{28}, \text{ luego se corrige } \alpha_D = K_1 \alpha$$

Dónde $K_1=1,00$ para la combinación de piedra y arena y $0,91$ para canto rodado y arena.

Cantidad de cemento (C), en kgf/m^3 por:

$$\circ \quad C = \frac{117,2T^{0,16}}{\alpha_D^{1,3}}, \text{ luego se corrige } C_D = K_2 C$$

Dónde $K_2=1,00$ para la combinación de piedra y arena y $0,90$ para canto rodado y arena.

Cantidad de agua (a), en kgf/m^3 por

$$\circ \quad a = C_D \alpha_D$$

Volumen de aire atrapado (V) en lts/m^3

$$\circ V = \frac{C_D}{P}$$

Volumen y peso de agregados (V_g y P_g):

$$\circ V_g = 1000 - (a + 0,3C_D + V)$$

$$\circ P_g = V_g(\beta\gamma_a + (1 - \beta)\gamma_g)$$

Arena (A) y grueso (G), dosis en kgf/m^3

$$\circ A = P_g\beta \text{ y } G = P_g - A$$

Con esto se tienen las dosis completas de agua (a_D), cemento (C_D), arena (A) y grueso (G), estos últimos en condición saturada con superficie seca.

Diseño inverso

Se necesita la relación agua/cemento. Los demás cálculos que se realizaron son:

El porcentaje de arena de la mezcla (β) se calculó como:

$$\beta\% = \frac{A_{sss}}{A_{sss} + G_{sss}}$$

Donde:

- A_{sss} es el peso de la arena en condición saturada con superficie seca
- G_{sss} es el peso del grueso en condición saturada con superficie seca

La resistencia a los 28 días de las probetas de concreto (R28) se calculó según la fórmula:

$$R_{28} = 10^{\left(\frac{\alpha'-3,147}{-1,065}\right)} \quad \text{Siendo } \alpha' = \frac{\alpha}{K_1}$$

Donde:

- α es la relación agua/cemento tomada de la dosificación

La trabajabilidad (T) se calculará en centímetros según la fórmula:

$$T = \left(\frac{\alpha^{1,3} C'}{117,2}\right)^{\frac{1}{0,16}} \quad \text{Siendo } C' = \frac{C}{K_2}$$

Donde:

- C es la cantidad de cemento del diseño en kgf/m^3

CAPITULO IV

RESULTADOS

Obtención de los materiales

Para los agregados: dentro del catálogo de variedades obtenido se consiguieron para los gruesos: Piedra Picada número 1 (de tamaño máximo 1”) y Canto Rodado número 1 (de tamaño máximo 1”); para los finos, arena natural de Puenteareas y de San Benito. Los dos finos, en sus características resultaron muy parecidos, se decidió al final, trabajar con solo uno de estas, tomándose la de San Benito, pues considerar dos variables muy parecidas, no puede traer resultados concluyentes muy resaltantes. Todos estos materiales se obtuvieron de la Planta Premezcladora Lafarge ubicada en La Vega.

Entonces, en definitiva, se analizaron dos combinaciones para todas las mezclas. La Arena de San Benito mezclada con la Piedra Picada N° 1 y el Canto Rodado N° 1.

Para el cemento: la obtención de este material se realizó en una ferretería de la localidad, observando que los sacos estuvieran bien almacenados, según los criterios antes establecidos.

Para el agua: se obtuvo también de la localidad, abasteciéndose del sistema de aguas blancas que se encontraba cercano al laboratorio de agregados del IMME.

Dosificación preliminar

Definidas las combinaciones a realizar y los métodos a manejar, se procedió a definir el volumen definitivo de materiales a utilizar.

La cantidad de mezclas fueron todas las necesarias para llevar a cabo los métodos expuestos, en definitiva serán por cada combinación de agregados:

MÉTODO	CANTIDAD DE MEZCLAS
<i>Tabla I (Manual del Concreto Estructural)</i>	<i>1</i>
<i>Tabla II (Manual del Concreto Estructural)</i>	<i>1</i>
<i>Método de Matías Santana</i>	<i>3</i>

TABLA 4
CANTIDAD DE MEZCLAS POR MÉTODO

De manera sencilla, siguiendo los pasos especificados en la metodología, se pudo estimar el volumen de concreto a usar (V_o), para cada tipo de combinación como:

$$V_o = N^{\circ} \text{ mezclas} \times \text{Volumen/ mezcla}$$

$$V_o = 5 \times 50\text{ts}$$

$$V_o = 250\text{ts}$$

$$\text{Volumen de agregados } (0,7V_o) \quad \text{Volumen de cemento + agua } (0,3V_o)$$

$$175\text{ts}$$

$$75\text{ts}$$

En definitiva, la cantidad de materiales necesarios aproximadamente para realizar las mezclas resultó:

<i>Canto Rodado (sacos 25kgs)</i>	<i>10</i>
<i>Piedra Picada (sacos 25kgs)</i>	<i>10</i>
<i>Arena (sacos 25kgs)</i>	<i>20</i>
<i>Cemento (sacos)</i>	<i>5</i>

TABLA 5
CANTIDADES A ENSAYAR

A las cantidades de agregados se le añadió un excedente del 10% para considerar cualquier ensayo que fuere necesario realizar en estos.

Ensayo de los materiales

Para los agregados, sus características principales se tomaron de la misma planta premezcladora, donde todos los datos requeridos se pueden apreciar en los anexos. La veracidad de los resultados no se comprobó, pues la planta cuenta con un personal de laboratorio especializado en realizar estas pruebas, así que cualquier dato obtenido de estos ensayos se tomó como cierto. El único parámetro estudiado de los agregados fue la humedad, esto para los ajustes en los diseños, estos datos también pueden ser apreciados en los anexos.

Métodos:

Combinación: Piedra Picada y Arena San Benito

Tabla I Manual del Concreto Estructural

Fecha de elaboración: 16/05/2005

Dosificación:

	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
Agua Mezcla	160	160
Arena Hum.	868	340
Piedra Hum.	1053	393
Cemento	330	99

TABLA 6
DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 1

Sacos de cemento: 8 sacos/m³

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 43,67%

Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 36,00%

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 14 cm.

Descripción general: muestra muy fluida, se notan mucho los agregados gruesos, el agua sale un poco cuando se compacta en el cono y en las probetas, la pasta y la piedra se separan con cierta facilidad.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica:

$$R_{28} = 251 \text{kgf/cm}^2$$

$$S = 6 \text{kgf/cm}^2$$

Pulso ultrasónico:

$$V_{\text{med}} = 4,01 \text{Km/seg.}$$

Para el diseño inverso:

	Dosis en peso (kgf/m³)
Agua Diseño	207
Arena (sss)	834
Piedra (sss)	1040
Cemento	330

TABLA 7

DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO

Relación agua/cemento (α): 0,627

Porcentaje de arena (β): 44,50%

Resistencia = 232kgf/cm²

Trabajabilidad = 15cm

Tabla II Manual del Concreto Estructural

Fecha de elaboración: 16/05/2005

Dosificación:

	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
Agua Mezcla	155	155
Arena Hum.	902	354
Piedra Hum.	1020	381
Cemento	320	96

TABLA 8

DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 1

Sacos de cemento: 7,5 sacos/m³

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 42,55%

Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 37,63%

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 14 cm.

Descripción general: muestra muy fluida, se notan mucho los agregados gruesos, el agua sale cuando se compacta en el cono y en las probetas, la pasta y la piedra se separan con facilidad.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica:

$$R_{28} = 209 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S = 6 \text{ kgf/cm}^2$$

Pulso ultrasónico:

$$V_{\text{med}} = 3,77 \text{ Km/seg.}$$

Para el diseño inverso:

	Peso (kgf/m³)
Agua Diseño	203
Arena (sss)	867
Piedra (sss)	1007
Cemento	320

TABLA 9
DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO
Relación agua/cemento (α): 0,634

Porcentaje de arena (β): 46,41%

$$R28 = 229\text{kgf/cm}^2$$

Trabajabilidad = 13cm

Método de Matías Santana

Fecha de elaboración: 26/05/2005

Dosificación:

	<i>7 sacos</i>		<i>9 sacos</i>		<i>11 sacos</i>	
	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
<i>Arena hum</i>	832	326	767	301	702	275
<i>Piedra hum</i>	1040	388	1040	388	1040	388
<i>Agua mez</i>	182	182	182	182	182	182
<i>Cemento</i>	298	89	383	115	468	140
<i>Aire</i>	---	15	---	15	---	15

TABLA 10
DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 1

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 44.22%

Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 35.37%(7 sacos),
32.33%(9 sacos) y 29.35%(11 sacos)

Diseño de Matías Santana
Piedra Picada Nº 1 + Arena San Benito

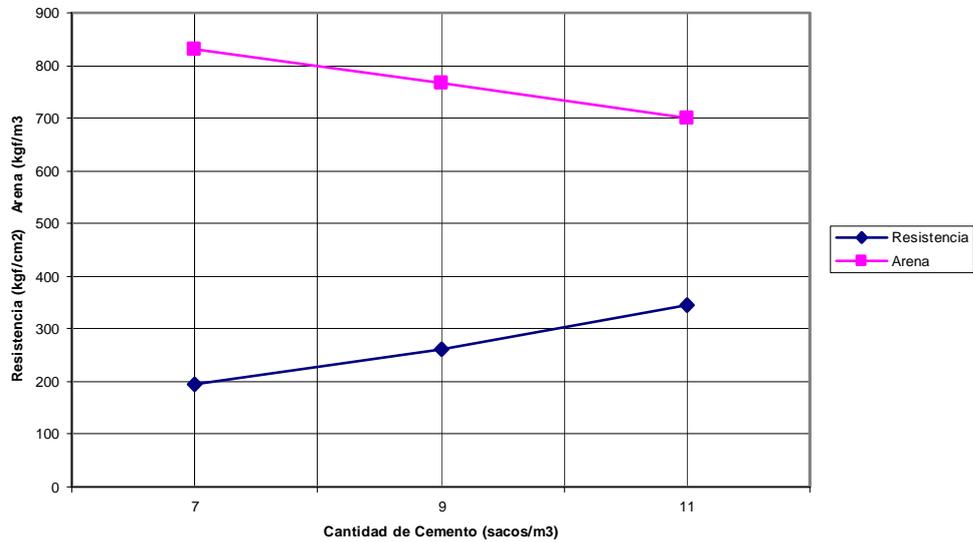


GRAFICO 1
DISEÑO PIEDRA ARENA / MATÍAS SANTANA

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 7cm (valor medio de todas las mezclas)

Descripción general: muestra firme y manejable, se notan mucho los agregados gruesos, la pasta y la piedra, permanecen unidos. La mezcla es de fácil manejo.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica y velocidad de propagación de onda:

	7 SACOS	9 SACOS	11 SACOS
<i>Resistencia (kgf/cm²)</i>	195	262	345
<i>Desviación (kgf/cm²)</i>	6	6	4
<i>Velocidad (Km/seg)</i>	4,02	4,05	4,19

TABLA 11
RESISTENCIAS Y VELOCIDADES PARA MÉTODO MATÍAS SANTANA

Para el diseño inverso:

	7 sacos	9 sacos	11 sacos
	Peso (kgf/m³)	Peso (kgf/m³)	Peso (kgf/m³)
Arena (sss)	831	767	701
Piedra (sss)	1034	1034	1034
Agua mezcla	189	189	189
Cemento	298	383	468
Relación agua/cemento (α)	<i>0,634</i>	<i>0,493</i>	<i>0,404</i>
Porcentaje de arena (β) %	<i>44,56</i>	<i>42,59</i>	<i>40,40</i>
Resistencia (kgf/cm²)	<i>229</i>	<i>310</i>	<i>376</i>
Trabajabilidad (cm)	8	5	4

TABLA 12
DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 1 DE DISEÑO

Diseño analítico, estimación de cantidades

Primero, se determinó la combinación granulométrica óptima según lo especificado en el marco metodológico. Se generó la gráfica que se presenta en la figura:

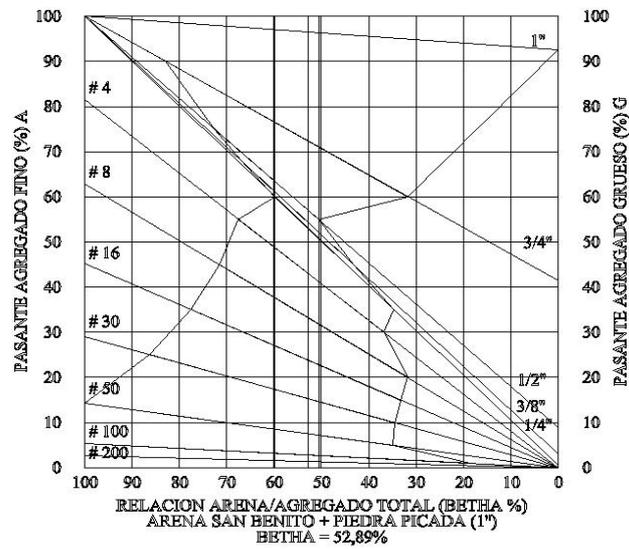


GRAFICO 2

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA / PIEDRA ARENA

De esto, se obtuvo la combinación óptima de los agregados: $\beta = 52,89\%$

Se propuso un concreto con resistencia $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$ y para tipos de obras comunes, una trabajabilidad de 6cm.

La dosis será:

	Peso (kgf/m^3)	Vol. (Its/m^3)
Agua Diseño	186	186
Arena (sss)	968	379
Piedra (sss)	862	322
Cemento	334	100
Aire	---	13

TABLA 13
DOSIS MCE COMBINACIÓN 1

Combinación: Canto Rodado y Arena San Benito

Tabla I Manual del Concreto Estructural

Fecha de elaboración: 23/05/2005

Dosificación:

	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
Agua Mezcla	175	175
Arena Hum.	840	329
Piedra Hum.	960	356
Cemento	330	99

TABLA 14

DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 2

Sacos de cemento: 8 sacos/m³

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 41,20%

Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 36,05%

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 12 cm.

Descripción general: muestra muy fluida, se notan mucho los agregados gruesos, el agua sale un poco cuando se compacta en el cono y en las probetas, la pasta y la piedra permanecen juntas.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica:

$$R28 = 192\text{kgf/cm}^2$$

$$S = 5\text{kgf/cm}^2$$

Pulso ultrasónico:

$$V \text{ med} = 3,95\text{Km/seg.}$$

Para el diseño inverso:

	Dosis en peso (kgf/m³)
Agua Diseño	203
Arena (sss)	839
Piedra (sss)	958
Cemento	330

TABLA 15
DOSIS TABLA I (MCE) COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO

Relación agua/cemento (α): 0,615

Porcentaje de arena (β): 46,69%

R28 = 209kgf/cm²

Trabajabilidad = 24cm (fuera de rango)

Tabla II Manual del Concreto Estructural

Fecha de elaboración: 23/05/2005

Dosificación:

	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
Agua Mezcla	160	160
Arena Hum.	902	354
Piedra Hum.	1020	378
Cemento	320	96

TABLA 16
DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 2

Sacos de cemento: 7,5 sacos/m³

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 42,46%

Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 37,55%

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 8 cm.

Descripción general: muestra fluida, se notan mucho los agregados gruesos, la pasta y la piedra se separan con facilidad.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica:

$$R_{28} = 248 \text{kgf/cm}^2$$

$$S = 4 \text{kgf/cm}^2$$

Pulso ultrasónico:

$$V_{\text{med}} = 4,04 \text{Km/seg.}$$

Para el diseño inverso:

	Peso (kgf/m³)
Agua Diseño	163
Arena (sss)	901
Piedra (sss)	1018
Cemento	320

TABLA 17
DOSIS TABLA II (MCE) COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO

Relación agua/cemento (α): 0,509

Porcentaje de arena (β): 46,41%

$$R_{28} = 269 \text{kgf/cm}^2$$

Trabajabilidad = 8cm

Método de Matías Santana

Fecha de elaboración: 18/05/2005

Dosificación:

	<i>7 sacos</i>		<i>9 sacos</i>		<i>11 sacos</i>	
	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
<i>Arena hum</i>	878	344	813	319	748	293
<i>Piedra hum</i>	982	364	982	364	982	364
<i>Agua mez</i>	188	188	188	188	188	188
<i>Cemento</i>	298	89	383	115	468	140
<i>Aire</i>	---	15	---	15	---	15

TABLA 18
DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 2

Porcentaje total de piedra en peso (estado húmedo): 41,86%

*Porcentaje total de arena en peso (estado húmedo): 37,43%(7 sacos),
34,65%(9 sacos) y 31,88%(11 sacos)*

**Diseño de Matías Santana
Canto Rodado Nº 1 + Arena San Benito**

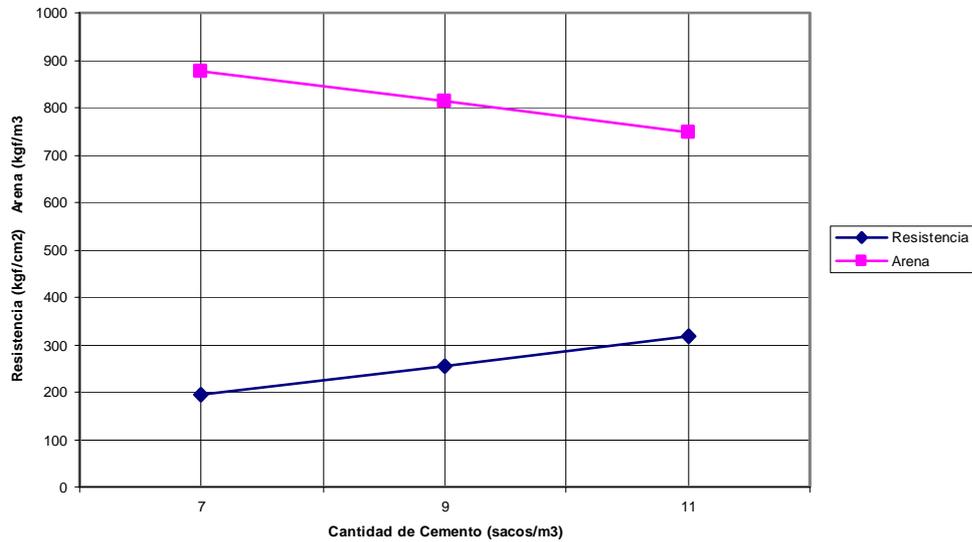


GRAFICO 3
DISEÑO DE GRAVA ARENA / MATÍAS SANTANA

Concreto Fresco:

Asentamiento en el cono de Abrams: 7cm (valor medio de todas las mezclas)

Descripción general: muestra firme y manejable, la pasta y la piedra, permanecen unidos. La mezcla es de fácil manejo.

Concreto Endurecido:

Resistencia mecánica y velocidad de propagación de onda:

	7 SACOS	9 SACOS	11 SACOS
<i>Resistencia (kgf/cm²)</i>	194	256	319
<i>Desviación (kgf/cm²)</i>	6	2	2
<i>Velocidad (Km/seg)</i>	3,84	3,95	3,91

TABLA 19
RESISTENCIAS Y VELOCIDADES PARA MÉTODO MATÍAS SANTANA

Para el diseño inverso:

	7 sacos	9 sacos	11 sacos
	Peso (kgf/m³)	Peso (kgf/m³)	Peso (kgf/m³)
Arena (sss)	877	812	747
Piedra (sss)	981	981	981
Agua mezcla	191	191	191
Cemento	298	383	468
Relación agua/cemento (α)	<i>0,641</i>	<i>0,499</i>	<i>0,408</i>
Porcentaje de arena (β) %	<i>47,20</i>	<i>45,29</i>	<i>43,23</i>
Resistencia (kgf/cm²)	<i>197</i>	<i>275</i>	<i>342</i>
Trabajabilidad (cm)	<i>18</i>	<i>11</i>	<i>8</i>

TABLA 20
DOSIS MATÍAS SANTANA COMBINACIÓN 2 DE DISEÑO

Diseño analítico, estimación de cantidades

Primero, se determinó la combinación granulométrica óptima según lo especificado en el marco metodológico. Se generó la gráfica que se presenta en la figura:

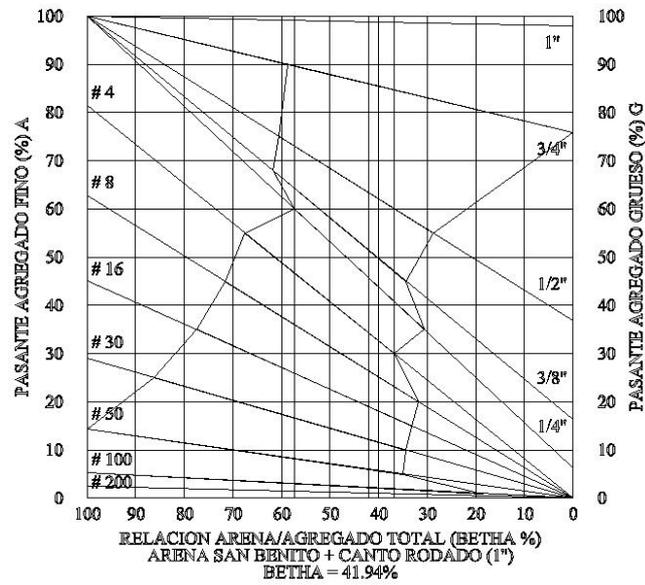


GRAFICO 4

COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA / GRAVA ARENA

De esto, se obtuvo la combinación óptima de los agregados: $\beta = 41,94\%$

Se propuso un concreto con resistencia $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$ y para tipos de obras comunes, una trabajabilidad de 6cm.

La dosis será:

	Peso (kgf/m³)	Vol. (lts/m³)
Agua Diseño	183	186
Arena (sss)	781	306
Piedra (sss)	1082	401
Cemento	328	100
Aire	---	13

TABLA 21
DOSIS MCE COMBINACIÓN 2

Análisis de resultados

Para realizar un análisis completo de todos los resultados obtenidos, estos se dividieron en los aspectos considerados mas importantes, intentando involucrar todas las variables posibles que actúen sobre la calidad de la mezcla, cuya influencia también tenga relación directa con los objetivos.

a. Peso unitario óptimo de los agregados

Este valor, se tomó de la curva de compactación generada en el método de Matías Santana, para obtenerlo simplemente se dividió el peso de la compactación entre el volumen del recipiente, observando que el valor de este corresponde a un rango de compactación óptima entre el 47% y el 50% de grueso presente en la combinación grueso y fino.

Para ambos casos resultó ser mayor que el peso unitario compacto de cada elemento por separado, lo cual es lógico, ya que el exceso de piedra hace que la mezcla tienda a tener el peso compacto de la piedra y exceso de arena también disminuye este valor.

El valor para la combinación de piedra y arena es de 1,97kgf/lts y para el canto rodado y la arena es de 1,96kgf/lts. Aunque solo son dos valores, para elaborar la curva de compactación cada medición de peso se realizó tres veces, entonces se puede aceptar que el peso unitario compacto para ambas combinaciones de 1,96kgf/lts. Entre ambas combinación la diferencia es de un 0,5%.

b. Porcentaje de piedra total en peso de la mezcla

Este valor se evaluó con la finalidad de verificar si es factible determinar un valor índice típico. Se observó:

-
- Para la combinación con piedra picada, este valor tiene un promedio de 43,48% y una desviación de 0,90%.
 - Para la combinación con canto rodado, este valor tiene un promedio de 41,84% y una desviación de 0,60%
 - Para una mezcla con piedra picada se necesita aproximadamente un 5% más de peso total que lo necesario para canto rodado.
 - Usar 42,50% para ambos casos puede ser un punto intermedio, aunque algo excesivo para el canto rodado, pero igual la diferencia con respecto a su media es de un 0,66% (aproximadamente su desviación) y este pequeño porcentaje no trae como consecuencia tampoco una consideración muy alta del agregado en el costo.
 - Por la granulometría de la piedra picada, es lógico que se necesite más de esta, pues se deben llenar más espacios vacíos por lo discontinuo de su forma.
 - Que los porcentajes difieran en un 5% entre si, indica una igualdad entre los métodos en momentos de esperar respuestas en las características de la mezcla.

c. Porcentaje de arena total en peso de la mezcla

Este valor se evidenció mucho más variable, entre un rango amplio, como se presenta:

- Para la combinación de piedra y arena tenemos un rango de variación entre el 29,35% y el 37,63%, esto indica un valor medio de 34,14% y una desviación de 3,29%.
- Para el canto rodado y arena el rango es mas reducido, entre el 31,88% y el 37,55%, esto indica un valor medio de 35,47% y una desviación de 2,37%
- Entre estos valores, la diferencia es mucho más evidente, el rango en la piedra es mucho más amplio que para el canto rodado, esto puede ser por la granulometría de los gruesos.

-
- Trabajar en el rango mas reducido, el del canto rodado, puede ser aceptable pues se cubre los requerimientos de arena en peso de cada combinación.
 - Aunque la diferencia de valores medios es de 3,9% se considera también que esto abarca un rango un poco más amplio.

d. Forma de los agregados, su influencia en la cantidad de pasta

En este caso, el agregado redondeado tenía en su combinación una cantidad mayor de arena, mucho más que la piedra. Aunque en realidad, un agregado con superficie angular tiende a requerir mayor superficie específica para ser lubricado, en este caso el agregado redondeado tiene mayor arena, lo que hace que esta combinación requiera mayor pasta para su lubricación. Se observo que:

- Volumen de agua y cemento para las combinaciones de piedra y arena es en promedio de 255lts/m³
- Volumen de agua y cemento para las combinaciones de canto rodado y arena es en promedio de 265lts/m³
- La diferencia de 10 litros se evidencia en el agua de la mezcla, pues la cantidad de cemento es muy parecida en todos los casos.

e. Velocidades de propagación de onda

Se observaron mayores velocidades de onda en concretos de mayor resistencia. Se cumple que para concretos con mejor densidad, mejor compactados y más uniformes, la velocidad es más alta. Lo que nos indica que el concreto de menor resistencia puede ser producto de alguna irregularidad interna en la compactación de la muestra.

Todo esto excepto en una muestra de canto rodado, para el método de Matías Santana, donde la combinación mayor, la de 11 sacos de cemento por metro cúbico

tuvo una velocidad menor al concreto de 9 sacos. Esto nos puede decir que quizás la resistencia obtenida en este grupo de cilindros no sea tan representativa, pues internamente pueden no estar muy bien compactados.

Se puede destacar que en las probetas, algunas presentaron irregularidades en sus caras inferiores, con porosidades, partes de piedra visibles, etc. Lo que pudo traer dispersiones en la medida de tiempos en las muestras. Pero el estado húmedo de las mismas, las cuales provenían directamente del lugar de curado, pudo haber favorecido la velocidad de propagación de onda.

Para el concreto generado con la combinación de piedra picada y arena, la velocidad varía en un rango de 4,01 y 3,77 Km/seg y para el concreto con canto rodado el rango de variación fue de 4,04 y 3,84 Km/seg.

Las muestras de canto rodado, tienden a generar concretos mas densos, por esto las velocidades dan en un rango algo mayor. Y esto indica también que las muestras de canto rodado fueron mejor compactadas, pues el rango está entre valores altos. Esto indica que el canto rodado fue más fácil de compactar que la piedra picada para este caso.

f. Resistencia de diseño contra las estimadas mediante análisis inversos

Este caso se estudió para los dos tipos de diseños, por tablas y por ensayos. A continuación se presentan los análisis.

Para las tablas propuestas en el Manual del Concreto Estructural, se aprecia en la siguiente gráfica una relación entre estos dos parámetros.

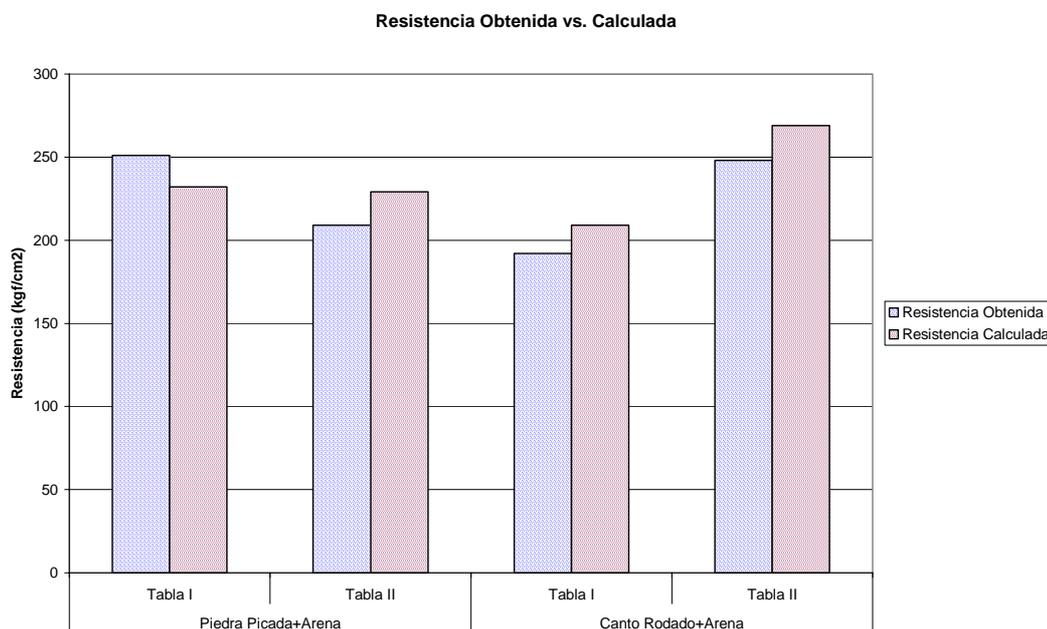


GRAFICO 5
COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS
TABLAS DEL MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

Todos los valores evidenciaron una diferencia con respecto al valor estimado de diseño en promedio de 19kgf/cm^2 , tanto por defecto como por exceso.

El caso de la diferencia por exceso puede ser debido a una mala estimación de la relación agua cemento, pues como se conoce, la resistencia estimada tiene relación directa con la misma (Ley de Abrams). Esto quiere decir, que aunque las condiciones de humedad fueron controladas, pudo existir una discrepancia por cualquier otro factor, como por ejemplo, que la muestra tomada para hacer la prueba de humedad no fuera representativa o donde se colocaron los agregados y ganaron humedad, no se humedecieron por completo y esta corrección realizada no pueda ser necesariamente correcta.

Pero para la Tabla II, realizada con las mismas condiciones de materiales, no se aprecia esta diferencia, este valor aunque bajo, tiene la misma diferencia que las otras muestras.

Las resistencias oscilan alrededor de los 200 kgf/cm² y se lograron dispersiones entre los 6 kgf/cm² para ensayos de los mismos cilindros. Entre muestras se tienen dispersiones algo mas altas, pero no se consideró debido analizarlo, pues es solo una muestra por método y combinación lo que se generó. Es decir que para todas estas dosis, si es necesario un valor inmediato, el ajuste a realizar propuestos por estos resultados puede ser de 19 kgf/cm² si se requiere realizar esto por medios analíticos.

Para el método de Matías Santana se aprecia la misma gráfica, pero en este caso, como se evaluó la resistencia para varias relaciones agua/cemento, se pudo generar la curva envolvente para estos puntos, tanto para el método como para el diseño analítico inverso. Graficando así la Ley de Abrams junto con los datos obtenidos. Para la piedra picada, al realizar la gráfica, se puede apreciar:

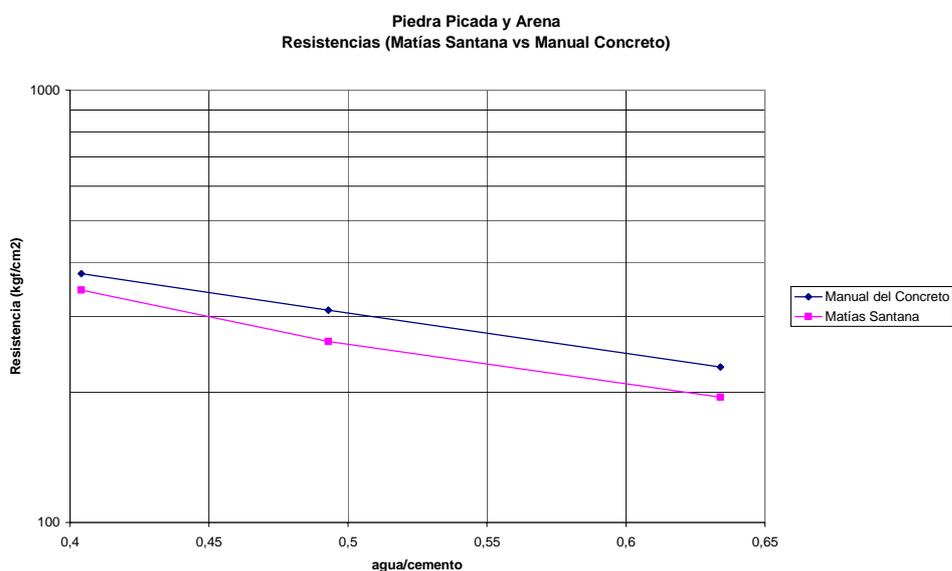


GRAFICO 6
COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS
MATÍAS SANTANA / LEY DE ABRAMS

Se evidencia la tendencia a un paralelismo entre los valores de la mezcla realizada en el laboratorio y los valores que se estimaron por el Manual del Concreto Estructural, sobretodo para los valores mas altos de la relación agua/cemento. Esto dice, que aunque un procedimiento no tenga relación con el otro, igual se pueden llegar a resultados semejantes, proponiendo luego un ajuste entre la equivalencia entre uno y otro.

La diferencia resultante entre las dos resistencias para cada punto resulto en valores entre los 32kgf/cm^2 , en excepción del de menor relación agua/cemento, que como se aprecia en la gráfica, esto nos puede decir que quizás la muestra para este punto no fue lo suficientemente representativa. Pero aceptable en el rango, pues al dibujar las líneas de tendencias que cubran los tres puntos, se pudo observar:

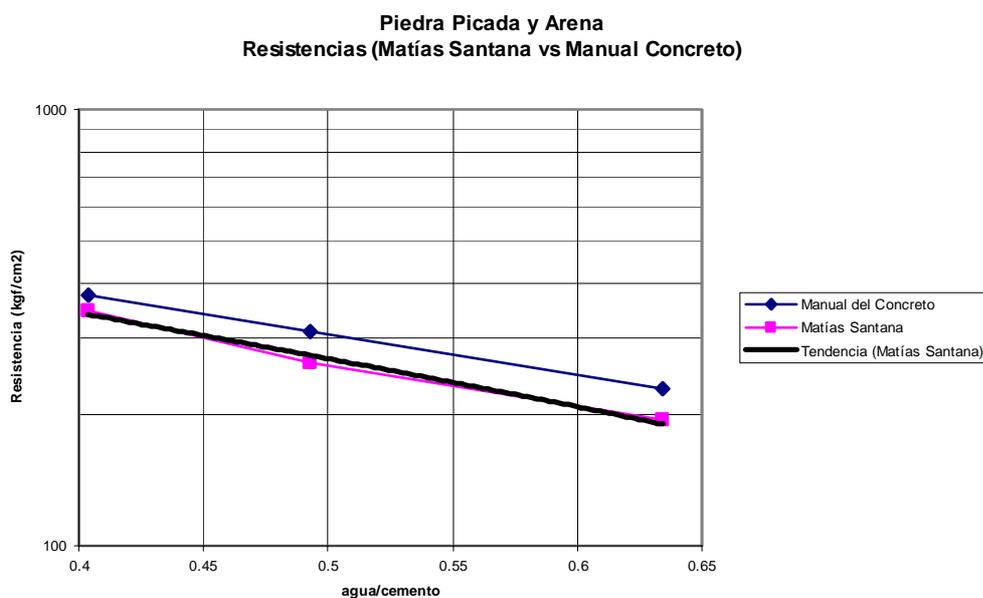


GRAFICO 7
LÍNEAS DE TENDENCIA. PIEDRA Y ARENA

Ahora, se apreció un caso similar para el canto rodado, donde se graficaron los mismos parámetros y se observó:

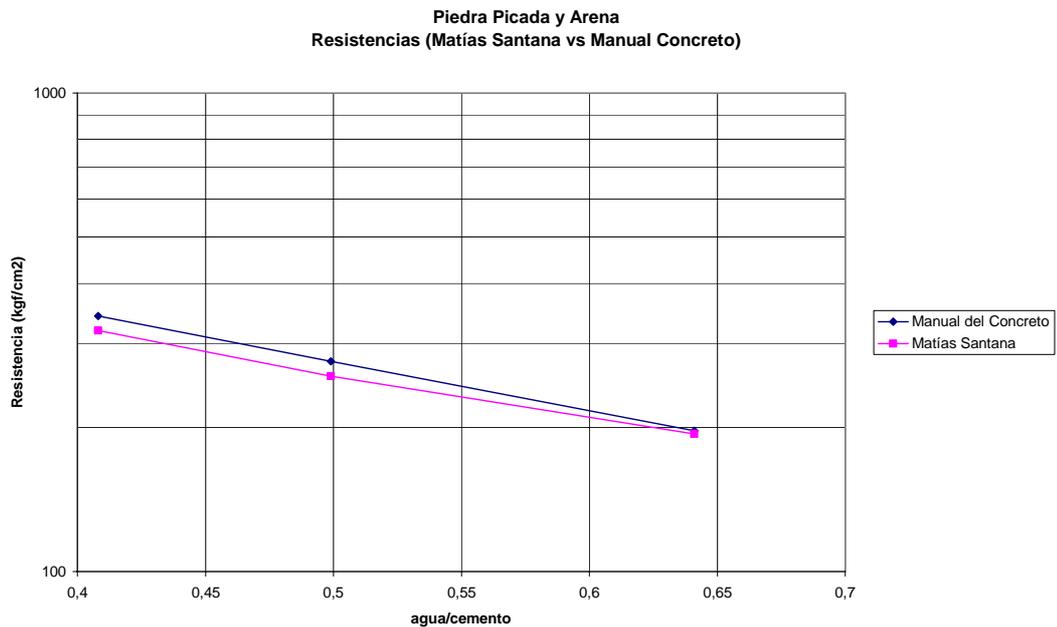


GRAFICO 8
COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS
MATÍAS SANTANA / LEY DE ABRAMS

Aquí se observa una proximidad mayor entre las curvas generadas por los ensayos según el Método de Matías Santana y la Ley de Abrams, esto indica que el ajuste entre un diseño y otro debe ser mucho menor. En el caso del último punto de la gráfica donde se nota mucha mas proximidad, debido a que se obtuvo una resistencia algo mayor a lo que la tendencia intentaba indicar.

Las ecuaciones de las rectas de tendencia indican estos valores, demostrando la proximidad entre los diseños, se lograron diferencias en promedio entre los 21 kgf/cm^2 en excepción del punto indicado, donde se logró una diferencia de 3 kgf/cm^2 .

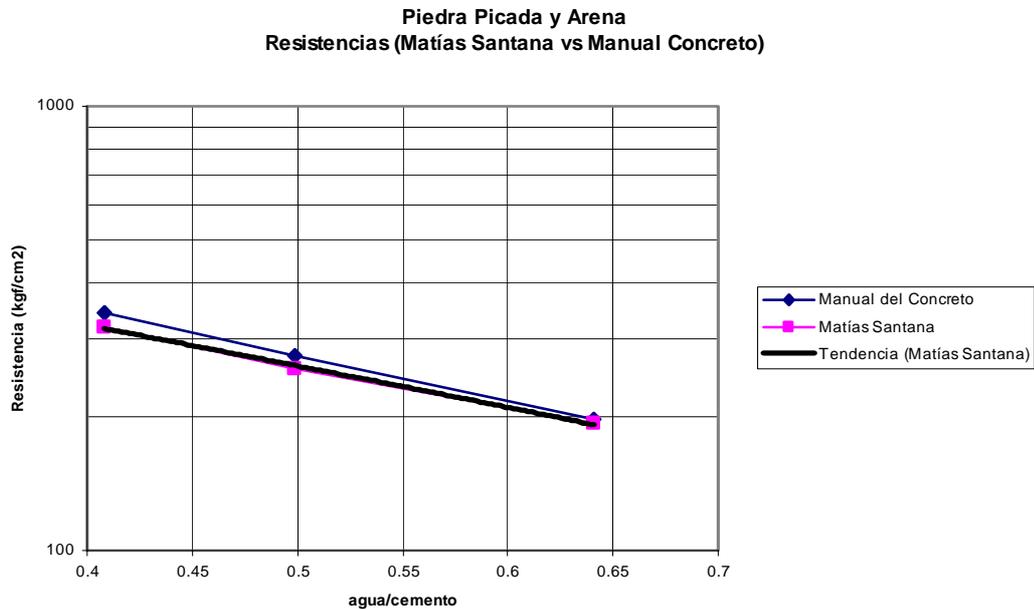


GRAFICO 9
LÍNEAS DE TENDENCIA. CANTO RODADO Y ARENA

En general, para todos los ensayos, se puede decir, si se quiere tomar una resistencia estimada, se debe esperar una resistencia parecida a la de Ley de Abrams, con una diferencia entre los 20 kgf/cm², excepto para la piedra picada, donde se esperan diferencias del orden de los 30 kgf/cm². Es decir, si se quiere una estimación aproximada de la resistencia o se desea encontrar un valor representativo de la relación agua cemento, se puede basar en la Ley de Abrams restando los valores respectivos de ajuste.

g. Combinaciones Granulométricas (porcentaje de arena β)

Anteriormente se estudió el porcentaje de arena por peso total de la mezcla, pero en estado húmedo y debido a lo propuesto por los métodos analizados. Ahora, si se estudia el porcentaje de arena óptima pero considerando la muestra saturada con superficie seca, entonces se incurre en los cálculos propuestos en procedimientos como los del Manual del Concreto Estructural, al comparar este valor con los obtenidos en los diseños analizados, se pudo resaltar:

Para la piedra picada, el valor resultante por medio de este análisis fue muy alto (52,89%), claro, esto resulta lógicamente pues existen muchas carencias de algunas granulometrías entre los tamaños del grueso, es decir, es un agregado de granulometría irregular, y si se observan los límites granulométricos en los que debería estar, el elemento se encuentra algo fuera de rango, por esto, quizás no es muy representativo este valor obtenido.

Por esto, para los otros métodos, resulta, este valor entre un número cercano al 43,70% lo cual puede ser un valor mucho mas aceptable y además se sabe produjo resultados satisfactorios. Suponer como en el caso anterior, una cantidad de arena tan grande, solo trae como consecuencia, mucha mas superficie específica que lubricar, lo cual resulta en un concreto mas costoso por el exceso de pasta necesario para elaborarlo.

Para el canto rodado, ocurre el caso contrario, el Método aplicado propone una cantidad de finos baja (41,94%), pero las muestras elaboradas en obra, proponen una tendencia hacia un valor algo más elevado, en promedio un 45,76%.

En definitiva, el rango de trabajo de los diseños puede estar entre los valores obtenidos en las experiencias anteriores, eliminando viabilidad al Método del Manual del Concreto Estructural, por la irregularidad en la granulometría de los agregados.

h. Relación agua/cemento

Fue el valor mas variable a tomar, ninguno de los métodos fija una relación principal o índice para elaborar la mezcla, así que esta dependía de la consistencia de la mezcla, de la misma manera, aunque de forma mas sistemática, el Método de Matías Santana, propone una cantidad de agua fija, que ya involucraba la humedad de los agregados.

Los valores variaron en el orden de los 0,630. Esto para la piedra picada, y para obtener concretos con resistencias en el orden de los 210 kgf/cm². El método analítico

propone una relación de 0,560. La variabilidad de estos valores, además de todos los elementos que se han discutido antes, también es debido al factor estadístico que involucra el tipo de obra, pues esto adiciona a la calidad del concreto un poco mas de la resistencia necesaria.

Para el canto rodado, los valores se encuentran entre los 0,580 y el método propone una cantidad de 0,560 aproximadamente, lo cual no está tan disperso como en el caso anterior.

i. Cantidad de cemento

Para todos los métodos, las experiencias parecen coincidir en tender a agregar 8sacos por metro cúbico de muestra aproximadamente, este nivel se considera para una mezcla que genere suficiente pasta para proponer una muestra fluida. No existen variaciones sustanciales en las propiedades, ni cuando cambiamos los tipos de agregados, ni la cantidad de agua. Este valor parece mantenerse fijo.

j. Trabajabilidad

Las muestras estudiadas, tuvieron en sí trabajabilidad diversas, pero que tendían a los 7cm, este tipo de concreto es manejable con tendencias a ser mas firme, pero de igual manera es de buen uso para estructuras normales.

Se pensaba que para poder desplazarse sobre la relación triangular, en el caso del Método de Matías Santana, como se variaba el cemento y la relación agua/cemento la trabajabilidad debía ser un valor fijo de manera de alcanzar cierta resistencia, lo cual resultó en campo. La diferencia apareció en el momento de realizar el cálculo inverso, el cual no fue así. Pero a esto hay que adicionarle los efectos presentados en esta parte del análisis, específicamente referente a las resistencias, si es necesario hacer un ajuste para poder hacer estimaciones con la Ley de Abrams, seguro que es necesario hacer ajustes para poder cumplir con todas las relaciones.

Pero se obtienen concretos manejables empleando este método, de pasta suficiente para evitar la segregación y agua necesaria para no reducir la resistencia deseada.

CAPITULO V

PROPUESTA DEFINITIVA

Observaciones Generales

De las experiencias anteriores y de todo el material recolectado en la investigación bibliográfica de este trabajo, las primeras consideraciones que debemos tomar al proponer un diseño de mezcla es el proporcionar una herramienta de respuesta inmediata y de fácil operatividad, pero que no deje igual de cuidar las variables que actúen en el concreto. Dejando de ser esto una muestra empírica y que resulte una muestra que simplifique todo el trabajo realizado en una propuesta.

En definitiva se dispondrán de varias propuestas generales, una mas estudiada que la otra, pero las tres válidas para los materiales utilizados.

Propuesta sencilla: Tabla definitiva de dosis

Dosis para mezclas (ajuste de la Tabla I del Manual del Concreto Estructural)

<i>Piedra o grava</i>	de 70 a 80 litros (volumen aparente)
<i>Arena</i>	de 50 a 60 litros (volumen aparente)
<i>Cemento</i>	1 saco
<i>Agua</i>	aproximadamente entre 20 a 25 litros

Receta única, para unos 130 litros de concreto aproximadamente. Con resistencia esperada a los 28 días aproximada entre los 200kgf/cm², referida a probetas cilíndricas normalizadas

TABLA 22
PROPUESTA DE DOSIS ÚNICA

Si se expresa en partes con respecto al cemento (cemento:arena:grueso) la mezcla tendrá proporciones aproximadas de **1:4:6** (en volumen aparente para los agregados) con una cantidad de agua aproximada al 0,5 en proporción al cemento hasta ajustar la consistencia. Midiendo la trabajabilidad en el Cono de Abrams para un asentamiento aproximado de 7cm.

Propuesta del método de Matías Santana.

Obtenemos los gráficos de diseños, generados en laboratorio, aquellos señalados en la metodología (Gráficos 1 y 2):

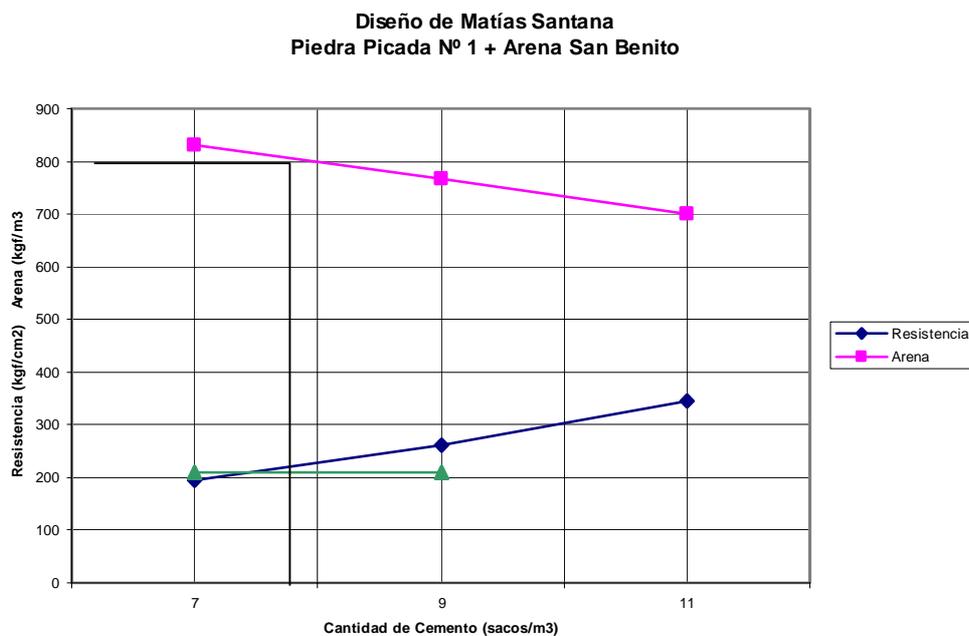


GRAFICO 10
DISEÑO CON TABLA DE MATÍAS SANTANA
PIEDRA PICADA Y ARENA

Diseño de Matías Santana
Canto Rodado Nº 1 + Arena San Benito

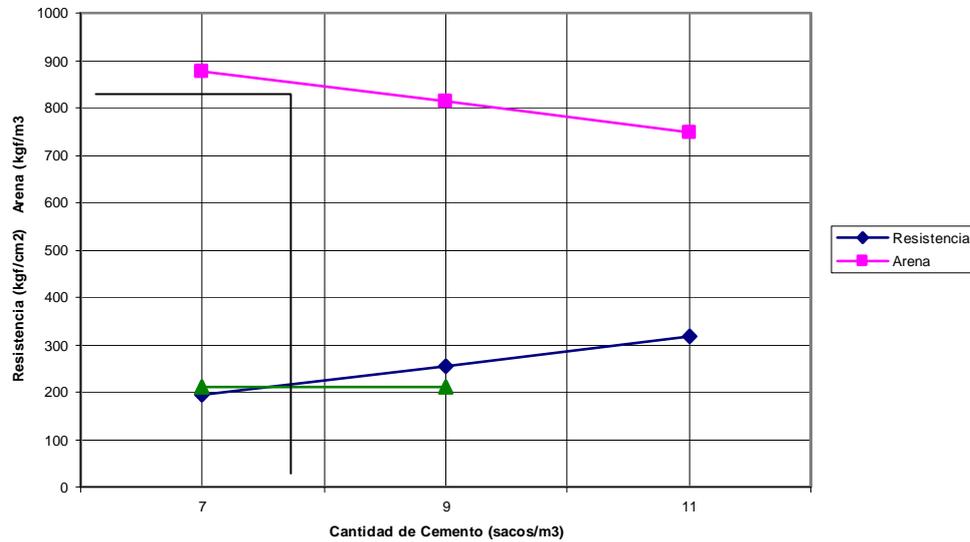


GRAFICO 11
DISEÑO CON TABLA DE MATÍAS SANTANA
CANTO RODADO Y ARENA

De aquí tomamos la dosis para una resistencia de 210kg/cm^2 como valor para el diseño, lo que conlleva a una dosis definitiva para los materiales de:

	Piedra Picada (kgf/m^3)	Canto Rodado (kgf/m^3)
Agua mezcla	182	188
Cemento	319	319
Piedra húmeda	1040	982
Arena húmeda	810	850

TABLA 23
DOSIS DE LOS MATERIALES SEGÚN MÉTODO DE MATÍAS SANTANA

Propuesta Juan Núñez (en Base a la metodología de Matías Santana):

El método de Matías Santana es muy sencillo de aplicar pero solo si se toma en cuenta que los datos generados son debido a estudios previos de la granulometría (compactación óptima) y la curva de resistencia contra cantidad de cemento, la cual hay que generar, en fin, esto sería un procedimiento que podría tomarse 35 días, desde su etapa inicial hasta el ensayo de las probetas de concreto a los 28 días de edad.

Todo esto no es óptimo para una obra de poco volumen, donde quizás se tengan elementos funcionando ya a los 7 días de haberse construido, entonces, ¿Para que ensayar cilindros, y generar todo esto si necesito una dosis inmediata antes que pueda realizar todo eso?

Por eso, se resumen algunos pasos de este método y partiendo de todas las características analizadas para todos los otros métodos, se propone generar un diseño de mezcla según los siguientes pasos:

1. Peso compacto óptimo:

Realizar una mezcla compuesta por 1 de cuñete lleno de piedra enrasado (estado suelto) y 1 cuñete lleno de arena (estado suelto), si es posible, no llenarlo por completo, dejando unos 2cms antes del borde del cuñete tomando la superficie de la arena plana.

Homogenizarla y colocarla en un cuñete, colocarla por capas, que sean tres (3), compactando cada una por percusión. A 50 golpes dejándolo caer a 5cms del suelo sobre una superficie regular-

Enrasar la muestra, luego agregarle agua hasta que llegue al tope del cuñete, dejar reposar esto por 1 hora y luego agregar el agua final. Tener un control sobre la

cantidad de agua utilizada, se pueden utilizar envases de 0,5 litros de capacidad para tomar el control.

La medición total del agua se divide entre 19 y con esto se obtiene la cantidad de agua por metro cúbico necesaria para la mezcla.

2. Determinar la cantidad de piedra:

Sumarle a la cantidad de agua obtenida por metro cúbico el valor de 15 y restarlo de 1000. Dividir este valor resultante entre 1000 y luego multiplicarlo por 2600.

El número resultante es el peso absoluto de agregados, como si la mezcla estuviera compuesta de pura agua, piedra y arena. Del valor resultante, tome entre el 50% y el 45% del mismo, todo dependiendo de cómo se vea el agregado, si predominan los granos gruesos entre su granulometría, utilice un valor alto y si la granulometría es más uniforme utilice un valor más bajo. Del mismo modo, si el grano es angular, utilice valores altos, si es redondeado, utilice valores bajos.

Para el diseño, se divide ese valor obtenido entre 2,7 y se tendrán los litros de grueso por metro cúbico necesario.

3. Dosis de cemento

Se multiplica la cantidad de agua obtenida por un valor entre 0,55 y 0,60. Esto se divide entre 42,5. El valor resultante debe oscilar entre 7 y 8, este es el número de sacos resulta fuera de rango, utilice los límites aquí recomendados. Es necesario notar que si el valor no está en el rango, no exceda de un 5%. Si es así el método no aplica.

4. Arena necesaria

Ahora, se suman las dosis obtenidas como se muestra:

$$\text{Agua en litros/m}^3 + 15 + \text{Sacos} * 12,75 + \text{Gruesos en lts/m}^3$$

Este valor resultante, se le resta a 1000, con esto se tiene el volumen de arena en las mismas unidades (lts/m³).

5. *Dosis definitiva*

Cemento: cantidad de sacos obtenidos

Arena: multiplicar la dosis por 1,44 para tener el valor en volumen aparente

Piedra: multiplicar la dosis por 1,86 para tener el valor en volumen aparente

Agua: la dosis obtenida ya es directa para la mezcla

NOTA: todos los valores obtenidos deben verificarse entre los rangos propuestos en los análisis de este trabajo. Cualquier diferencia sustancial de más del 10% hace inválido el procedimiento. Se esperan resistencias a los 28 días de ensayo, en probetas cilíndricas normalizadas de 210 kgf/cm²

CONCLUSIONES

El método propuesto, está aplicado a los materiales utilizados para este trabajo de grado, los cuales son, Piedra Picada N°1, Canto Rodado N°1 y Arena de San Benito, por eso se pudo simplificar lo suficiente y está aplicado únicamente a estos. Además que los rangos definidos en los análisis proporcionan un factor de seguridad suficiente para lograr, en las obras de poco volumen una menor dispersión en las mezclas, donde la elaboración del concreto es dispersa.

Este método está propuesto sobre ensayos realizados en laboratorio, para poder cumplir con su estricta reproducción y empleo en obra, se deben seguir los requisitos mínimos de mantenimiento, manejo y otros para los materiales en obras de poco volumen, los cuales se encuentran debidamente identificados en el Marco Teórico de este trabajo

Aunque en la tecnología del concreto, los diseños de mezcla se fijan en base a la relación triangular, los métodos estudiados parecen dejar esto a un lado, e intentar introducirlos en esta relación involucra realizar los ajustes antes mencionados. Así que para intentar una interacción directa entre métodos analíticos y no analíticos, son necesarias las muestras de prueba siempre.

Las dos tablas del Manual del Concreto Estructural introducen factores de seguridad para los agregados, el uso del cemento, pero no incurren en la propuesta de la cantidad de agua. No distinguen entre las condiciones en las que pueden aparecer los agregados, húmedos, secos, o saturados. Además de dejar en manos del usuario de estas la decisión de la cantidad de agua, sin hacer ninguna advertencia sobre la trabajabilidad del concreto “óptimo” a usar. Aunque están en rangos aceptables, pues como se pudo ver, entre la tabla I y la tabla propuesta en este trabajo, no existen grandes diferencias, mas que todo las diferencias persisten en el volumen de agregados.

El método de Matías Santana proporciona mezclas mucho más acertadas en cuanto a los requerimientos de resistencia se refiere. Pero su aplicación es de larga duración, pues este no estima la cantidad de cemento, así que necesariamente tiene que ser aplicado con ensayos de laboratorio, lo cual hace que pierda completamente su practicidad en obras donde se necesite un pequeño volumen de concreto en un tiempo corto. El factor más favorable de este método es la curva de compactación de combinación óptima, la cual ya contempla el estado natural de los agregados lo que proporciona una cantidad de agua justa para completar los espacios vacíos de la mezcla y lograr un concreto que lleve al máximo la interacción entre la pasta y los agregados.

Para realizar ajustes sobre los diseños, es necesario verificar con mezclas de pruebas y sobre estos, aplicar los factores recomendados. Los ajustes propuestos, para la resistencia, se propone que las elaboradas con dosis de este tipo, estarán entre el 5% y el 15% por debajo de la resistencia estimada con el método analítico, en este caso uno de amplio uso, como es el del Manual del Concreto Estructural.

Cualquier predicción entre un diseño analítico con el empleado y un diseño de dosificación como los analizados, deben ser ajustadas con los respectivos valores representativos de cada mezclas, proporcionados por ensayos debidamente realizados.

RECOMENDACIONES

Este trabajo se llevó a cabo solo para dos combinaciones de agregados, manteniendo fijo el tamaño máximo y variando la forma de los mismos, sería conveniente realizar estudios posteriores para combinaciones distintas y así evaluar la validez de estos. Para así lograr un método general, de fácil desempeño y que cubra todas las posibilidades de agregados. Además de convenir cualquier ajuste en el procedimiento propuesto.

No es necesario estudiar cualquier otro método de dosificación, los analizados aquí son lo suficientemente representativos para lograr análisis concluyentes. Cualquier otro método de dosificación aunque no se pueda determinar si lleva a valores parecidos, sus propuestas son parecidas, por lo menos a la Tabla I del Manual del Concreto Estructural (por dosis).

Una mejor aproximación se logra evaluando mucho mas ensayos, ampliar los alcances de las muestras y la toma de especimenes ofrecería mucha mas exactitud en los ajustes.

BIBLIOGRAFÍA

- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica) (1999). Construcción Sismo Resistente de Viviendas de uno y dos pisos de Mampostería
- ARIAS, Fidias G (1997) El Proyecto de Investigación (Guía para su elaboración). 2da Edic. Caracas. Editorial Episteme (107p).
- AVPC, Cámara Venezolana de la Construcción. Buenas Mezclas con Concreto (15p).
- COVENIN 1753:1987 (1987) Estructuras de Concreto Armado Para Edificaciones Análisis y Diseño.
- COVENIN 254:1998 (1998) Cedazos de ensayo.
- COVENIN 255:1998 (1998) Agregados. Determinación de la composición granulométrica.
- COVENIN 256:1977 (1977) Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico)
- COVENIN 258:1977 (1977) Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 74 micras en agregados minerales.
- COVENIN 259:1977 (1977) Método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas de 20 micras en agregados finos.
- COVENIN 263:1977 (1977) Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

COVENIN 268:1998 (1998) Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción.

COVENIN 269:1998 (1998) Agregado grueso. Determinación de la densidad y la absorción.

COVENIN 277:2000 (2000) Concreto. Agregados. Requisitos.

COVENIN 338:2002 (2002) Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.

COVENIN 339:1994 (1994) Concreto. Método para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams.

COVENIN 354:2001 (2001) Concreto. Método para mezclado en el laboratorio.

L'HERMITE, Robert (1971) A pie de Obra. Francia. Editorial Tecnos. (173p).

McMILLAN, F.R. y TURTHILL, Lewis H. (1989) Cartilla del Concreto. México. Editorial Limusa (79p).

NEVILLE, Adam (1977) Tecnología del Concreto México. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

PORRERO, Joaquín (1975) La Investigación. Boletín IMME Año XII N° 51 (pp33-57).

PORRERO, Joaquín et al. (2004) Manual del Concreto Estructural. 1ra Edic. Caracas. Sidetur (503p).

ROMERO, Maria Eugenia y BARRIOS, Ismael (1995) Análisis de Métodos de Diseño de Mezcla de Concreto Empleando Materiales Nacionales. Tesis de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela.

SANTANA, Matías (1999) Diseño de Mezclas. Memorias al 41° Congreso Brasileiro do Concreto. (pp 16-23).

TROXELL, George y HARMER, Davis. (1956) Composition and Proprieties of Concrete. USA. McGraw Hill.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (2003). Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales. Caracas. FEDUPEL.

ANEXOS



VENEZUELA

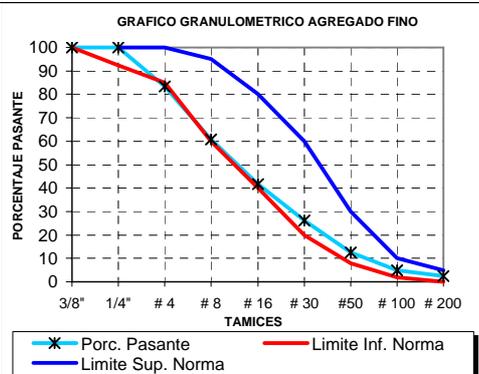
PC-CC-R-01
Caracas, 2-Abr-2005

ENSAYO DE AGREGADO FINO

MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta)
 ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO
 MUESTRA SACADA POR: GLEICY RAMOS FECHA: MARZO
 ENTREGADO POR: GLEICY RAMOS FECHA: MARZO
 PROCEDENCIA: _____
 USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO
 PROCEDENCIA:: ARENERA PUENTEAREAS

ENSAYO GRANULOMETRICO

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES
1/2"				
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
1/4"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	167	16,7	16,7	83,3
# 8	226	22,6	39,3	60,7
# 16	190	19,0	58,3	41,7
# 30	156	15,6	73,9	26,1
#50	136	13,6	87,5	12,5
# 100	77	7,7	95,2	4,8
# 200	24	2,4	97,6	2,4
Fondo	24	2,4	100,0	0,0
Peso T.	1.000 g			



MODULO DE FINURA (MF) = 3,71

PESO ESPECIFICO

Densidad*Muestra+Envase: 646,99 gr/cm³
 Peso del Envase: 148 g
 Peso del Envase+H₂O: 646 g
 P.del Envase+H₂O+Muestra: 952 g
 Peso de La Muestra: 500 g
 Densidad del H₂O: 0,99797 cm³
P ESPECIFICO: 2,56 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION

Peso SSS: 500 g
 Peso Seco: 488 g
PORC ABS: 2,46 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso Recipiente: 6,563 Kg
 Peso Muest. + Recip.: 11,089 Kg
 Peso Muestra: 4,526 Kg
 Vol. Recipiente: 0,00280 m³

PESO UNITARIO COMPACTO

Peso Recipiente: 6,563 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 11,647 Kg
 Peso Muestra: 5,084 Kg
 Vol. Recipiente: 0,00280 m³

PESO UNITARIO SUELTO: 1.616 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO: 1.816 Kg/m³

TAMIZ # 200

Peso Lav.Ta .# 200: 2.002 g
 Peso Sec.D.Lav: 1.916 g
TAMIZ # 200: 4,30%

PORCENTAJE EN SUSPENSION

Cant de Mat en Suspensión: 55 cm³
 Cant de Muestra: 500 g
PORCENTAJE EN SUSPENSION 6,60 %

IMPUREZAS ORGANICAS

Color N° 0
NO Contiene Impurezas.

PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS

Cloruros: SI NO
 Sulfatos: SI NO

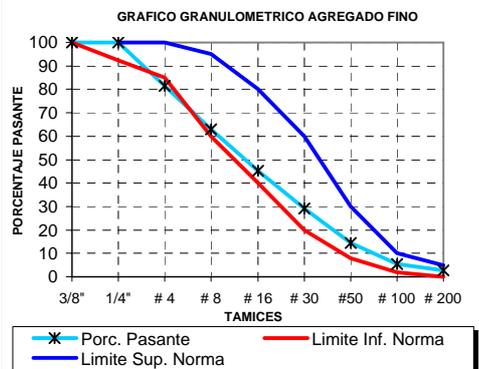
Fecha: 02/04/05 Realizado por: TSU.Gleicy Ramos Revisado por: Ing. Ana Acevedo.

ENSAYO DE AGREGADO FINO

MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta)
 ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO
 MUESTRA SACADA POR: GLEICY RAMOS FECHA: MARZO
 ENTREGADO POR: GLEICY RAMOS FECHA: MARZO
 PROCEDENCIA: _____
 USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO
 PROCEDENCIA:: ARENERA SAN BENITO

ENSAYO GRANULOMETRICO

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES
1/2"				
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
1/4"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	185	18,5	18,5	81,5
# 8	186	18,6	37,1	62,9
# 16	176	17,6	54,8	45,2
# 30	162	16,2	71,0	29,0
#50	147	14,7	85,7	14,3
# 100	89	8,9	94,6	5,4
# 200	28	2,8	97,4	2,6
Fondo	26	2,6	100,0	0,0
Peso T.	999 g			



MODULO DE FINURA (MF) = 3,62

PESO ESPECIFICO

Densidad*Muestra+Envase: 637,59 gr/cm³
 Peso del Envase: 139 g
 Peso del Envase+H₂O: 637 g
 P.del Envase+H₂O+Muestra: 942 g
 Peso de La Muestra: 500 g
 Densidad del H₂O: 0,99797 cm³
P ESPECIFICO: 2,55 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION

Peso SSS: 500 g
 Peso Seco: 486 g
PORC ABS: 2,88 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso Recipiente: 6,563 Kg
 Peso Muest. + Recip.: 11,975 Kg
 Peso Muestra: 5,412 Kg
 Vol. Recipiente: 0,00280 m³

PESO UNITARIO COMPACTO

Peso Recipiente: 6,563 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 11,510 Kg
 Peso Muestra: 4,947 Kg
 Vol. Recipiente: 0,00280 m³

PESO UNITARIO SUELTO: 1.933 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO: 1.767 Kg/m³

TAMIZ # 200

Peso Lav.Ta .# 200: 2.001 g
 Peso Sec.D.Lav: 1.906 g
TAMIZ # 200: 4,75%

PORCENTAJE EN SUSPENSION

Cant de Mat en Suspensión: 65 cm³
 Cant de Muestra: 500 g
PORCENTAJE EN SUSPENSION: 7,80 %

IMPUREZAS ORGANICAS

Color N° 1
NO Contiene Impurezas.

PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS

Cloruros: SI NO
 Sulfatos: SI NO

Fecha: 02/04/05 Realizado por: TSU.Gleicy Ramos Revisado por: Ing. Ana Acevedo.

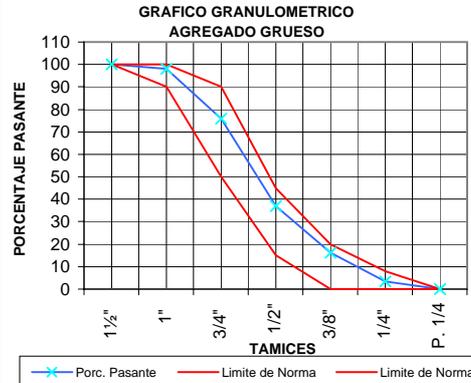
Normas utilizadas en la elaboracion del informe: Covenin 254,256,258,259,263,268,270,277.

ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

MATERIAL: GRAVA #1
 ENSAYO SOLICITADO POR: LAFARGE PRE MEX
 MUESTRA SACADA POR: BRAULIO MEDINA FECHA: MARZO
 MUESTRA ENTREGADA POR: BRAULIO MEDINA FECHA: MARZO
 PROCEDENCIA: LAFARGE PREMEX
 USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO
 MATERIAL PRODUCIDO O VENDIDO POR: CANTERA APONTE

ENSAYO GRANULOMETRICO

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES ACUMULADOS
2 1/2"				
2"				
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"	257	2,1	2,1	97,9
3/4"	2738	22,1	24,2	75,8
1/2"	4816	39,0	63,2	36,8
3/8"	2541	20,6	83,7	16,3
1/4"	1573	12,7	96,4	3,6
P. 1/4	439	3,6	100,0	0,0
Peso T.	12.364 g			


PESO ESPECIFICO

Peso en el Aire: 8.227 g
 Peso en el Agua: 5.181 g
P ESPECIFICO: 2,70 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION

Peso Mues S.S.S 8.227 g
 Peso Seco: 8.129 g
PORC ABS: 1,21 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso Recipiente: 7,536 Kg
 Peso Muest. + Recip.: 29,213 Kg
 Peso Muestra: 21,677 Kg
 Vol. Recipiente: 0,01420 m³

PESO UNITARIO SUELTO: 1.527 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO

Peso Recipiente: 7,536 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 31,480 Kg
 Peso Muestra: 23,944 Kg
 Vol. Recipiente: 0,01420 m³

PESO UNITARIO COMPACTO: 1.686 Kg/m³

TAMIZ # 200

Peso Lav.Ta. # 200: 5.141 g
 Peso Sec.D.Lav: 5.113 g
TAMIZ # 200: 0,54%

PORCENTAJE DE PART (MAXIMAS Y MINIMAS)

Peso De Muest: 877 g
 Peso D e las Part: 238 g
Porc Max Min: 27,14

Fecha: 07/04/05 Realizado por: Braulio Medina Revisado por: Ing. Ana Acevedo

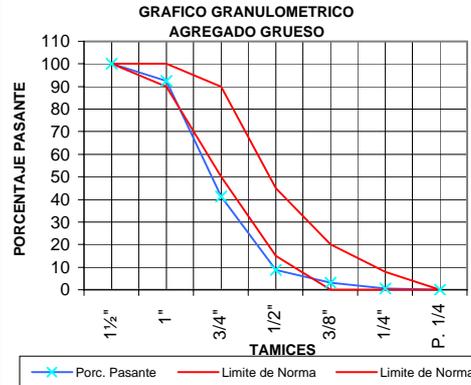
Normas utilizadas en la elaboracion del informe: Covenin 254,255,258,269,270,277.

ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

MATERIAL: PIEDRA #1
 ENSAYO SOLICITADO POR: LAFARGE PRE MEX
 MUESTRA SACADA POR: BRAULIO MEDINA FECHA: MARZO
 MUESTRA ENTREGADA POR: BRAULIO MEDINA FECHA: MARZO
 PROCEDENCIA: LAFARGE PREMEX
 USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO
 MATERIAL PRODUCIDO O VENDIDO POR: CANTERA LOS NARANJOS

ENSAYO GRANULOMETRICO

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES ACUMULADOS
2 1/2"				
2"				
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"	945	7,4	7,4	92,6
3/4"	6512	51,2	58,6	41,4
1/2"	4128	32,5	91,1	8,9
3/8"	732	5,8	96,9	3,1
1/4"	326	2,6	99,4	0,6
P. 1/4	72	0,6	100,0	0,0
Peso T.	12.715 g			


PESO ESPECIFICO

Peso en el Aire: 8.161 g
 Peso en el Agua: 5.120 g
P ESPECIFICO: 2,68 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION

Peso Mues S.S.S 8.161 g
 Peso Seco: 8.091 g
PORC ABS: 0,86 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso Recipiente: 7,536 Kg
 Peso Muest. + Recip.: 26,610 Kg
 Peso Muestra: 19,074 Kg
 Vol. Recipiente: 0,01420 m³

PESO UNITARIO COMPACTO

Peso Recipiente: 7,536 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 29,888 Kg
 Peso Muestra: 22,352 Kg
 Vol. Recipiente: 0,01420 m³

PESO UNITARIO SUELTO: 1.343 Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTO: 1.574 Kg/m³

TAMIZ # 200

Peso Lav.Ta. # 200: 5.114 g
 Peso Sec.D.Lav: 5.063 g
TAMIZ # 200: 1,00%

PORCENTAJE DE PART (MAXIMAS Y MINIMAS)

Peso De Muest: 887 g
 Peso D e las Part: 237 g
Porc Max Min: 26,72

Fecha: 06/04/05 Realizado por: Braulio Medina Revisado por: Ing. Ana Acevedo

Normas utilizadas en la elaboracion del informe: Covenin 254,255,258,269,270,277.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Fecha: 16/05/2005

	PIEDRA PICADA	CANTO RODADO	ARENA
Tara (gr)	546,1	546,5	30,1
Tara + Muestra Húmeda (gr)	5008,2	4815,0	468,0
Tara + Muestra Seca (gr)	4915,5	4755,2	439,2
Humedad (%)	2,12	1,42	7,04

Observación: el día 17/05/05 se inundó el laboratorio, los agregados a usar se vieron alterados en su humedad la cual es el valor antes medido, los demás días, los valores son los mismos que la fecha 23/05/2005

Fecha: 23/05/2005

	PIEDRA PICADA	CANTO RODADO	ARENA
Tara (gr)	546,1	546,5	30,1
Tara + Muestra Húmeda (gr)	4916,0	4715,5	444,1
Tara + Muestra Seca (gr)	4855,0	4661,3	432,1
Humedad (%)	1,42	1,32	2,99

METODO DE MATIAS SANTANA

MATERIALES

		P.E. (gf/cm ³)
GRUESOS	CANTO RODADO N° 1	2,70
FINOS	ARENA DE SAN BENITO	2,55

CURVA DE COMPACTACIÓN

Envase	8,70	kgf
---------------	------	-----

% GRUESO	PESO COMP +ENVASE (kgf)	PESO COMP (kgf)
60	35,10	26,40
50	36,10	27,40
40	36,05	27,35

COMBINACIÓN OPTIMA

Porcentaje Óptimo	47,00	%
GRUESO	12,91	kgf
FINO	14,55	kgf
Comb (Grueso+ Fino)	27,46	kgf

CANTIDAD DE AGUA

Peso (recip + agua)	14,00	kgf
Temperatura	24,10	°C
densidad (COVENIN 263)	997,27	kgf/m ³
Vol recip	14,04	lts

Peso recip+agua+agregado	38,80	kgf
Agua = Peso - Comb - Envase	2,64	kgf
Vol agua = Agua / Vol recip	188,06	lts/m ³
Vol aire	15,00	lts/m ³

VOLUMEN DE AGREGADOS

Vol de agregados	796,94	lts
Peso finos	1,35	gf/cm ³
Peso gruesos	1,27	gf/cm ³
Peso comb	2,62	gf/cm ³

Peso comb	2088,39
Peso Finos	1106,85
Peso gruesos	981,54
Vol Finos	434,06
Vol Gruesos	363,53

DOSIS AGREGADOS

Aire	15	lts
Agua	188	lts

Fino	434	Its
Grueso	364	Its

METODO DE MATIAS SANTANA

MATERIALES

		P.E. (gf/cm ³)
GRUESOS	CANTO RODADO N° 1	2,70
FINOS	ARENA DE SAN BENITO	2,55

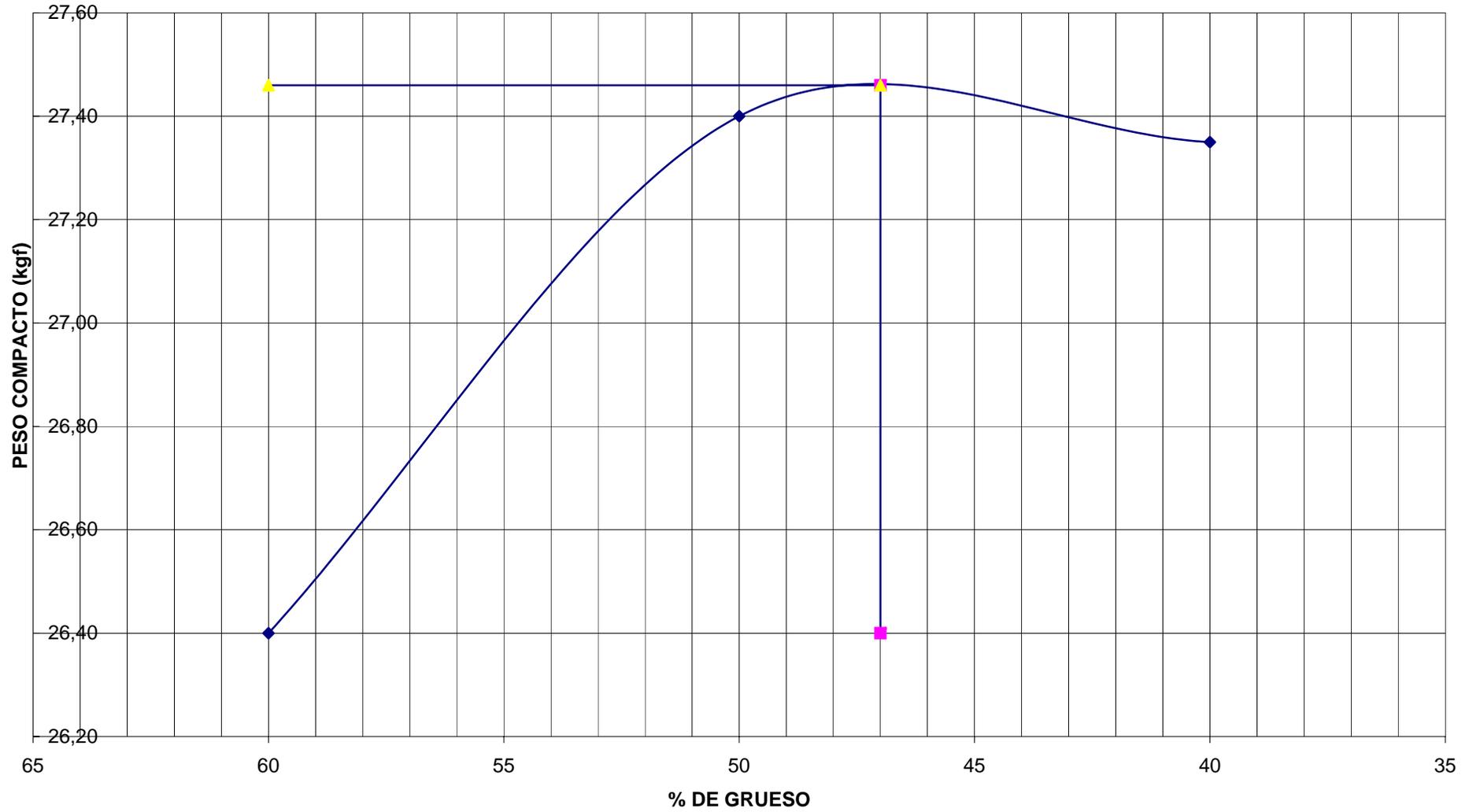
DOSIS DE CEMENTO

	7 SACOS lts/m ³	9 SACOS lts/m ³	11 SACOS lts/m ³	
AGUA	188	188	188	
CEMENTO	89	115	140	
PIEDRA	364	364	364	
AIRE	15	15	15	
	SUMA	656	681	707
ARENA = 1000 - SUMA	344	319	293	

DISEÑO DE MEZCLA

	7 SACOS kgf/m ³	9 SACOS kgf/m ³	11 SACOS kgf/m ³
AGUA	188	188	188
CEMENTO	298	383	468
PIEDRA	982	982	982
ARENA	878	813	748

COMPACTACIÓN OPTIMA CANTO RODADO + ARENA DE DE SAN BENITO



METODO DE MATIAS SANTANA

MATERIALES

		P.E. (gf/cm ³)
GRUESOS	PIEDRA PICADA N° 1	2,68
FINOS	ARENA DE SAN BENITO	2,55

CURVA DE COMPACTACIÓN

Envase	8,70	kgf
---------------	------	-----

% GRUESO	PESO COMP +ENVASE (kgf)	PESO COMP (kgf)
60	35,30	26,60
50	36,30	27,60
40	35,60	26,90

COMBINACIÓN OPTIMA

Porcentaje Óptimo	49,50	%
GRUESO	13,66	kgf
FINO	13,94	kgf
Comb (Grueso+ Fino)	27,60	kgf

CANTIDAD DE AGUA

Peso (recip + agua)	14,00	kgf
Temperatura	24,10	°C
densidad	997,27	kgf/m ³
Vol recip	14,04	lts

Peso recip+agua+agregado	38,85	kgf
Agua = Peso - Comb - Envase	2,55	kgf
Vol agua = Agua / Vol recip	181,65	lts/m ³
Vol aire	15,00	lts/m ³

VOLUMEN DE AGREGADOS

Vol de agregados	803,35	lts
Peso finos	1,29	gf/cm ³
Peso gruesos	1,33	gf/cm ³
Peso comb	2,61	gf/cm ³

Peso comb	2100,25	kgf
Peso Finos	1060,63	kgf
Peso gruesos	1039,62	kgf
Vol Finos	415,93	lts
Vol Gruesos	387,92	lts

DOSIS AGREGADOS

Aire	15	lts
Agua	182	lts

Fino	416	lts
Grueso	388	lts

METODO DE MATIAS SANTANA

MATERIALES

		P.E. (gf/cm ³)
GRUESOS	PIEDRA PICADA N° 1	2,68
FINOS	ARENA DE SAN BENITO	2,55

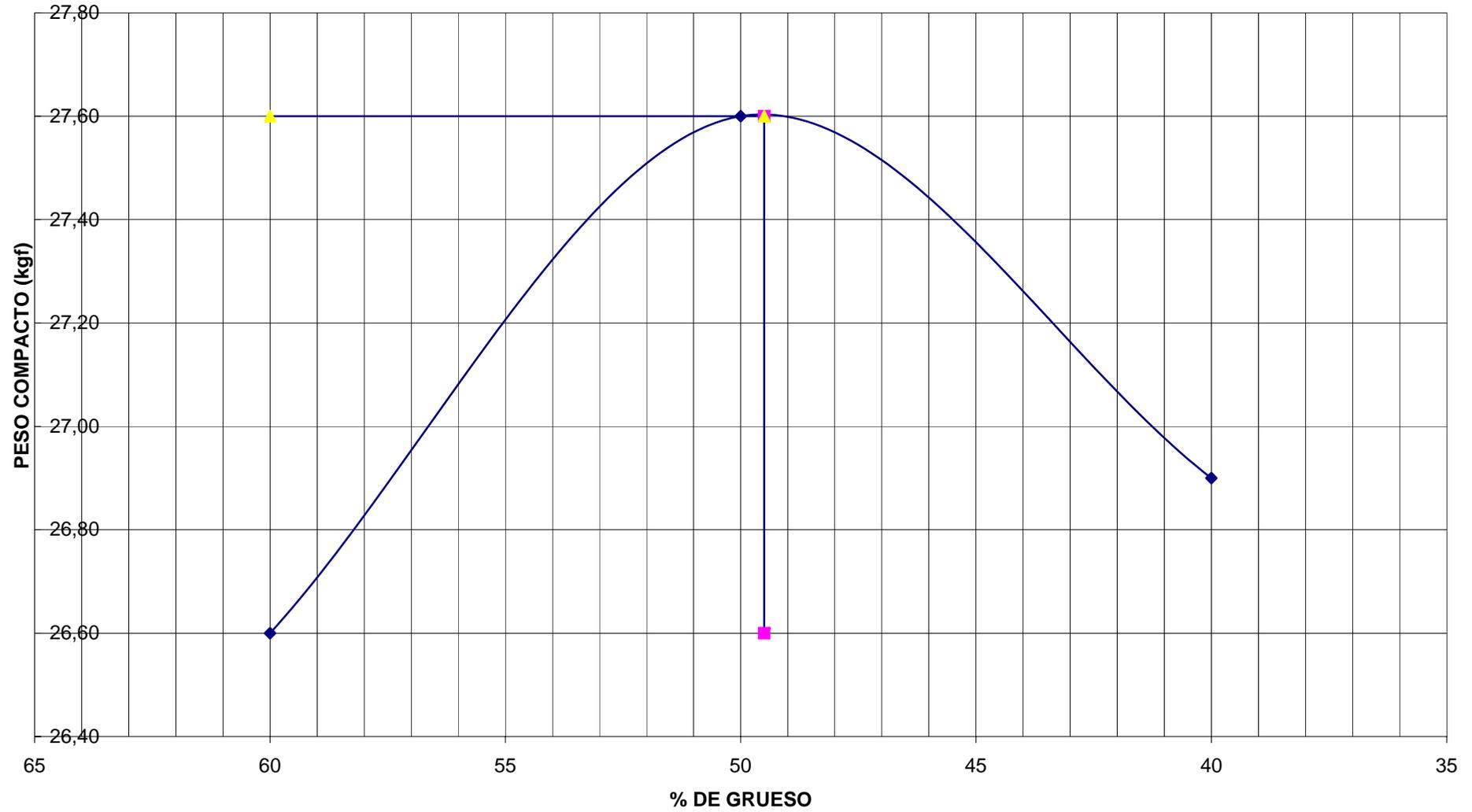
DOSIS DE CEMENTO

	7 SACOS lts/m ³	9 SACOS lts/m ³	11 SACOS lts/m ³	
AGUA	182	182	182	
CEMENTO	89	115	140	
PIEDRA	388	388	388	
AIRE	15	15	15	
	SUMA	674	699	725
ARENA = 1000 - SUMA	326	301	275	

DISEÑO DE MEZCLA

	7 SACOS kgf/m ³	9 SACOS kgf/m ³	11 SACOS kgf/m ³
AGUA	182	182	182
CEMENTO	298	383	468
PIEDRA	1040	1040	1040
ARENA	832	767	702

COMPACTACIÓN OPTIMA PIEDRA PICADA + ARENA DE SAN BENITO



FECHA 15/06/2005

COMBINACIÓN GRANULOMETRICA
GRUESOS PIEDRA PICADA
FINOS ARENA DE SAN BENITO

CILINDROS	28	DIAS DE EDAD
-----------	----	--------------

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS SEGÚN COVENIN 338

MUESTRA	CILINDRO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	PESO (kg)	CARGA P (ton)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)
TABLA 1	1	15,2	29,9	12,70	44,40	246
	2	14,9	30,0	12,80	45,20	258
	3	15,0	30,0	13,00	43,80	249
TABLA 2	1	14,9	30,1	12,90	35,80	204
	2	14,9	30,1	13,10	29,40	168
	3	15,0	30,0	12,80	37,80	213

ENSAYO PULSO ULTRASONICO SEGÚN COVENIN 1681

MUESTRA	CILINDRO	LONGITUD (cm)	t1	t2	t3	Velocidad
TABLA 1	1	29,94	75,20	76,50	77,60	3,92
	2	30,04	70,50	72,20	72,70	4,18
	3	29,95	72,40	72,60	72,30	4,13
TABLA 2	1	30,05	76,60	79,60	79,10	3,83
	2	30,05	81,40	83,20	83,10	3,64
	3	30,03	79,50	81,20	82,50	3,70

RESULTADOS

MUESTRA	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	Desviación (kgf/cm ²)	Velocidad (Km/seg)
TABLA 1	251	6	4,01
TABLA 2	209	6	3,77

FECHA 16/06/2005

COMBINACIÓN GRANULOMETRICA
GRUESOS CANTO RODADO
FINOS ARENA DE SAN BENITO

CILINDROS 28 DIAS DE EDAD

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS SEGÚN COVENIN 338

MUESTRA	CILINDRO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	PESO (kg)	CARGA P (ton)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)
MS 7 SACOS	1	15,1	30,1	13,10	33,90	189
	2	15,0	30,1	12,90	35,60	201
	3	15,2	30,1	13,10	34,60	191
MS 9 SACOS	1	15,1	30,1	13,20	46,00	258
	2	15,0	30,1	12,90	45,00	256
	3	15,0	30,0	12,90	45,00	255
MS 11 SACOS	1	15,0	30,2	13,00	56,40	320
	2	15,1	30,0	12,90	56,60	318
	3	15,2	30,2	13,20	54,00	298

ENSAYO PULSO ULTRASONICO SEGÚN COVENIN 1681

MUESTRA	CILINDRO	LONGITUD (cm)	t1	t2	t3	Velocidad
MS 7 SACOS	1	30,09	78,70	78,30	76,70	3,86
	2	30,05	77,70	80,40	81,20	3,77
	3	30,14	77,40	77,50	77,50	3,89
MS 9 SACOS	1	30,12	77,60	74,40	75,30	3,98
	2	30,05	76,40	77,60	75,10	3,93
	3	30,04	76,90	76,60	74,80	3,95
MS 11 SACOS	1	30,15	76,70	76,30	78,20	3,91
	2	29,98	76,80	77,20	76,60	3,90
	3	30,17	74,30	74,60	74,30	4,06

RESULTADOS

MUESTRA	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	Desviación (kgf/cm ²)	Velocidad (Km/seg)
MS 7 SACOS	194	6	3,84
MS 9 SACOS	256	2	3,95
MS 11 SACOS	319	2	3,91

FECHA 22/06/2005

COMBINACIÓN GRANULOMETRICA
GRUESOS CANTO RODADO
FINOS ARENA DE SAN BENITO

CILINDROS	28	DIAS DE EDAD
-----------	----	--------------

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS SEGÚN COVENIN 338

MUESTRA	CILINDRO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	PESO (kg)	CARGA P (ton)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)
TABLA 1	1	15,2	30,1	12,80	34,40	190
	2	15,1	30,3	12,70	34,00	189
	3	15,1	30,0	12,70	35,60	198
TABLA 2	1	15,0	30,1	13,10	44,20	252
	2	15,1	30,3	13,20	44,00	247
	3	14,9	30,2	13,20	43,00	245

ENSAYO PULSO ULTRASONICO SEGÚN COVENIN 1681

MUESTRA	CILINDRO	LONGITUD (cm)	t1	t2	t3	Velocidad
TABLA 1	1	30,10	77,00	76,60	79,50	3,87
	2	30,27	80,20	80,50	81,30	3,75
	3	30,00	72,50	70,50	69,60	4,23
TABLA 2	1	30,09	76,60	76,40	76,20	3,94
	2	30,33	73,20	72,60	73,00	4,16
	3	30,23	75,60	75,10	75,70	4,01

RESULTADOS

MUESTRA	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	Desviación (kgf/cm ²)	Velocidad (Km/seg)
TABLA 1	192	5	3,95
TABLA 2	248	4	4,04

FECHA 23/06/2005

COMBINACIÓN GRANULOMETRICA
GRUESOS PIEDRA PICADA
FINOS ARENA DE SAN BENITO

CILINDROS 28 DIAS DE EDAD

ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS SEGÚN COVENIN 338

MUESTRA	CILINDRO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	PESO (kg)	CARGA P (ton)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)
MS 7 SACOS	1	15,0	30,0	13,10	35,10	199
	2	15,0	30,1	13,10	33,60	190
MS 9 SACOS	1	15,1	30,1	13,20	46,00	257
	2	15,1	30,6	13,30	47,80	266
MS 11 SACOS	1	15,0	30,1	13,20	61,60	348
	2	15,0	30,1	13,10	60,00	342

ENSAYO PULSO ULTRASONICO SEGÚN COVENIN 1681

MUESTRA	CILINDRO	LONGITUD (cm)	t1	t2	t3	Velocidad
MS 7 SACOS	1	30,01	71,50	72,50	72,00	4,17
	2	30,05	78,50	78,20	76,40	3,87
MS 9 SACOS	1	30,11	74,40	72,70	72,30	4,12
	2	30,61	78,50	77,00	75,90	3,97
MS 11 SACOS	1	30,10	70,00	69,50	68,40	4,34
	2	30,07	74,10	75,30	74,30	4,03

RESULTADOS

MUESTRA	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	Desviación (kgf/cm ²)	Velocidad (Km/seg)
MS 7 SACOS	195	6	4,02
MS 9 SACOS	262	6	4,05
MS 11 SACOS	345	4	4,19