

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES.

Los cambios en la sociedad, los adelantos en la industria y el comercio y los avances de la tecnología en la construcción, impulsan a ampliar el estudio y el conocimiento más a fondo de los materiales que se usan en distintas obras estructurales.

Dentro de estos materiales de construcción uno de los más importantes es el hormigón, resultado de la mezcla de uno o más conglomerantes (cemento) con áridos (grava, arena), y agua.

Las mejoras que se realizan en esta área son las referidas a los hormigones y sobre todo a la verificación de la resistencia de las probetas en el momento de la rotura y análisis de la resistencia que alcanza.

Por lo que se elabora un trabajo de investigación sobre el análisis de la influencia que tiene la velocidad de la prensa hidráulica en la resistencia de probetas de hormigón.

Las mejoras que se realizaran en esta área, están referidas a los ensayos de compresión a diferentes velocidades en la prensa hidráulica para saber si existe variación en la resistencia de probetas de hormigón en los ensayos a compresión.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad, existe un crecimiento demográfico importante donde las obras civiles son ampliamente requeridas y se observa la necesidad de llevar a cabo un análisis de la velocidad óptima de la prensa hidráulica en el momento de la rotura de probetas de hormigón para el control de resistencia a compresión de las obras realizadas.

Mediante la elaboración de este trabajo se pretende llegar a conocer si la resistencia de las probetas a romper llega a tener cambios en su resistencia aplicada a una diferente velocidad por la prensa hidráulica “ELE Compact 1500.”

Hasta el presente no se tiene conocimiento de alguna investigación, es por eso que este proyecto es beneficioso tanto a mi persona como a la universidad y toda la sociedad.

El Hormigón presenta muchas ventajas sobre muchos materiales empleados en obra, que justifica hacer una investigación sobre el control de su resistencia a diferentes velocidades mediante la prensa hidráulica para saber si influye en su resistencia, o no.

Este tema de investigación ayuda a conocer más sobre el comportamiento del hormigón como la aplicación de carga correcta que se debe emplear en la prensa hidráulica.

Esta investigación se realiza, mediante ensayos técnicos correspondientes a diferentes velocidades en la prensa hidráulica, para conocer el comportamiento del hormigón, por que es un material muy usual en la construcción, por lo tanto es determinante profundizar el análisis sobre su aplicación optima.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Por lo tanto se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Existe una variación en los resultados de resistencia de rotura a la compresión de moldes de hormigón cuando se aplica diferencia de velocidades en el accionar mecánico a la prensa hidráulica EL31-O671 Compact 1500?, Este estudio se realizara en el Laboratorio de Suelos y Hormigones de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Los resultados que se pueden obtener del presente estudio, son:

Comprobar si a velocidades variables se obtienen diferentes resistencias.

Es necesario conocer más a fondo el comportamiento de la prensa hidráulica.

Se debe profundizar acerca del funcionamiento y características de la prensa hidráulica en el momento de la rotura de probetas de hormigón en ensayos a compresión.

De esta manera se logra un mejor control de las obras que se realizan en nuestro medio para obtener resultados más exactos.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.-

“Analizar el grado de incidencia de la velocidad en el accionar mecánico de la prensa hidráulica, hacia los resultados de resistencia a la rotura de compresión, con el fin de determinar una velocidad óptima que esté acorde a las normativas y no exista variación en los resultados esperados”

1.4.2. Objetivos Específicos.-

- Analizar a los 7, a los 14 y a los 28 días la rotura de probetas en ensayos a compresión.
- Obtener resultados suficientes en la investigación para comprobar el comportamiento que sufre el hormigón en el momento de la rotura, cuando existen cambios de las velocidades en el accionar de la prensa.
- Controlar los ensayos de agregados realizados en el laboratorio, necesarios para obtener datos precisos de dosificación para la elaboración del hormigón.
- Profundizar los conocimientos sobre el uso, funcionamiento y características de la prensa hidráulica.

1.5. ALCANCE.

El alcance al cual se pretende llegar con el trabajo de investigación es de **“Establecer la velocidad óptima de la aplicación de la carga a través de la prensa hidráulica en los ensayos a compresión de probetas de hormigón”**

Los agregados que se utilizarán serán los empleados en nuestro medio, río Camacho ubicado en la comunidad de Calamuchita.

Realizar el control de la elaboración del hormigón en sus diferentes etapas desde la provisión de los materiales (componentes del hormigón), y seguir paso a paso la elaboración y correspondiente verificación a la compresión.

Realizar los ensayos a diferentes velocidades dos segundos un bombazo (que es una velocidad menor la velocidad de rotura actual), un bombazo cada segundo (que es la velocidad que se aplicaba siempre en el laboratorio), y dos bombazos cada segundo (que es una velocidad mayor).

Verificar las diferentes lecturas de resistencia para cada tiempo de curado a los 7 días con una resistencia característica de 126 kg/cm^2 , a los 14 días con una resistencia característica de 162 kg/cm^2 y a los 28 días con una resistencia característica de 180 kg/cm^2 , definido por norma.

Efectuar la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio, elaborando y analizando los diferentes ensayos.

Realizar un análisis de la prensa hidráulica, en lo que es el conocimiento más a fondo del funcionamiento, características y principios del manejo.

Realizar las conclusiones y recomendaciones, basada en los resultados obtenidos en el trabajo de investigación realizado.

1.6. HIPÓTESIS.

La velocidad de aplicación de la prensa hidráulica en la rotura de probetas tiene influencia en los resultados de la resistencia a compresión del hormigón.

Si se elabora un estudio de velocidades versus resistencia, se obtendrá una velocidad óptima, cuyo valor producirá una resistencia representativa.

1.7. METAS Y RESULTADOS A ALCANZAR.

Profundizar el conocimiento sobre la prensa hidráulica en el momento de su funcionamiento.

Analizar las resistencias obtenidas en el laboratorio de las diferentes velocidades que se emplea en la prensa hidráulica para el análisis de las probetas.

Obtener resultados de las probetas a los 7, 14, y 28 días para su respectivo análisis, en cuanto a la variación que se presente de las siguientes velocidades (dos segundos un bombazo un bombazo, cada segundo y dos bombazos cada segundo).

Seguir detalladamente los pasos en el momento de la rotura de probetas de hormigón a ser realizado por el encargado del laboratorio para tener un mejor conocimiento.

Llegar a concluir y obtener resultados satisfactorios en la elaboración del proyecto de investigación.

1.8. PLANIFICACION DEL TRABAJO.

Para este trabajo de investigación se ha previsto su desarrollo en 18 semanas lo cual se lo realizo en el tiempo especificado de la siguiente manera:

1.8.1 Trabajo de Laboratorio.

En la primera semana se selecciona y acopia el material que se utilizó: arena y grava del río Camacho ubicado en la comunidad de Calamuchita, por ser un material bueno para la elaboración del hormigón se escoge este material. Así luego se lo trasladó al laboratorio de suelos y hormigones de la Universidad Autónoma Juan Misal Saracho para poder comenzar con los ensayos correspondientes.

Los ensayos preliminares se realizaron en dos semanas como ser la granulometría del agregado fino y agregado grueso, en la cual para el agregado fino se trabajó con una muestra de 1000gr, y para el agregado grueso se trabajo con una muestra de 15000gr, para el ensayo del peso específico se aplico el método del matraz, para el peso unitario suelto y compactado se trabaja con el agregado fino y agregado

grueso. Una vez obtenido todos los pesos de los materiales, serán pesados en balanzas que cumplan los requisitos exigidos en cuanto a la sensibilidad reciproca y tolerancia.

La elaboración y vaciado de probetas se deberá disponer al menos de cuatro semanas, durante las cuales se debe contar con una persona y un auxiliar de laboratorio de apoyo para poder realizar el hormigonado, la preparación y curado de probetas de hormigón en el laboratorio es según tiempo de curado a los 7 días, a los 14 días y a los 28 días, para los ensayos de compresión. Este método abarca el procedimiento de preparación de probetas de hormigón en el laboratorio bajo un control riguroso de las cantidades de materiales y condiciones de ensayo

Para el momento de la rotura de probetas en la prensa, se deberá prever de más tiempo por lo que se pone un parámetro de cinco semanas por el tiempo de fraguado; además se verificarán los diferentes controles de la prensa hidráulica en el momento del análisis de la resistencia que alcance cada probeta.

1.8.2 Trabajo de Gabinete

Para el procesamiento de datos se contará con tres semanas para poder ordenar y analizar todos los datos adquiridos de los ensayos realizados en el laboratorio.

Una vez procesados los datos, se obtienen y analizan los resultados como ser de la granulometría para obtener las curvas, para ver si éstas cumplen las normas, así también para controlar los valores del peso específico, peso unitario, módulo de finura, tamaños máximos, tamaño nominal, y otros datos que se utilizan mediante tablas de la norma ACI 211 como ser la resistencia característica, asentamiento, relación agua cemento, volumen del agregado grueso y requerimiento de agua para seguir un proceso de análisis para obtener la dosificación correspondiente.

Y por último, en cuanto a las conclusiones y recomendaciones se efectuaran en tres semanas, en las cuales se comprobarán los resultados del trabajo de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. CEMENTO.

2.1.1. Generalidades.

El cemento se presenta en forma de un polvo finísimo, que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece, tanto bajo agua como al aire.

Es obtenido mediante un proceso de fabricación que utiliza principalmente dos materias primas: una caliza y un componente rico en sílice.

Estos componentes son mezclados y sometidos a un proceso de fusión incipiente en un horno rotatorio, del cual se obtiene un material granular denominado clinker, constituido por 4 compuestos básicos:

- ☐ Silicato Tricálcico ($3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$), designado como C_3S .
- ☐ Silicato bicálcico ($2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$), designado como C_2S .
- ☐ Aluminato tricálcico ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), designado como C_3A .
- ☐ Ferroaluminato tetracálcico ($4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), designado como C_4AF .

2.1.2. Características Esenciales del Cemento.

La influencia que el cemento Portland ejerce en el comportamiento y propiedades de la pasta cementante y del concreto, derivan fundamentalmente de la composición química del clinker y de su finura de molienda.

Componentes Químicos del Cemento.- Las características y propiedades del cemento Portland están íntimamente ligadas a su composición química y potencial; la primera se determina por análisis y viene expresada en óxidos. La composición química media es:

Cuadro 2.1 COMPONENTES QUÍMICOS DEL CEMENTO.

Cal combinada	CaO	62.50%
Sílice	Si O ₂	21.00%
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.50%
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.50%
Azufre	S ₂ O ₃	2.00%
Magnesia	MgO	2.00%
Pérdida al fuego	P F	2.00%
Residuo insoluble	R I	1.00%
Álcalis		0.50%

Fuente: Tablas cemento el puente

Los cuatro primeros son componentes principales del cemento de carácter básico y de carácter ácido los otros tres. Los restantes componentes pueden considerarse indeseables.

- **Azufre.-** Un exceso de SO₃ puede conducir al fenómeno de falso fraguado. Un contenido menor al 4% es aceptable.
- **Magnesia.-** Se limita el contenido de magnesia a un 5% como máximo.
- **Pérdida al fuego.-** La pérdida al fuego puede provenir del vapor de agua o del CO₂ presentes en el conglomerante.
- **Residuo insoluble.-** Proviene de la presencia de adiciones de naturaleza silíceas, no debe superar el 2,5 a 3%.
- **Álcalis.-** Proviene en general de las materias primas y se volatilizan en buena parte encontrándose luego en el polvo de los humos de las fábricas de cemento. No suelen superar el 0,8%.

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que

culmina con su fraguado, y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

Puede decirse que la composición química de un clinker Portland conveniente, se determina mediante la identificación de cuatro principales, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento Portland:

Cuadro 2.2 componentes del cemento, formulas y notación abreviada.

COMPUESTO	FORMULA	NOTACION ABREVIADA
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C_3S
Silicato dicálcico	2CaO SiO_2	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrito tetracálcico	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Tablas cemento el puente

En términos prácticos se concede que los silicatos de calcio (C_3S y C_2S) son los compuestos más deseables, porque al hidratarse forman los silicatos hidratados de calcio (S-H-C) que son responsables de la resistencia mecánica y otras propiedades del concreto. Se complementan bien para que la adquisición de resistencia se realice en forma sostenida.

El aluminato tricálcico (C_3A) es el compuesto que se hidrata con mayor rapidez, propicia mayor velocidad en el fraguado y en el desarrollo de calor de hidratación en el concreto. Su presencia en el cemento hace al concreto más susceptible de sufrir daño por efecto del ataque de sulfatos.

Finalmente el aluminoferrito tetracálcico es un compuesto relativamente inactivo pues contribuye poco a la resistencia del concreto y favorece la hidratación de los otros compuestos.

Conforme a esas tendencias de carácter general, durante la elaboración del clinker Portland en sus cinco tipos normalizados, se realizan ajustes para regular la presencia de dichos compuestos de la siguiente manera:

Cuadro 2.3 características, ajuste principal.

TIPO	CARACTERISTICA	AJUSTE PRINCIPAL
I	Sin características especiales	Sin ajustes específicos
II	Moderados calor de hidratación y resistencia a los sulfatos	Moderado C_3A
III	Alta resistencia rápida	Alto C_3S
IV	Bajo calor de hidratación	Alto C_2S Moderado C_3A
V	Alta resistencia a los sulfatos	Bajo C_3A

Fuente: Tablas cemento el puente

2.1.3. Tipo de Cemento.

De acuerdo a normas existen los siguientes tipos de cemento Portland:

- Cemento Portland normal u ordinario.
- Cemento Portland de endurecimiento rápido.
- Cemento Portland de alta resistencia.
- Cemento Portland de bajo calor de hidratación.
- Cemento Portland resistente a los sulfatos.
- Cemento Portland con aire incluido.

Cementos con clinker Portland.- Todos los cementos para concreto hidráulico que se producen son elaborados a base de clinker Portland.

Cementos Portland simples, mezclados y expansivos.- Para la elaboración del clinker Portland se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Estos materiales se trituran, dosifican, muelen y mezclan hasta su completa homogeneización, ya sea en seco o en húmedo.

La materia prima así procesada, se introduce en hornos rotatorios donde se calcina a temperaturas de 1400 °C. En este estado se producen las reacciones químicas, el material se subdivide y aglutina en fragmentos. A este material fragmentado, se le denomina clinker Portland.

Una vez frío, el clinker se muele conjuntamente con una reducida proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado, y con ello se obtiene el cemento Portland simple. Además durante la molienda, el clinker puede combinarse con una escoria o un material puzolánico para producir un cemento mezclado Portland- puzolana, o bien puede molerse con determinados materiales de carácter sulfo-aluminoso para obtener los llamados cementos expansivos.

También es factible incorporar aditivos durante la molienda del clinker, siendo de uso frecuente los auxiliares de molienda y los inclusores de aire. Estos últimos dan por resultado los cementos inclusores de aire para concreto.

A partir de clinker Portland es posible fabricar tres principales grupos o clases de cementos hidráulicos para la elaboración del concreto:

- 1) Los cementos Portland simples, se obtienen moliendo solamente el clinker y el yeso sin componentes cementantes adicionales.
- 2) Los cementos Portland mezclados, se obtienen combinando el clinker y el yeso con otro cementante, ya sea este una escoria o una puzolana.
- 3) Los cementos expansivos, se obtienen añadiendo al clinker otros componentes especiales de carácter sulfatado, cálcico y aluminoso.

El primer grupo constituye los cementos que se han utilizado tradicionalmente para la fabricación del concreto hidráulico en el país.

Los del segundo grupo son cementos destinados al mismo uso anterior, y cuya producción se ha incrementado en los últimos 20 años.

Finalmente, los cementos del tercer grupo son más recientes y aún no se producen regularmente.

2.2 AGUA

2.2.1 Generalidades.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Se puede utilizar para fabricar concreto si los cubos de mortero (Norma ASTM C109), producidos con ella alcanzan resistencia a los siete días iguales o al menos el 90% de especímenes testigo fabricados con agua potable o destilada.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua cobra importancia en la fabricación del hormigón como: agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado.

El agua es el componente de más bajo costo para la elaboración del hormigón, es un elemento tan importante como el cemento, ya que la variación de su contenido en una mezcla, permite realizar la dosificación del hormigón variando su resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad.

Además, cuando se desconoce la calidad del agua utilizada, su procedencia y composición química, se corre un gran riesgo, porque aunque la relación “a/c” sea la deseada, no se sabe si en el interior del hormigón el agua provocará un beneficio o un inconveniente.

2.2.2 Características.

El agua es la sustancia más abundante de la biósfera. Entre el 65% y el 95% del peso de la mayor parte de las formas vivas es agua. Se trata de recurso natural renovable, ya que forma parte del ciclo hidrológico o ciclo natural del agua, en donde intervienen procesos tales como la evapotranspiración, la condensación y la precipitación.

- **Agua de Mezclado.-** Está compuesta por el agua agregada al elaborar un pastón más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, siendo sus principales funciones:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla fresca
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación

La cantidad de agua necesaria para una adecuada trabajabilidad del hormigón, siempre es mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento (22-25%).

Una regla simple concerniente a la aceptabilidad del agua de mezclado, es que sea potable, si el agua no tiene algún gusto, olor o color particular, y no es gaseosa o espumosa cuando se agita, no hay razón para asumir que podrá dañar al hormigón cuando se use como agua de mezclado.

- **Agua de Curado.-** El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el hormigón endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el hormigón es sumamente permeable. Se debe tomar en cuenta, no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el hormigón para evitar la aparición de fisuras.

2.3 AGREGADOS.

2.3.1 Generalidades.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

- La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto, sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.
- La norma de concreto E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

2.3.2 Clasificación General de los Agregados.

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

- **Por su naturaleza:**

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón.

a).- **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

b).- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

c).- **El hormigón**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

- **Por su densidad:**

1. Se pueden clasificar en normal comprendidos entre 2.50 a 2.75.
2. Ligeros con pesos específicos menores a 2.5.
3. Pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

- **Por el origen, forma y textura superficial:**

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos por caras redondeadas y angularidades. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- **Angular:** Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- **Sub angular:** Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- **Sub redondeada:** Considerable desgaste en caras y bordes.
- **Redondeada:** Bordes casi eliminados.
- **Muy Redondeada:** Sin caras ni bordes

2.3.3 Función de los Agregados.

En cuanto a los agregados tienen la función de proporcionar un buen hormigón en cuanto a la resistencia; los agregados tienen que estar bien lavados antes de ser usados para la dosificación.

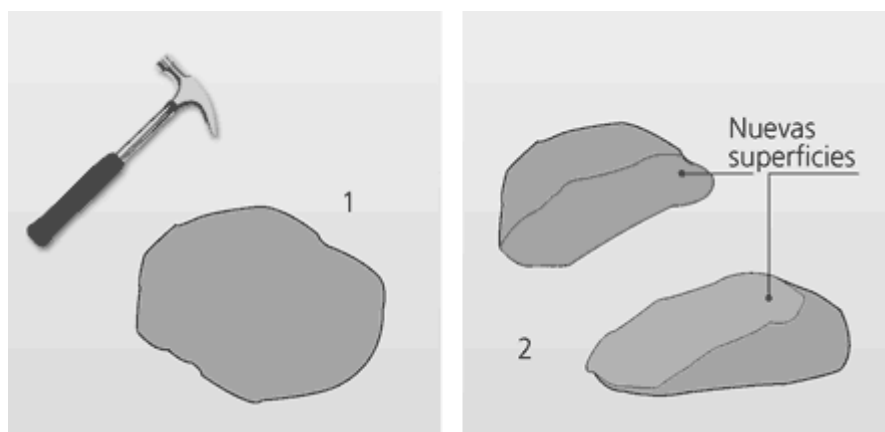
Los agregados pueden ser utilizados prácticamente como se los encuentra en la naturaleza, tal el caso de los canto rodados, ó bien luego de sufrir modificaciones importantes, como ocurre con los agregados triturados. La forma de los agregados, lo mismo que su rugosidad superficial (textura), será diferente según sean de una u otra procedencia, influyendo finalmente sobre la cantidad de agua que se necesita para lograr un hormigón.

Tamaño del agregado

Según su tamaño, los agregados para hormigón son clasificados en agregados finos (arenas) y gruesos (piedras), los agregados gruesos son identificados por dos números que indican el tamaño máximo y mínimo en mm del mismo (p.e piedra 6-19). Los agregados finos son identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino.

La función de los agregados en el hormigón es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el hormigón está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones, la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados.

Fig. 2.1 Superficie de los agregados



Si se fractura una piedra, como ocurre en la Figura 1, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de la piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandan más cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar hormigón es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura a hormigonar.

2.3.4 Granulometría de los Agregados.

Agregado fino.

Como áridos para la confección de hormigones pueden emplearse arenas y gravas naturales o procedentes de machaqueo, que reúnan o superen en mayor grado las características de resistencia y de durabilidad que se le exijan al hormigón.

Desde el punto de vista de durabilidad en medios agresivos, deben preferirse los áridos de tipo silíceo (gravas y arenas de río o canteras) y los que provienen de machaqueo de rocas volcánicas (basalto, andesita, etc.) o de calizas sólidas y densas. Las rocas sedimentarias en general (calizas, dolomitas, etc.) y las volcánicas sueltas (pómes, toba, etc.) deben ser objeto de análisis previo. No deben emplearse áridos que provengan de calizas blandas, feldespatos, yesos, piritas o rocas friables ni porosas.

Se denominan grava o árido grueso a la fracción mayor de 5mm y arena o árido fino a la menor de 5mm.

La arena suele dividirse, a partir de los 2mm, en arena gruesa y arena fina, llamándose polvos o finos de la arena a la fracción inferior a 0.08mm.

Los áridos pueden ser rodados o machacados. Los primeros proporcionan hormigones más dóciles y trabajables, requiriendo menor cantidad de agua que los segundos. Los machacados confieren al hormigón fresco una cierta acritud que dificulta su puesta en obra. En ambos efectos influye más la arena que la grava. En cambio, los áridos de machaqueo proporcionan una mayor trabazón que refleja una mayor resistencia del hormigón, especialmente a tracción, en general, en una mayor resistencia química.

Al emplear árido rodado suelto se tiene la garantía de que se trata de piedras duras y limpias, salvo contaminación de la gravera. Pero si se encuentra mezclado con arcilla, es imprescindible lavarlo para eliminar la camisa que se encuentra en los granos y que haría disminuir grandemente su adherencia con la pasta. Este lavado debe ser enérgico, realizado con máquinas de lavar no sirviendo de nada el simple rociado en la obra.

Análogamente el árido del machacado debe estar desprovisto del polvo del machaqueo, que supone un incremento de finos en el hormigón y, por tanto, mayor cantidad de agua en el amasado, menor resistencia y mayor riesgo de fisuras en las primeras edades.

Los áridos se oponen a la retracción del hormigón, tanto más cuanto más resistentes son en general, la retracción disminuye a medida que aumenta el tamaño máximo del árido.

Los áridos silíceos proporcionan un coeficiente de dilatación lineal al hormigón algo más elevado que los calizos, ya que los coeficientes valen de 12 a 13 millonésima para el cuarzo y de 7 a 12 para las calizas. El de la escoria siderúrgica - que se emplea a veces como árido artificial - vale alrededor de 9 millonésimas.

Arena.-

Es el árido de mayor responsabilidad. A diferencia de la grava, el agua e incluso el cemento puede decirse que no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena.

Las mejores arenas son las de río, ya que, salvo raras excepciones, son cuarzo puro, por lo que no hay que preocuparse acerca de su resistencia y durabilidad. La arena de mina suele tener arcilla en exceso, por lo que generalmente es preciso lavarla. Las arenas de mar, si son limpias, pueden emplearse en hormigón armado, previo lavado con agua dulce.

Las arenas que provienen del machaqueo de granitos, basaltos y rocas análogas son también excelentes con tal que no se trate de rocas sanas que no acusen un principio de descomposición.

Deben rechazarse en forma absoluta las arenas de naturaleza granítica alterada (caolinización de los feldespatos).

Las arenas de procedencia caliza son de calidad muy variable; siempre resultan más absorbentes y requieren más cantidad de agua de amasado que las silíceas. Su resistencia al desgaste es baja, por lo que los hormigones sometidos a este efecto (por ejemplo en pavimentos) deben confeccionarse con arena silícea al menos en un 30% de la totalidad de la arena.

La humedad de la arena tiene gran importancia en la dosificación de los hormigones sobre todo cuando se dosifica en volumen. Por ello es necesario tenerla siempre en cuenta.

La arena no debe contener sustancias perjudiciales para el hormigón.

Los parámetros que determinan las características granulométricas de un árido son fundamentalmente, tres: el tamaño máximo del árido, la compactación y el contenido de granos finos.

Cuanto mayor sea el tamaño máximo de los áridos menores serán las cantidades necesarias de cemento y agua del hormigón. Pero el tamaño máximo del árido viene limitado por las dimensiones de los elementos estructurales y separación entre armaduras, influyendo también los medios de amasado y puesta en obra del hormigón.

Se llama compactación, de un árido a la relación de volumen real y su volumen aparente. Cuanto mayor sea su compactación, menor será el volumen de huecos que deja el árido y, por tanto, será menor la cantidad de pasta de cemento necesaria para rellenarlos.

Las granulometrías de compactación elevada se consiguen con mezclas relativamente pobres en arena y gran proporción de granos gruesos, por lo que requieren poca cantidad de agua de amasado.

Las composiciones granulométricas de elevada compactación dan lugar a masas poco trabajables y que se disgregan con gran facilidad; pero si se dispone de medios adecuados para su correcta puesta en obra y compactación, pueden obtenerse hormigones muy resistentes de mucha durabilidad y de poca retracción.

Por otra parte, para que una masa de hormigón sea dócil y trabajable y no se disgregue durante el transporte, puesta en obra y compactación, debe tener un contenido óptimo de granos finos. Al aumentar el contenido de granos finos, disminuye la compacidad del árido y será necesario aumentar las cantidades de cemento y agua del hormigón. En cada caso habrá que adoptar una solución de compromiso que satisfaga a ambos aspectos, parcialmente contradictorios: La compacidad del árido y el contenido óptimo de finos.

Agregado Grueso.

De igual modo que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea continuidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos que la granulometría de la grava produce sobre la maleabilidad de las mezclas de concreto no son tan notables como los que produce la arena.

Para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto, se le criba por mallas, cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por su tamaño máximo, buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su distribución de tamaños a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

El informe presente es parte de la capacitación que se da en la materia de Tecnología del hormigón, sin ser especialmente trabajo para proyecto, la práctica es bastante importante para el futuro trabajo en hormigones.

Las características de los agregados gruesos para este estudio en particular es que han sido separados los áridos gruesos y finos mediante un tamiz N°4 de 4.76 mm. Tomándose en cuenta que los agregados gruesos tienen un tamaño máximo de 1 pulgada aproximadamente, o lo que es lo mismo, todos aquellos agregados que pasan el tamiz 1 ½”.

Para la utilización de la grava en la elaboración de concreto, se acostumbra subdividirla en fracciones que se manejan y dosifican individualmente en proporciones adecuadas para integrar la curva granulométrica requerida en la grava total.

Como ya se dijo, la composición granulométrica de la grava es menos influyente que la arena en la maleabilidad de las mezclas de concreto, lo que concede ciertas libertades para integrar la curva granulométrica de la grava total, incluso fuera de los límites granulométricos establecidos, cuando existen deficiencias de tamaños, difíciles de subsanar.

En tales circunstancias, el juicio para establecer dicha curva suele apoyarse en pruebas que demuestren la obtención de mezclas de concreto manejables y cohesivas con grava de la granulometría propuesta, y que una vez endurecido, el concreto obtenga las propiedades requeridas a un costo conveniente.

Sin embargo, después de establecer la granulometría adecuada de la grava total, se le debe conservar uniforme para que no sea fuente de cambios imprevistos en las características y propiedades del concreto durante su producción. Para ello, es necesario dividir la grava en fracciones cuya separación por cribado se realice constantemente de manera precisa, con objeto de que cada fracción se mantenga dentro de los límites granulométricos que le correspondan, particularmente en lo relativo al contenido de sub y sobre tamaños, ya que las excesivas variaciones de estas dificultan el control de la uniformidad, al hacer la integración granulométrica de la grava total en el concreto.

Es decir, puede haber un criterio relativamente flexible en cuanto al procedimiento para establecer la curva granulométrica de la grava total, buscando apegarse a los agregados disponibles. Pero una vez definida y aceptada dicha curva, se deben proveer en obra los medios necesarios para asegurar su uniformidad en el curso de la producción del concreto, y esto solamente es factible mediante el uso de procedimientos y equipos de eficacia comprobada para separar con razonable precisión la grava en un número adecuado de fracciones, cuya dosificación en el concreto se lleve a cabo con la exactitud normalmente requerida en las especificaciones.

2.3.5. Peso Unitario del Agregado Grueso y Fino Suelto y Compactado.

La práctica de determinación del peso unitario del agregado grueso (grava) suelto y compactado tiene exactamente las mismas características que la del agregado fino (arena),

por lo que desarrollaremos el presente informe de una manera general y global para ambos casos.

Este ensayo tiene como objetivo describir como se puede obtener el peso unitario del agregado grueso o fino a temperatura ambiente.

Tiene también por objetivo determinar la relación entre un peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m, y se utiliza para materiales granulares, en este caso arenas, gravas y piedras trituradas.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema que se emplee para acomodar el material; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será: Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado.

Fundamento Teórico.

Es frecuente citar el término densidad al referirse a los agregados, pero aplicado más bien en sentido conceptual. Por definición, la densidad de un sólido es la masa de la unidad de volumen de su porción impermeable, a una temperatura especificada, y la densidad aparente es el mismo concepto, pero utilizando el peso en el aire en vez de la masa. Ambas determinaciones suelen expresarse en gramos entre centímetro cúbico (gr/cm^3) y no son rigurosamente aplicadas en las pruebas que normalmente se utilizan en la tecnología del concreto, salvo en el caso del cemento y otros materiales finamente divididos.

Cuando el agregado manifiesta un peso específico que es menor de 2.4, aproximadamente, ésto suele ser motivo suficiente para dudar de su aptitud de producir concreto con peso normal, y por consiguiente para poner en duda su calidad e indagar la causa. Si el bajo peso específico de la roca es una condición natural de acuerdo con su origen, y si el correspondiente peso unitario reducido en el concreto no es una limitación objetable, existe la factibilidad de emplear el agregado si demuestra ser capaz de producir concreto con las propiedades requeridas. Si por otra parte, el bajo peso específico de los agregados es atribuible a un evidente estado de alteración de la roca, en principio lo pertinente es

considerarlos inaceptables, a menos que por ser opción única, se justifique hacer una investigación más amplia de sus posibilidades de uso.

Es relativamente frecuente que en el seno de un conjunto de agregados gruesos existan partículas sanas y partículas alteradas, de modo que la aceptabilidad del conjunto depende de la proporción en que estas últimas se encuentran. Existe la posibilidad de beneficiar el agregado en estas condiciones, sometiéndolo a una trituration “selectiva” con el uso de ciertos equipos que actúan por impacto, los cuales trituran preferentemente las partículas alteradas por ser más suaves, y las reducen a fragmentos menores que se eliminan por cribado. Finalmente, el criterio para aceptar el agregado, se apoya en los resultados de otras pruebas.

El peso unitario de un agregado fino o grueso está dado por la sencilla relación del peso sobre el volumen:

$$P_v = \frac{P}{V}$$

Donde:

P_v = Peso unitario (Kg/m^3)

P = Peso neto del árido

V = Volumen calibrado del molde

- **Peso Unitario Suelto.-** Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir, para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de hormigón.
- **Peso Unitario Compactado.-** Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que estén sujetos a acomodamiento provocados por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo.

Calibración del Molde.

El molde debe ser calibrado con exactitud, determinando el peso del agua requerido para llenarlos; el volumen de cada molde se determina dividiendo el peso del agua requerida para llenar el respectivo molde por el peso unitario del agua.

Preparación de la Muestra.- Se usa una muestra representativa del agregado a la humedad ambiente, por ningún motivo debe secarse dicha muestra en el horno.

Procedimiento.

El procedimiento a seguir dependerá del ensayo que se esté realizando; es decir si se trata del Peso Unitario Suelto o del Peso Unitario Compactado.

La muestra a utilizar en ambos casos deberá estar a humedad ambiente; por ningún motivo se debe secar en el horno.

- **Peso Unitario Suelto.-**

- 1).- El molde debe llenarse hasta desbordarse promedio de una pala o cuchara. Deberá tenerse cuidado de evitar, la segregación de los tamaños de las partículas.
- 2).- Se enrasará la superficie de la muestra con una regla, de modo que los salientes de las partículas mayores compensen los huecos. En caso de los áridos finos, podrá utilizarse la varilla como rasero.
- 3).- Se procederá a pesar el molde más la muestra.

- **Peso Unitario Compactado.-**

- 1).- Se llena el molde hasta una tercera parte de su capacidad, nivelándose el agregado con las manos. Por medio de la varilla se apisona uniformemente 25 veces; no se debe golpear el fondo del molde.

2).- Se repite el procedimiento anterior dos veces hasta llenar el molde. Las partículas de la superficie se deben enrasar con varilla, teniendo como guía el borde del molde.

3).- Se pesa el molde junto con el agregado.

Nota: Los áridos se descargarán desde una altura de 10 a 15 cm. sobre la parte superior y al centro de la medida; tanto para el peso compactado, como para el peso suelto, evitando con ello la segregación de las partículas.

2.3.6. Peso Específico.

Es frecuente citar el término densidad al referirse a los agregados, pero aplicado más bien en sentido conceptual. Por definición, la densidad de un sólido es la masa de la unidad de volumen de su porción impermeable, a una temperatura especificada, y la densidad aparente es el mismo concepto, pero utilizando el peso en el aire en vez de la masa. Ambas determinaciones suelen expresarse en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) y no son rigurosamente aplicadas en las pruebas que normalmente se utilizan en la tecnología del concreto, salvo en el caso del cemento y otros materiales finamente divididos.

Una absorción demasiado alta en los agregados, no es una característica perjudicial por sí misma. Pero puede ser indicio de un desempeño inadecuado de estos en el concreto. Como ejemplo, cabe mencionar la aparente relación que se manifiesta entre la absorción del agregado grueso y la contracción por secado del concreto, en un caso que se muestra en la tabla.

Cuadro 2.4 características del peso específico

GRAVA EMPLEADA (TIPO D ROCA)	PESO ESPECIFICO (SAT. T SUP. SECA)	ABSORCIÓN (%)	CONTRACCIÓN POR SECADO DEL CONCRETO A UN AÑO(MILLONESIMAS)
Arenisca	2.47	5	1160
Pizarra	2.75	1.2	680
Granito	2.67	0.5	470
Caliza	2.74	0.2	410
Cuarzo	2.65	0.3	320

Fuente: tecnología del hormigón RILLY, Vitervo O

Ambas determinaciones suelen expresarse en gramos por centímetro cúbico [gr/cm^3], y no son rigurosamente aplicadas en las pruebas que normalmente se utilizan en tecnología del hormigón, salvo en el caso del cemento y otros materiales finamente divididos; en el caso de los agregados, la determinación que se emplea para evaluar el atributo de su densidad, corresponde a la denominada en EUA, gravedad específica en masa, que es el cociente resultante de dividir el peso al aire de un cierto volumen de agregados en condición saturada y superficialmente seca, entre el peso al aire de un volumen igual de agua destilada libre de aire, a la misma temperatura (ASTM c 127 y c 128). En términos locales, el concepto corresponde al de un peso específico relativo, o simplemente peso específico, en condición saturada y superficialmente seca, que no tiene unidades, puesto que es el cociente de dos magnitudes con unidades iguales (NOM C 164 y C 165).

El Peso Específico del cemento portland varía entre 2.9 y 3.15, siendo por lo general, mayor a 3.

La determinación del peso específico del cemento no se puede realizar, sumergiendo el cemento en agua para medir su volumen, pues ya sabemos que reacciona, empleándose líquidos que no alteren, como la parafina líquida, esencia de trementina, bencina, etc.

Se mide el volumen por medio de unos frascos llamados volumétricos, que reciben el nombre de sus investigadores, el de Schuman, que consiste en un frascos de 250 cm^3 , provisto de un cuello esmerilado, al que se adapta un tubo de 50 cm de longitud, graduado en centímetros cúbicos y décimas; para usarlos, se llena de líquido, enrasando con el cero ó alguna otra división, y a continuación se vierte una cantidad de cemento previamente desecado y pesado con exactitud, procurando que no se adhiera a las paredes del tubo. El volumenómetro de Le Chatelier – Candlot, entre el brazo inferior y superior hay un volumen de 20 cm^3 , y se suele prolongar la graduación unos centímetros cúbicos y décimas; se opera pesando con cuidado una cantidad de cemento previamente desecado, vertiéndose en el frasco hasta enrasar con alguna división. Se vuelve a pesar el cemento, y la diferencia de pesos, dividido por el volumen ocupado, da el peso específico; se puede operar también pesando con exactitud 64 gr de cemento y viendo el volumen que ocupa.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Para el agregado fino pesamos 500 gramos de muestra, luego se lo puso en un recipiente con agua por 24 horas, después de estar saturado por 24 horas se lo seca con un secadora. Una vez obtenido una superficie seca, se continúa con el cono específico en donde se repite por tres veces el mismo ensayo y luego se pesa cada ensayo realizado

Para colocar en el matraz con agua, y luego llevar al horno por 24 horas, una vez pasada las 24 horas de procede a pesar cada muestra.

Para el agregado grueso se trabajó con 5000gr de material y también se deja 24 horas en un recipiente lleno de agua, luego se lo seca con un secadora para luego pesarlo, una vez secado se pesa el canastillo para introducir en agua con el material para obtener un nuevo peso, una vez pesado se mete al horno también por 24 hora, para así pesarlo de nuevo

2.3.7. Control de los Agregados.

- Necesidad y objetivo. Especificaciones. Variación de la resistencia y otras características del hormigón. Causas que la provocan (materiales componentes, forma de medición, esponjamiento de la arena, defectos de compactación, condiciones de ensayo). Forma de apreciar y expresar la variación. Control de calidad del hormigón y Agregado, resistencia determinada sobre probetas moldeadas y sobre testigos extraídos de la estructura.
- Determinación de los contenidos unitarios de: agua, cemento, y aire a partir de una muestra de hormigón endurecido. Control de los materiales y de las operaciones de medición de los mismos. Lavado de los agregados Control de mezclado, trabajo de gabinete.
- Fraguado; la velocidad de fraguado de un cemento viene limitada por normas, estableciendo un periodo de tiempo a partir del amasado, dentro del cual deben producirse el principio y el fin del fraguado, ambos se definen de un modo convencional, mediante la aguja de Vicat, ya que el fraguado es un proceso continuo que se inicia al amasar el cemento y se prolonga por el endurecimiento sin solución de continuidad.

El fraguado del cemento debe cumplir las siguientes prescripciones:

Cuadro 2.5 resistencia del cemento para su fraguado.

RESISTENCIA DEL CEMENTO	PRINCIPIO DEL FRAGUADO [min]	FINAL DEL FRAGUADO [hr.]
Muy alta	> 45	< 12
Alta, media, baja	>60	<12

Fuente: Hormigón Armado de Jiménez Montoya

2.4 PRENSA HIDRÁULICA.

2.4.1 Características.

Prensa hidráulica Compact marca ELE 1500 industria americana Pt.Nº.1058 – C - 021, brazo operador estándar, la prensa compact ELE 1500 es una maquina compresora de 222 mm de diámetro superior e inferior de platea y brazo operador hidráulico alto, suplemento completo con seguro estándar.

La prensa hidráulica Compact 1500 marca ELE se caracteriza por ser una maquina de operación manual para uso en laboratorio con prueba de resistencia en muestras de concreto de (6" Ø x 12" h) y consta de un manómetro de 1560 KN de capacidad.

Consta de aceite hidráulico para el funcionamiento de sus bombas, la cual levanta al gato hidráulico hasta una distancia aproximada de 5cm, lleva una llave de dispositivo y función hidráulica tiene una altura máxima de molde de 35cm, consta de bombas de marcha rápida y marcha lenta, válvulas de retención de aceite, reten cubre polvo, orign, gato hidráulico, resortes, asiento que trabajan en función de las válvulas, tubería de aceite, llave de seguro de presión, tapón de cambio y salida de aceite, pernos de seguridad para las bombas.

2.4.2 Funcionamiento.

Prensa hidráulica ELE compact 1500 cumple las siguientes funciones:

Se debe tener en cuenta que la prensa hidráulica antes de realizar algún control de lectura se debe verificar que esté bien calibrada para poder realizar cualquier control de resistencia en las probetas de hormigón en ensayos a compresión.

También se debe controlar que no falte aceite hidráulico para que se tenga un buen funcionamiento de las bombas

La función que cumple la prensa hidráulica es la de romper probetas de hormigón en ensayos a compresión para conocer la resistencia y control de las obras que se realizan en nuestro medio, lleva un brazo de palanca de 77 cm, que es de acción manual para realizar el bombeo, en cuanto a la función de otros componentes de la prensa, están las bombas que cumplen la función siguiente: una de las bombas (la más grande) cumple la función de levantar en toda su dimensión el gato hidráulico, la cual cuando llega a hacer contacto con la probeta le da función a la bomba más pequeña que se encarga de dar el esfuerzo de compresión de la resistencia de la probetas en ensayo, donde la prensa mediante el manómetro da la lectura de resistencia en KN correspondiente.

También contiene válvulas de retención del aceite hidráulico, que tiene la función de no dejar que se filtre el aceite hidráulico.

Cada válvula cuenta con un asiento en donde se mantiene a la válvula firme, para que no se filtre el aceite.

En cuanto comienza a subir la base de acero, lleva a la probeta a hacer contacto con la superficie que tiene una función de posesionarse bien con la superficie de la probeta ya que contiene unos resorte que permiten fijarse para empezar el ensayo de compresión.

Las lecturas en el manómetro se pueden apreciar en cuanto está haciendo presión con la probeta, cuando trabaja la bomba pequeña, comienza a marcar la aguja por medio de una tubería de cobre de 5mm.

Cuando la probeta comienza a hacer compresión se va a determinar que resistencia alcanza, para luego determinar cada lectura de resistencia para los diferentes ensayos que se realicen en el laboratorio de suelos y hormigones para su respectivo análisis.

CAPITULO III

ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 ENSAYOS PRELIMINARES.

3.1.1 Granulometría.

Granulometría de agregados para la dosificación del hormigón de la arena y la grava.

Realización de granulometría para la arena.

Después de asegurarse que la muestra de arena este completamente limpia es decir libre de impurezas como ser tierra, arcilla, limo, etc. se siguen los siguientes pasos:

Se cuartea un porcentaje de la muestra, luego se procede a separar una cuarta parte de la misma, de esa muestra seleccionada se pesan 1000 gr.

Una vez pesados los 1000 gr de la muestra, se procede al tamizado con juego de tamices entre los cuales tienen que estar comprendidos los siguientes tamices:

Tamices 3/8", N° 4, N° 8, N°16, N° 30, N° 50, N° 100.

Después del tamizado se pesan los pesos retenidos llevándolos a porcentajes de tal manera que se puedan graficar para verificar si están en los rangos comprendidos para ser aceptados como apropiados para la preparación de hormigón.

Lo que se tiene que tener en cuenta es un pesaje con el máximo cuidado posible para que los resultados sean satisfactorios.

Realización para la grava.

De igual modo que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea continuidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos que la granulometría de la grava produce sobre la maleabilidad de las mezclas de concreto no son tan notables como los que produce la arena.

Para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto, se le criba por mallas cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por su tamaño máximo, buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su

distribución de tamaños a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

Se verifica la granulometría de una muestra, más que todo cuando se duda de que este material no entre en los estándares de lo requerido para la construcción.

El informe presente es parte de la capacitación que se da en la materia de Tecnología del hormigón, la práctica es bastante importante, para el futuro trabajo en hormigones.

La práctica se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Hormigones de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Para la granulometría de la grava se trabajo con una muestra de 15000 gr; para su respectivo análisis granulométrico.

Las características de los agregados gruesos para este estudio en particular es que han sido separados los áridos gruesos y finos mediante los siguientes tamices:

Tamices 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4".

De igual modo que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea uniformidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos de la granulometría de la grava influyen sobre la maleabilidad de las mezclas de concreto, no son tan notables como los que produce la arena.

3.1.2 Peso Unitario.

El peso unitario de los agregados en dos prácticas tanto para la arena como para la grava, se realiza el peso unitario de la arena suelto, peso unitario de la arena compactada. Peso unitario de grava suelto, peso unitario de la grava compactada.

Peso Unitario Suelto.-

1º El molde debe llenarse hasta desbordarse promedio de una pala o cuchara. Se deberá evitar, la segregación de los tamaños de las partículas.

2º Se enrasará la superficie de la muestra con una regla, de modo que los salientes de las partículas mayores compensen los huecos. En caso de los áridos finos podrá utilizarse la varilla como rasero.

3° Se procederá a pesar el molde más la muestra.

Peso Unitario Compactado.-

1° Se llena el molde hasta una tercera parte de su capacidad, nivelándose el agregado con las manos. Por medio de la varilla se apisona uniformemente 25 veces; no se debe golpear el fondo del molde.

2° Se repite el procedimiento anterior dos veces hasta llenar el molde. Las partículas de la superficie se deben enrasar con varilla, teniendo como guía el borde del molde.

3° Se pesa el molde junto con el agregado.

Nota: el procedimiento es el mismo tanto para la arena como para la grava, en cuanto al volumen de los recipientes se trabajó con un volumen de 3000 para el peso unitario suelto y para el peso unitario compactado se tenía un volumen de recipiente de 10000.

3.1.3 Peso Específico.

Realización de la arena.

Para el agregado fino pesamos 500 gramos de muestra, luego se lo puso en un recipiente con agua por 24 horas, después de estar saturado por 24 horas se lo secó con un secadora, una vez obtenido una superficie seca se continúa con el cono específico en donde se repitió por tres veces el mismo ensayo y luego se pesó cada ensayo realizado.

Para así colocar en el matraz con agua y luego llevar al horno por 24 horas; una vez pasadas las 24 horas, se procede a pesar cada muestra.

Realización de la grava.

Para el agregado grueso, se trabajó con 5000gr de material y también se dejó 24 horas en un recipiente lleno de agua, luego se lo secó con un secadora para luego pesarlo. Una vez secado, se pesó el canastillo para introducir en agua con el material para obtener un nuevo

peso, a continuación se metió al horno también por 24 horas, para así pesarlo nuevamente y obtener los diferentes pesos que se requieran para poder procesar los datos para encontrar valores que nos permitieron encontrar la dosificación correspondiente para elaborar el hormigón.

3.2 ELABORACION DEL HORMIGON.

Una vez obtenidos todos los datos de los ensayos preliminares que se realizaron en el laboratorio de suelos y hormigones como ser granulometría, peso unitario y peso específico etc. luego se procedió a elaborar los cálculos para conocer los porcentajes de cada agregado para la dosificación de la misma, y así determinar los pesos de cada material que se van a utilizar como ser el peso del cemento, de la arena y la grava.

También se prepararon las probetas que se utilizaron para el vaciado, y se les colocó aceite o bien grasa para de tener un mejor manejo en el momento de extraer las probetas, luego se ajustaron para usarlas.

Cuando comenzó el vaciado, se calcularon los pesos según el número de probetas que se pudieron obtener en la mezcladora.

Como la mezcladora que se tiene en el laboratorio es pequeña sólo se pesaron los materiales para obtener sólo cinco probetas, en función a ese número se pesaron todos los materiales por igual, para su respectiva elaboración.

3.3 CONTROL DE LA PRENSA HIDRÁULICA.

En cuanto al control de la prensa hidráulica, lo más importante es que esté bien calibrada para obtener lecturas de resistencias precisas y claras para analizar y comparar paso a paso

todos los ensayos a compresión de cada probeta, en el momento de realizar los controles de cada resistencia a diferentes velocidades a los 7, 14 y a los 28 días de curado.

También se tiene que ver que la prensa esté con el aceite hidráulico suficiente para la función de sus válvulas, bombas, y otros accesorios para un buen funcionamiento.

3.4 ENSAYOS A DIFERENTES VELOCIDADES.

Se realizaron tres ensayos diferentes para tres diferentes aplicaciones de carga en la prensa hidráulica las que fueron:

Se procedió a romper un número de probetas a la velocidad estándar que es una aplicación de carga con la cual se rompe siempre que es de un bombazo por segundo que es lo estandarizado.

También se aplico una velocidad menor que es una aplicación de carga de un bombazo cada dos segundos una aplicación más lenta en la prensa hidráulica.

Y por último, se realizó con mayor velocidad que es de dos bombazos cada segundo, aplicación de carga rápida en la prensa hidráulica.

Están constituyen las tres velocidades que se emplearon en la práctica, lo que es el objetivo principal del proyecto de investigación para su estudio correspondiente.

Las lecturas de resistencia se realizaron en diferentes fechas ya que no contaba con suficientes moldes de probetas, sólo se contaba con 15 piezas, es por eso que sólo se podía obtener 15 probetas para su lectura, por lo que en el laboratorio se realizaba el vaciado para 15 probetas.

3.5 OBTENCIÓN DE DATOS.

3.5.1. Granulometría Arena.

Se trabajó con una muestra de 1000 gramos para la realización de la granulometría de la arena siguiendo los pasos de la práctica en los cuales se obtuvieron las siguientes cantidades de pesos retenidos en cada tamiz como se muestra en el cuadro.

Cuadro 3.1. GRANULOMETRÍA ARENA	
Tamices	Peso Retenido
3/8"	0.00
Nº4	0.00
Nº8	144.22
Nº16	133.62
Nº30	137.40
Nº50	239.80
Nº100	247.64
Fuente: Elaboración propia	

3.5.2. Granulometría Grava.

Para la granulometría de la grava se trabajó con una muestra de 15000 gramos dado por normativa según tamaño nominal de la partícula, para poder realizar un mejor control del agregado para así poder obtener los pesos correspondientes de cada tamiz.

Cuadro 3.2. GRANULOMETRÍA GRAVA	
Tamices	Peso Retenido
2 1/2"	0.00
2"	0.00
1 1/2"	0.00
1"	4531.23
3/4"	3230.87
1/2"	3050.28
3/8"	1880.56
Nº4	2298.56
Fuente: Elaboración propia	

3.5.3. Peso Unitario Arena Suelta y Compactada.

Datos obtenidos de la práctica de peso unitario de la arena suelta como se muestra en el cuadro.

Cuadro 3.3 PESO UNITARIO SUELTO DE LA ARENA

PESO UNITARIO ARENA			
Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso recipiente + Muestra Suelta (gr)
SUELTO			
1	2695.00	3000.00	7579.00
2	2695.00	3000.00	7630.00
3	2695.00	3000.00	7713.00

Fuente: Elaboración propia

Datos obtenidos de la práctica de peso unitario de la arena compactada como se muestra en el cuadro.

Cuadro 3.4 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA ARENA

PESO UNITARIO ARENA			
Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso recipiente + Muestra Suelta (gr)
COMPACTADO			
1	2695.00	3000.00	7959.00
2	2695.00	3000.00	8046.00
3	2695.00	3000.00	8061.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Peso Unitario Grava Suelta y Compactada.

Datos obtenidos de la práctica de peso unitario de la grava suelta como se muestra en el cuadro.

CUADRO 3.5 PESO UNITARIO SUELTO DE LA GRAVA

PESO UNITARIO GRAVA			
Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso recipiente + muestra Suelta (gr)
SUELTO			
1	5706.00	10000.00	21572.30
2	5706.00	10000.00	21838.00
3	5706.00	10000.00	22046.00

Fuente: Elaboración propia

Datos obtenidos de la práctica de peso unitario de la grava compactada como se muestra en el cuadro.

CUADRO 3.6 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA GRAVA

PESO UNITARIO GRAVA			
Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso recip. + muestra Suelta (gr)
COMPACTADO			
1	5706.00	10000.00	20745.00
2	5706.00	10000.00	20155.00
3	5706.00	10000.00	20274.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Peso Específico Arena.

Datos obtenidos de la práctica de peso específico de la arena como se muestra en el cuadro.

CUADRO 3.7 PESO ESPECIFICO DE LA ARENA

PESO ESPECÍFICO ARENA			
Peso Muestra (gr)	Peso De Matraz (gr)	Muestra + Matraz + Agua (gr)	Peso Muestra Secada "A" (gr)
500	178.58	959.56	490.96
500	176.42	958.95	490.40
500	178.60	959.62	490.60

Fuente: Elaboración propia

3.5.6. Peso Específico Grava.

Datos obtenidos de la práctica de peso específico de la grava como se muestra en el cuadro.

CUADRO 3.8 PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA

PESO ESPECIFICO			
Muestra N°	Peso muestra Secada "a" (gr)	Peso muestra Saturada con Superficie Seca "b" (gr)	Peso muestra Saturada dentro Del agua "c" (gr)
1	4999.80	5054.40	3121.00
2	4999.40	5052.60	3120.40
3	4999.50	5053.80	3122.60

Fuente: Elaboración propia

3.5.7. Análisis Estadístico Para Conocer el Número de Probetas a Elaborar

En la presente investigación las muestras de hormigón fueron elaboradas en probetas cilíndricas estandarizadas (de altura igual a dos veces el diámetro), de 6''x 12'' ó 15 x 30 cm, de acuerdo a la norma ASTM C 39.

Para tener una muestra representativa del número exacto de probetas cilíndricas se escogió el uso de la estadística como se muestra a continuación.

El muestreo seleccionado fue el aleatorio estratificado (tipo de muestreo probabilístico), debido a que se desea estudiar distintos grupos homogéneos. Para tal caso, se empleó la siguiente ecuación, perteneciente a poblaciones finitas:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 * p * q \quad \text{Ecuación.1.}$$

Donde:

n_0 = Cantidad teórica de elementos de la muestra.

z = Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada.

ε = Error asumido en el cálculo.

p = Probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población.

q = Probabilidad de que la muestra no presente las mismas características de la población.

A continuación se presentan algunos valores estandarizados de (z) en función del grado de confiabilidad asumido.

Tabla 3.1. VALORES ESTANDARIZADOS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE CONFIABILIDAD

GRADOS DE CONFIABILIDAD (%)	VALOR ESTANDARIZADO (z)
99	2,58 (empleado con frecuencia)
95	1,96 (el más empleado)
90	1,64

Fuente: “Metodología de la Investigación”, Hernández Sampieri

En este caso se optó por tomar el más empleado es decir $z = 1,96$.

Como se trata de un número de estratos igual a tres se asume un error del 10% donde $\varepsilon = 0.10$.

Para la selección de (q) tenemos los siguientes valores:

TABLA 3.2. VALORES DE LA PROBABILIDAD DE LA POBLACIÓN QUE NO PRESENTA LAS CARACTERÍSTICAS

NUEMRO DE ESTRATOS (N)	(q)
$3 \leq N \leq 19$	se asume 0,01
$20 \leq N \leq 29$	se asume 0,01 hasta 0,02
$30 \leq N \leq 79$	se asume 0,02 hasta 0,05
$80 \leq N \leq 159$	se asume 0,05 hasta 0,10
$N \geq 160$	se asume 0,05 hasta 0,20

Fuente: “Metodología de la Investigación”, Hernández Sampieri

Como se tratan de tres estratos tenemos $q = 0,01$.

Como $p + q = 1$ resulta que $p = 1 - q$ por lo tanto $p = 0,99$ lo que indica que hay la probabilidad del 99% de que la muestra represente a la población, Aplicando la Ec.1. se obtiene:

$$n_0 = \left(\frac{1.96}{0.10} \right)^2 * 0.99 * 0.01 = 3.80$$

Ahora, se calculan, el número de muestras real, con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad \text{Ecuación.2.}$$

Donde:

n = Cantidad real de la muestra a partir de la población o estratos asumidos.

n_0 = Cantidad teórica de elementos de la muestra.

N = Número total que conforma la población o estratos totales de la población.

Considerando que:

Se quiere comparar 3 velocidades diferentes con un hormigón patrón, lo que se tendría como para metro un total de 3 estratos, por lo que tenemos:

$$n = \frac{3.80}{1 + \frac{3.80}{3}} = 1.67 \approx 2$$

De acuerdo a lo anterior se estableció, que la muestra representativa de las probetas a ensayar para cada estrato, son 2 probetas lo que no se podría hacer un análisis ya que se quiere contar con un numero mas alto de muestras para cada velocidad, lo que nos muestra el siguiente número de probetas a elaborarse para tener un mejor análisis.

CUADRO 3.9. NÚMERO DE PROBETAS PARA LA ELABORACIÓN

Nº De días de curado	HORMIGÓN PATRÓN			Total de probetas para el ensayo
	Aplicación menor de velocidad	Velocidad estándar	Aplicación mayor de velocidad	
7	10	10	10	30
14	10	10	10	30
28	20	20	20	60
TOTAL	40	40	40	120

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

4.1 DATOS Y CALCULOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO.

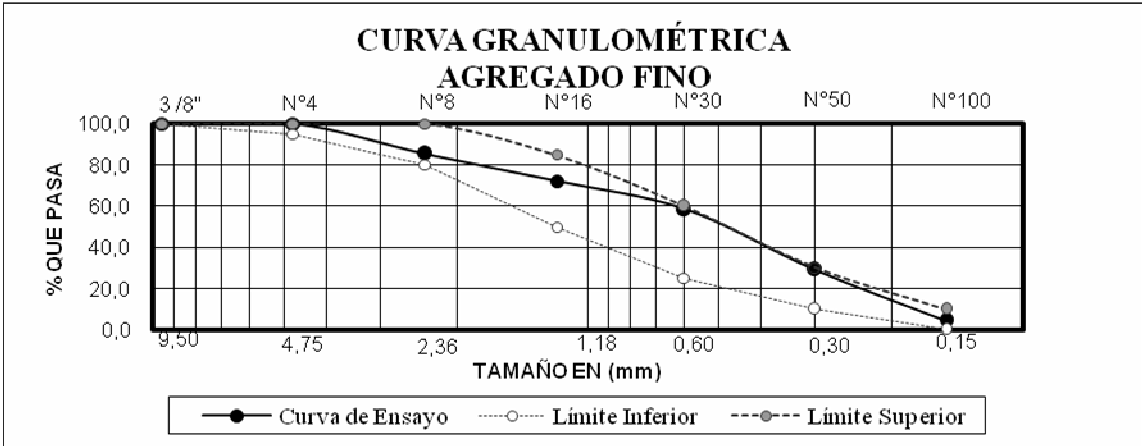
4.1.1. Granulometría arena.

CUADRO 4.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA

Peso Total (gr.)		1000					
Tamices	tamaño (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Retenido	% que pasa del total	Especificación ASTM C-33	
3/8"	9,5	0	0	0	100	100	100
Nº4	4,75	0	0	0	100	95	100
Nº8	2,36	144,22	144,22	14,42	85,6	80	100
Nº16	1,18	133,62	277,84	27,78	72,2	50	85
Nº30	0,6	137,4	415,24	41,52	58,5	25	60
Nº50	0,3	293,8	709,04	70,9	29,1	10	30
Nº100	0,15	247,64	956,68	95,67	4,3	2	10
BASE		42,56	999,24	99,92	0,1		
SUMA		999,2					
PÉRDIDAS		0,8					
MF		2,5					

Fuente: Especificación ASTM C-33

GRAFICO 4.1 CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA ARENA



Fuente: Especificación ASTM C-33

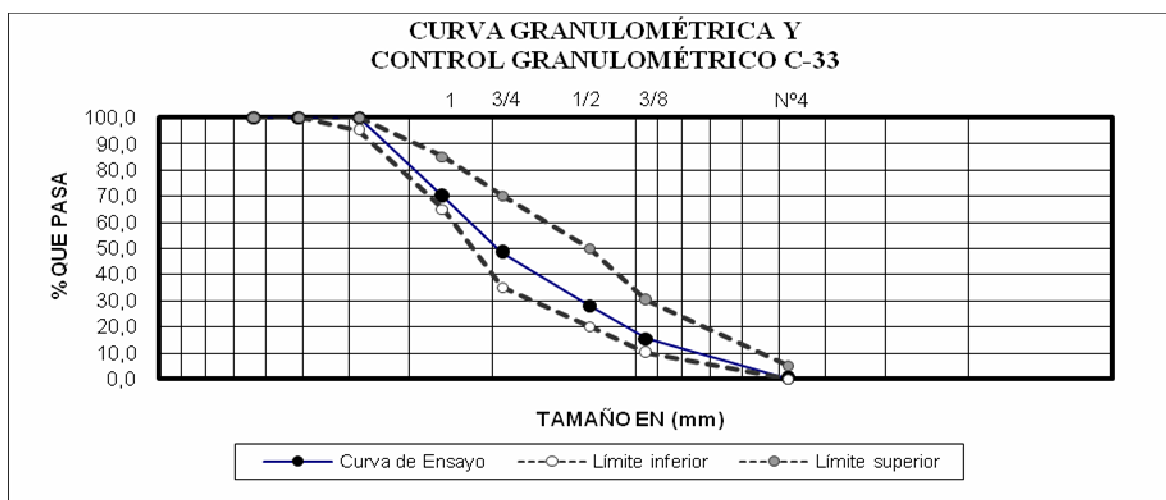
4.1.2. Granulometría grava.

CUADRO 4.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA GRAVA

Peso Total (gr.) =		15000					
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especificaciones ASTM	
			(gr)	(%)			
2 1/2"	63	0	0	0	100	100	100
2"	50,8	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	38,1	0	0	0	100	95	100
1"	25,4	4531,23	4531,23	30,21	69,8	-	-
3/4"	19,05	3230,87	7762,1	51,75	48,3	35	70
1/2"	12,5	3050,28	10812,38	72,08	27,9	25	55
3/8"	9,5	1880,56	12692,94	84,62	15,4	10	30
Nº4	4,8	2298,56	14991,5	99,94	0,1	0	5
BASE		3,85	14995,35	99,97			
SUMA =		14995,35	TAMAÑO MAX 1 1/2"				
PÉRDIDAS=		4,65					
MF =		3,39					

Fuente: Especificación ASTM C-33

GRAFICO 4.2 CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA GRAVA



Fuente: Especificación ASTM C-33

4.1.3. Peso Unitario de la Arena, Suelto y Compactado.

Calculo del peso unitario suelto de la arena mostrado en el cuadro.

CUADRO 4.3 PESO UNITARIO SUELTO DE LA ARENA

Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso Recipiente + muestra Suelta (gr)	Peso Muestra Suelta (gr)	Peso Unitario Suelto (gr/cm3)
1	2695	3000	7579	4884	1,628
2	2695	3000	7630	4935	1,645
3	2695	3000	7713	5018	1,673
				Promedio	1,649

Fuente: Laboratorio de Suelos

Calculo del peso unitario compactado de la arena mostrado en el cuadro.

CUADRO 4.4 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA ARENA

Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso Recipiente + muestra Suelta (gr)	Peso Muestra Suelta (gr)	Peso Unitario Suelto (gr/cm3)
1	2695,00	3000,00	7958,00	5263,00	1,754
2	2695,00	3000,00	8046,00	5351,00	1,784
3	2695,00	3000,00	8061,00	5366,00	1,789
				Promedio	1,776

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.1.4. Peso Unitario Grava Suelto y Compactado.

Calculo del peso unitario suelto de la grava mostrado en el cuadro.

CUADRO 4.5 PESO UNITARIO SUELTO DE LA GRAVA

Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso Recipiente. + muestra Suelta (gr)	Peso Muestra Suelta (gr)	Peso Unitario Suelto (gr/cm3)
1	5706,00	10000,00	20745,00	15039,00	1,504
2	5706,00	10000,00	20155,00	14449,00	1,445
3	5706,00	10000,00	20274,00	14568,00	1,457
				Promedio	1,469

Fuente: Laboratorio de Suelos

Calculo del peso unitario compactado de la grava mostrado en el cuadro.

CUADRO 4.6 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA GRAVA

Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Volumen Recipiente (cm3)	Peso Recipiente. + muestra Suelta (gr)	Peso Muestra Suelta (gr)	Peso Unitario Suelto (gr/cm3)
1	5706,00	10000,00	21572,30	15866,30	1,587
2	5706,00	10000,00	21838,00	16132,00	1,613
3	5706,00	10000,00	22046,00	16340,00	1,634
				Promedio	1,611

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.1.5. Peso Específico de la Arena.

Cuadro 4.7 PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA

Muestra N°	Peso Muestra (gr)	Peso de Matraz (gr)	Muestra + Matraz + Agua (gr)	Peso del agua Agregado al Matraz "W" (ml) ó (gr)	Peso Muestra Secada "A" (gr)	Volumen del Matraz "V" (ml)	P. E. a Granel (gr/cm3)	P. E. Saturado con SUP. SECA (gr/cm3)	P. E. Aparente (gr/cm3)	% de Absorción
1	500	178,58	959,56	280,98	490,96	500,00	2,24	2,28	2,34	1,81
2	500	176,42	958,95	282,20	490,40	500,00	2,25	2,30	2,36	1,92
3	500	178,6	959,62	281,02	490,60	500,00	2,24	2,28	2,34	1,88
Promedio							2,24	2,29	2,34	1,87

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.1.6. Peso Específico de la Grava.

Cuadro 4.8. PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA

Muestra N°	Peso Muestra Secada "A" (gr)	Peso Muestra Saturada con SUP. SECA "B" (gr)	Peso Muestra Saturada dentro del Agua "C" (gr)	Peso Específico a Granel (gr/cm3)	Peso Específico Saturado con Sup. Seca (gr/cm3)	Peso Específico Aparente (gr/cm3)	% De Absorción
1	4999,80	5054,40	3121,00	2,59	2,61	2,66	1,09
2	4999,40	5052,60	3120,40	2,59	2,61	2,66	1,06
3	4999,50	5053,80	3122,60	2,59	2,62	2,66	1,09
Promedio				2,59	2,62	2,66	1,08

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.2. CÓMO OBTENER UNA BUENA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN.

Para la realización del hormigón, se procede a hacer el correspondiente control de los agregados, como ser el lavado tanto de la arena como de la grava para obtener un buen hormigonado ya que estos agregados deben estar libres de partículas que puedan afectar en su elaboración, como ser arcilla, limo y otros, para ello es necesario tener un agregado limpio para tener resultados satisfactorios al definir los pesos de cada ingrediente, que se establecen mediante los ensayos de granulometría, peso unitario, peso específico, que permiten encontrar la respectiva dosificación en donde se obtienen los pesos correspondientes de cada agregado como del cemento y la cantidad de agua. Luego se procede a pesar los materiales en cantidades proporcionales, para su respectivo hormigonado, también se debe contar con agua limpia, mejor si es potable. Al comenzar la hormigonado, se debe contar con el equipo y materiales completos para poder seguir paso a paso el procedimiento de hormigonado para así obtener un buen hormigón.

4.3. CONOCIMIENTO DE LA PRENSA HIDRÁULICA.

Esta prensa es muy común en cuanto a su manejo, por lo que es una prensa manual de rotura de compresión simple que fue adquirida en el año 1995 en un convenio con Prohizabat. Desde entonces se cuenta con una prensa hidráulica manual para el uso en el laboratorio de suelos y hormigones de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Consta de las siguientes especificaciones técnicas:

Nombre: Prensa Hidráulica ELE Compact 1500

- Unidad manual de palanca
- Con informe de calibración
- Manómetro de 1560 KN de capacidad
- De operación manual para uso en laboratorio

- Para prueba de resistencia en muestras de concreto de 6'' $\varnothing$ x 12'' h
- Funcionamiento de bombas con aceite hidráulico
- Válvulas de retención
- Gato hidráulico
- Bomba de marcha rápida
- Bomba de marcha lenta
- Orign goma protectora de pérdida de aceite dada por la presión
- Base superior e inferior de acero en contacto con la probeta
- Tubería de cobre de 5mm que está conectada con el manómetro y da funcionamiento a la aguja cuando comienza haber presión.
- Puerta protectora de rejilla de aplicación a partir de 700 KN

Esquema y Componentes de la Prensa Hidráulica ELE Compact 1500

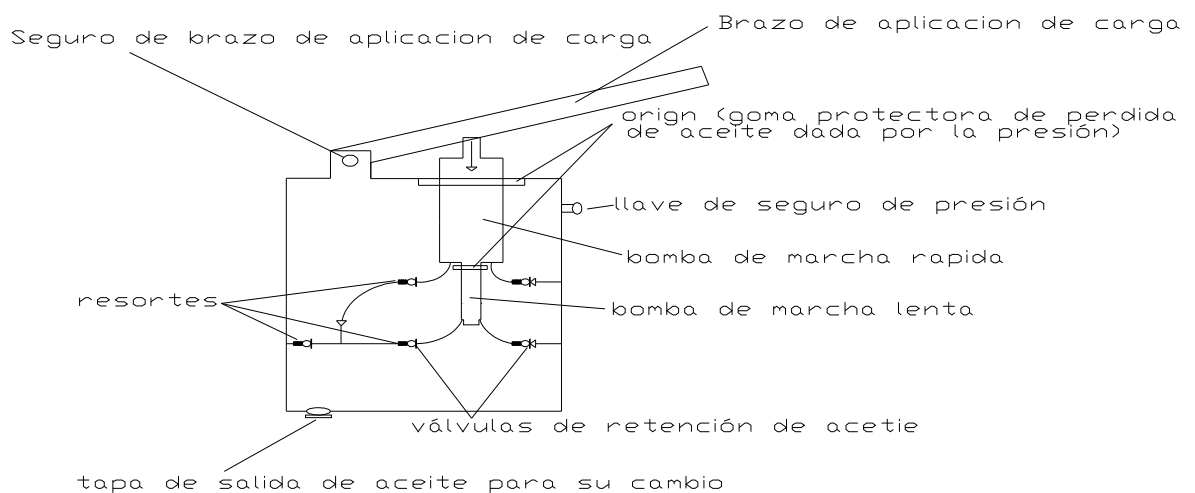


Figura 4.1 Bomba combinada con un pequeño esquema de su funcionamiento

4.4. CONTROL Y ANÁLISIS DE LA DOSIFICACIÓN.

4.4.1. Características de los Agregados

Cuadro 4.9. CARACTERÍSTICAS Y VALORES DE LOS AGREGADOS ENCONTRADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO

ENSAYO	Unidad	Valor
1.- Modulo de Finura de la Arena (MF)	s/u	2,50
2.- Peso Unitario Compactado de la Grava (PUC)	kg/m ³	1611
3.- Peso Específico de la Arena (γ_f)	gr/cm ³	2,34
4.- Peso Específico de la Grava (γ_g)	gr/cm ³	2,66
5.- Absorción de la Arena (A.a.)	%	1,87
6.- Absorción de la Grava (Ag)	%	1,1
7.- Humedad de la Arena (Ha)	%	1,43
8.- Humedad de la Grava (Hg)	%	1,08
9.- Tamaño Máximo Nominal (TMN)	Pulg.	1 1/2"
10.- Tamaño Máximo (TM)	Pulg.	1 1/2"
11.- Peso Específico del Cemento	gr/cm ³	3,14

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Cuadro 4.10 CARACTERÍSTICAS Y VALORES PARA EL DISEÑO

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO		
Resistencia de diseño (f_{ck})	180	kg/cm ²
Resistencia Característica (f_{ck}) (Tabla 11.12)	250	kg/cm ²
Asentamiento (S) (Tabla 11.4)	4	pulg
Relación Agua / Cemento (a/c) (Tabla 11,13)	0,48	s/u

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 11.12 RESISTENCIA DE DISEÑO CUANDO NO HAY DATOS QUE PERMITAN DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR (a)	
Resistencia específica f_{ck} en (kg/cm ²)	Resistencia de diseño de la mezcla f_{cm} en (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	$f_{ck} + 70 \text{ kg/cm}^2$
De 210 a 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 85 \text{ kg/cm}^2$
Más de 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 100 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: tablas dosificación ACI – Hormigón.

Tabla 11.13

CORRESPONDENCIA ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD Y LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO PARA LOS CEMENTOS COLOMBIANOS, PÓRTLAND TIPO I, EN HORMIGONES SIN AIRE INCLUIDO.

Resistencia a la compresión Kg/cm²	Relación agua-cemento en peso		
	Límite superior	Línea media	Límite inferior
140	-	0,72	0,65
175	-	0,65	0,58
210	0,7	0,58	0,53
245	0,64	0,53	0,49
280	0,59	0,48	0,45
315	0,54	0,44	0,42
350	0,49	0,40	0,38

Fuente: tablas dosificación ACI – Hormigón.

Tabla 11.4 ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIVERSOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y SISTEMAS DE COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN				
Consistencia	Asentamiento mm.	Ejemplo de Tipo de construcción	Sistema De colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta; hormigones de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi - seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en hormigón simple	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50-100	Elementos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibración (Normalmente no adecuados para vibrarse)

Fuente: tablas dosificación ACI – Hormigón.

4.4.3. Datos de Tablas.

Cuadro 4.11 DATOS DE CANTIDAD DE AGUA Y VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO.

DATOS DE TABLAS		
Vol. Agr. Grueso/Vol. unitario concreto (b/bo)(Tabla 11.15)	0,74	s/u
Requerimiento de Agua (A) (Tabla 11.6)	164	kg/m ³

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 11.15					
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO CON VARILLA (a), POR VOLUMEN DE HORMIGÓN PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DE LA ARENA (b)					
Tamaño máximo nominal del agregado		Módulo de finura de la arena			
mm.	pulg.	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
12,7	1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
25,4	1"	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	2"	0,78	0,76	0,74	0,72
76,1	3"	0,82	0,80	0,78	0,76
152,0	6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabla 11.16

REQUERIMIENTO APROXIMADO DE AGUA DE MEZCLADO PARA DIFERENTES ASENTAMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO, CON PARTÍCULAS DE FORMA REDONDEADA Y TEXTURA LISA, EN HORMIGÓN SIN AIRE INCLUIDO

Asentamiento		Tamaño máximo del agregado, en mm (pulg.)							
		9,51	12,70	19,00	25,40	38,10	50,80	64,00	76,10
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
mm	pulg.	Agua de mezclado, en Kg/m ³ de hormigón							
0	0	213	185	171	154	144	136	129	123
25	1	218	192	177	161	150	142	134	128
50	2	222	197	183	167	155	146	138	132
75	3	226	202	187	172	160	150	141	136
100	4	229	205	191	176	164	154	144	139
125	5	231	208	194	179	168	156	146	141
150	6	233	212	195	182	172	159	150	146
175	7	237	216	200	187	176	165	156	148
200	8	244	222	206	195	182	171	162	154

Fuente: tablas dosificación ACI – Hormigón.

4.4.4 Cálculos de los Componentes del Hormigón.

Cuadro 4.12. PESOS Y VOLÚMENES DE LOS AGREGADOS.

CÁLCULOS		
Peso Agregado Grueso (pag)	$= (b/b_o) \times PUC$	
	1192,344733	kg/m ³
Peso cemento (Pc)	$= A / (a/c)$	
	341,67	kg/m ³
Volumen de Agregado grueso(Vag)	$= Pag/\gamma_g$	
	447,94	lt/m ³
Volumen del cemento (Vc)	$= Pc/\gamma_c$	
	108,81	lt/m ³
Volumen de Arena (Vaf)	$= 1000 - Vc - A - Vag$	
	279,25	lt/m ³
Peso del agregado fino (Paf)	$= Vaf \times \gamma_f$	
	654,79	kg/m ³

Fuente: Laboratorio de Suelos

Cuadro 4.13 PESOS DE LOS INGREDIENTES POR METRO CUBICO (m³)

PESOS SECOS DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE CONCRETO			
Ingrediente	Peso Seco kg/m³	Volumen Absoluto lt/m³	Peso especifico gr/cm³
Cemento	341,67	108,81	3,14
Agua	164	164	1
Grava	1192,344733	447,94	2,66
Arena	654,79	279,25	2,34
TOTAL	2352,80	1000,00	

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.4.5. Pesos de los Ingredientes.

Cuadro 4.14. PESOS DE LOS INGREDIENTES POR (kg/m³)

Ingrediente	Peso Seco kg/m³	Peso Húmedo kg/m³
Cemento	341,67	341,67
Agua	164	166,82
Grava	1192,344733	1205,27
Arena	654,79	664,16
TOTAL	2352,80	2377,93

Fuente: Laboratorio de Suelos

Cuadro 4.15 PROPORCIONES DE LOS AGREGADOS, DOSIFICACIÓN DEFINIDA

PROPORCIONES DE MEZCLA		
Cemento	Arena	Grava
1,0	1,9	3,5

Fuente: Laboratorio de Suelos

4.5 OBTENCIÓN DE RESISTENCIAS A DIFERENTES VELOCIDADES

4.5.1. Rotura de Probetas para una Aplicación de Carga de 2 Segundos un Bombazo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 11/09

Cuadro 4.16. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MENOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	198	20154,894	114,11
2	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	210	21373,998	121,01
3	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	214	21780,366	123,31
4	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	210	21373,998	121,01
5	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	214	21780,366	123,31
6	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	218	22186,734	125,61
7	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	210	21373,998	121,01
8	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	204	20764,446	117,56
9	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	202	20561,262	116,41
10	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	202	20561,262	116,41

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de un Bombazo por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 11/09

Cuadro 4.17 RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA ESTÁNDAR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	222	22593,102	127,92
2	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	210	21373,998	121,01
3	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	229	23405,838	132,52
4	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	229	23405,838	132,52
5	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	202	20561,262	116,41
6	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	222	22593,102	127,92
7	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	218	22186,734	125,61
8	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	208	21170,814	119,86
9	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	214	21780,366	123,31
10	H18	22/11/2009	29/11/2009	7	176,63	214	21780,366	123,31

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de 2 Bombazos por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Rio Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 11/09

Cuadro 4.18 RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 7 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MAYOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	249	25437,678	144,02
2	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	229	23405,838	132,52
3	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	222	22593,102	127,92
4	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	227	23202,654	131,37
5	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	220	22389,918	126,77
6	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	223	22796,286	129,07
7	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	220	22389,918	126,77
8	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	218	22186,734	125,61
9	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	223	22796,286	129,07
10	H18	06/11/2009	13/11/2009	7	176,63	225	22999,47	130,22

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Rotura de Probetas Para una Aplicación de carga de 2 Segundos un Bombazo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.19. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MENOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm ²)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	261	26656,782	150,92
2	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	263	26859,966	152,07
3	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	265	27063,15	153,22
4	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	271	27672,702	156,67
5	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	269	27469,518	155,52
6	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	285	29094,99	164,73
7	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	261	26656,782	150,92
8	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	281	28688,622	162,43
9	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	277	28282,254	160,13
10	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	279	28485,438	161,28

Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de un Bombazo por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.20. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO, CON APLICACIÓN DE CARGA ESTÁNDAR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	281	28688,622	162,43
2	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	271	27672,702	156,67
3	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	287	29298,174	165,88
4	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	275	28079,07	158,98
5	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	277	28282,254	160,13
6	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	269	27469,518	155,52
7	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	271	27672,702	156,67
8	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	287	29298,174	165,88
9	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	291	29704,542	168,18
10	H18	10/11/2009	24/11/2009	14	176,63	289	29501,358	167,03

Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Rotura de Probetas para una Aplicación de Carga de 2 Bombazos por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.21. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MAYOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	281	28688,622	162,43
2	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	279	28485,438	161,28
3	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	289	29501,358	167,03
4	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	283	28891,806	163,58
5	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	281	28688,622	162,43
6	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	287	29298,174	165,88
7	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	279	28485,438	161,28
8	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	285	29094,99	164,73
9	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	289	29501,358	167,03
10	H18	13/11/2009	27/11/2009	14	176,63	283	28891,806	163,58

Fuente: Elaboración propia

4.5.7. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de 2 Segundos un Bombazo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.22. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MENOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	311	31736,382	179,68
2	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	317	32345,934	183,13
3	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	325	33158,67	187,73
4	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	321	32752,302	185,43
5	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	325	33158,67	187,73
6	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	325	33158,67	187,73
7	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	321	32752,302	185,43
8	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	317	32345,934	183,13
9	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	309	31533,198	178,53
10	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	313	31939,566	180,83

Fuente: Elaboración propia

4.5.8. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de un Bombazo por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.23. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA ESTÁNDAR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	325	33158,67	187,73
2	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	321	32752,302	185,43
3	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	329	33565,038	190,04
4	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	337	34377,774	194,64
5	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	333	33971,406	192,34
6	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	325	33158,67	187,73
7	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	337	34377,774	194,64
8	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	329	33565,038	190,04
9	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	313	31939,566	180,83
10	H18	05/11/2009	03/12/2009	28	176,63	333	33971,406	192,34

Fuente: Elaboración propia

4.5.9. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de 2 Bombazos por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 13/11/09

Cuadro 4.24 RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MAYOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm ²)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	349	35596,878	201,54
2	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	333	33971,406	192,34
3	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	337	34377,774	194,64
4	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	341	34784,142	196,94
5	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	337	34377,774	194,64
6	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	329	33565,038	190,04
7	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	341	34784,142	196,94
8	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	333	33971,406	192,34
9	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	331	33768,222	191,19
10	H18	29/10/2009	26/11/2009	28	176,63	341	34784,142	196,94

Fuente: Elaboración propia

4.5.10. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de 2 Segundos un Bombazo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 25/09/10

Cuadro 4.25. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MENOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	309	31533,198	178,53
2	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	315	32142,75	181,98
3	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	321	32752,302	185,43
4	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	329	33565,038	190,04
5	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	325	33158,67	187,73
6	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	317	32345,934	183,13
7	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	313	31939,566	180,83
8	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	317	32345,934	183,13
9	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	313	31939,566	180,83
10	H18	16/08/2010	14/09/2010	28	176,63	321	32752,302	185,43

Fuente: Elaboración propia

4.5.11 Rotura de probetas para una aplicación de carga de un bombazo por segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 25/09/10

Cuadro 4.26. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA ESTÁNDAR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm2)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	329	33565,038	190,04
2	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	321	32752,302	185,43
3	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	317	32345,934	183,13
4	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	313	31939,566	180,83
5	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	337	34377,774	194,64
6	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	325	33158,67	187,73
7	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	321	32752,302	185,43
8	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	325	33158,67	187,73
9	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	317	32345,934	183,13
10	H18	19/08/2010	17/09/2010	28	176,63	329	33565,038	190,04

Fuente: Elaboración propia

4.5.12. Rotura de Probetas para una Aplicación de carga de 2 Bombazos por Segundo.

LABORATORIO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN	
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS	
Proyecto de Ing. Civil II Procedencia Agregado fino y grueso: Río Camacho Solicitante: Univ. Edwin Aguirre	Identificación muestra: Muestra única Laboratorista: Técnico Carlos Subia Fecha: 25/09/10

Cuadro 4.27. RESISTENCIAS DE PROBETAS ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON APLICACIÓN DE CARGA MAYOR EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

Probeta N°	Tipo de H°	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Sección (cm ²)	Lectura (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	377	38441,454	217,64
2	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	337	34377,774	194,64
3	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	333	33971,406	192,34
4	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	361	36815,982	208,44
5	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	337	34377,774	194,64
6	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	349	35596,878	201,54
7	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	347	35393,694	200,39
8	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	345	35190,51	199,24
9	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	341	34784,142	196,94
10	H18	23/08/2010	21/09/2010	28	176,63	339	34580,958	195,79

Fuente: Elaboración propia

4.5.13. Valores de las Diferentes Resistencias Encontradas.

Cuadro 4.28. RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS, A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS A DIFERENTES APLICACIONES DE CARGA EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS			
Velocidad	7 días	14 días	28 días
Menor	113,21	147,51	178,00
Estándar	115,35	153,02	180,71
Mayor	120,69	159,95	186,36

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.29. PORCENTAJES DE INCIDENCIA DE LAS DIFERENTES VELOCIDADES EMPLEADAS EN LA PRENSA HIDRÁULICA.

INCIDENCIA DE LOS VALORES DE RESISTENCIAS FINALES			
Velocidad	7 días (%)	14 días (%)	28 días (%)
Menor	- 2	- 4	- 2
Estándar	0	0	0
Mayor	+ 5	+ 5	+ 3

PROMEDIO DE LOS VALORES DE RESISTENCIA ENTRE APLICACIÓN MAYOR Y APLICACIÓN MENOR DE CARGA PARA ENCONTRAR EL GRADO DE INCIDENCIA CON LA APLICACIÓN ESTÁNDAR			
Velocidad	7 días (%)	14 días (%)	28 días (%)
Estándar	115,35	153,02	180,71
Promedio	116,95	153,73	182,18
Incidencia	+ 1	+ 0.5	+ 0.8

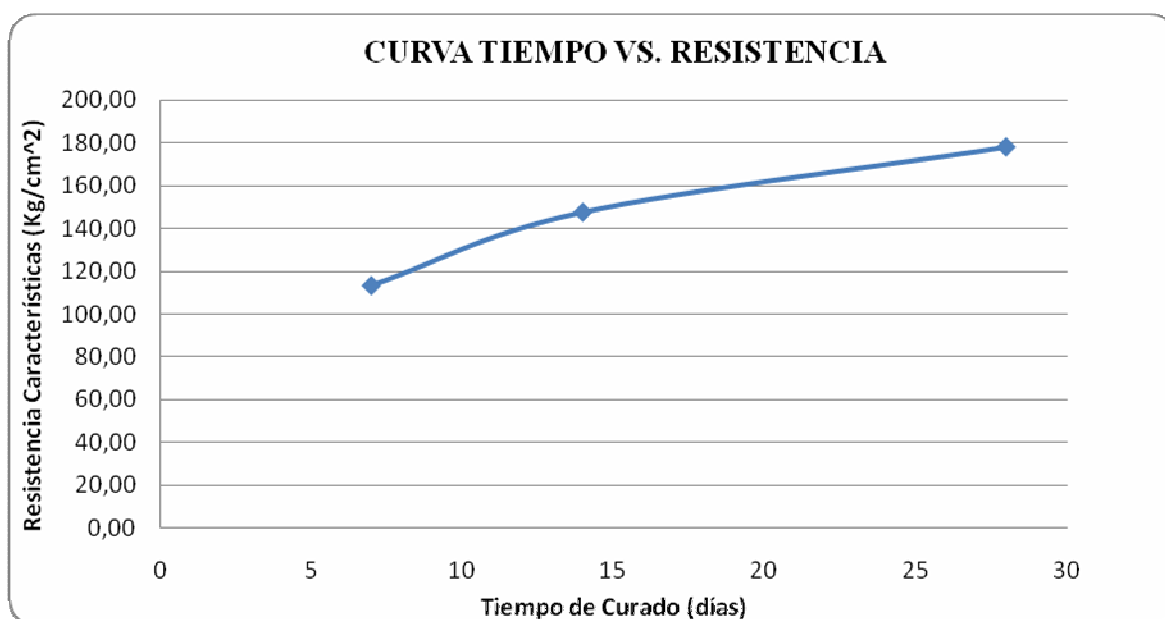
Fuente: Elaboración propia

4.6 GRAFICAS DE LOS DIFERENTES ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORAROTIO

4.6.1. Grafica en Relación de Resistencias dadas por Aplicación Menor en la Prensa Hidráulica.

Tiempo (días)	Resistencia
7	113,21
14	147,51
28	178,00

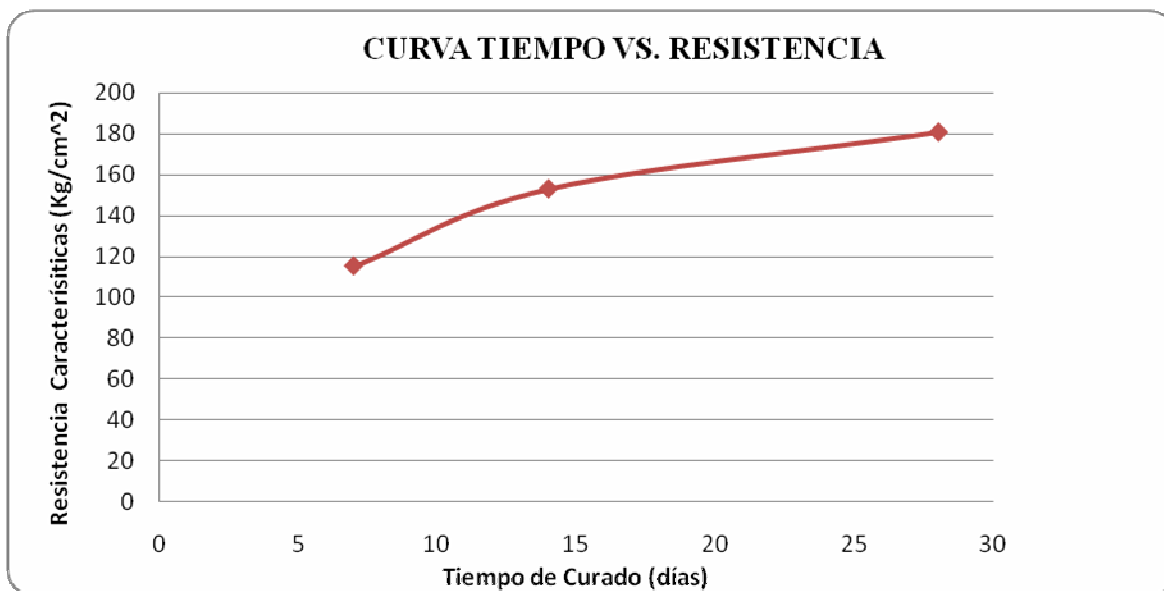
Gráfica 4.3 CURVA TIEMPO VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.2. Gráfica en Relación de Resistencias dadas por Aplicación a una Velocidad Estándar en la Prensa Hidráulica.

Tiempo (días)	Resistencia
7	115,35
14	153,02
28	182,51

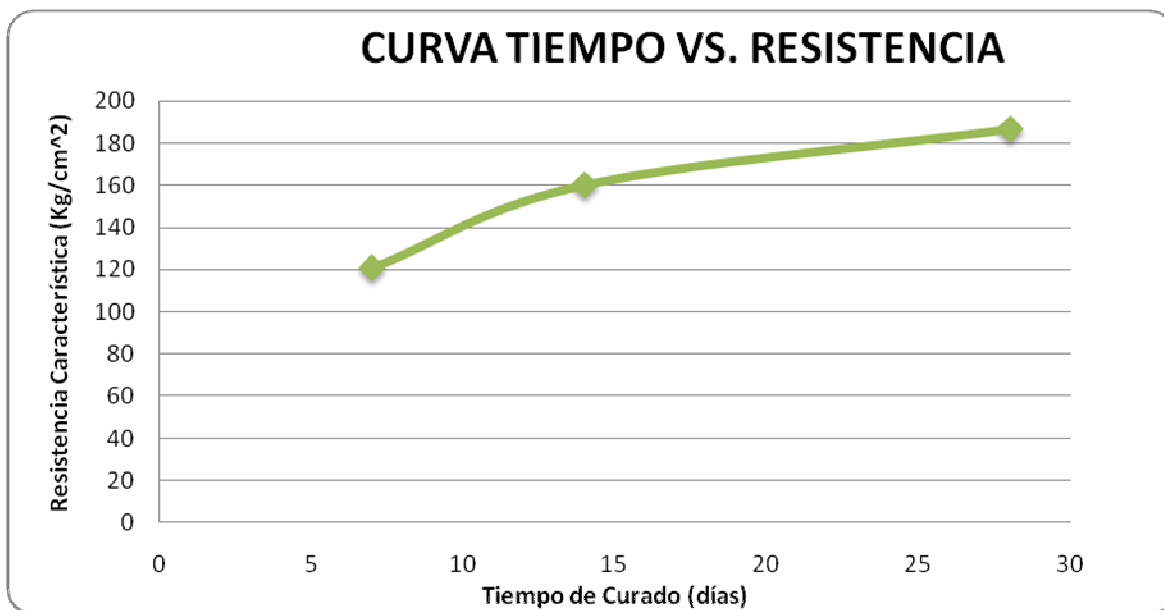
Grafica 4.4 CURVA TIEMPO VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA ESTÁNDAR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.3. Gráfica en Relación de Resistencias dadas por Aplicación Mayor en la Prensa Hidráulica.

Tiempo (días)	Resistencia
7	120,69
14	159,95
28	186,36

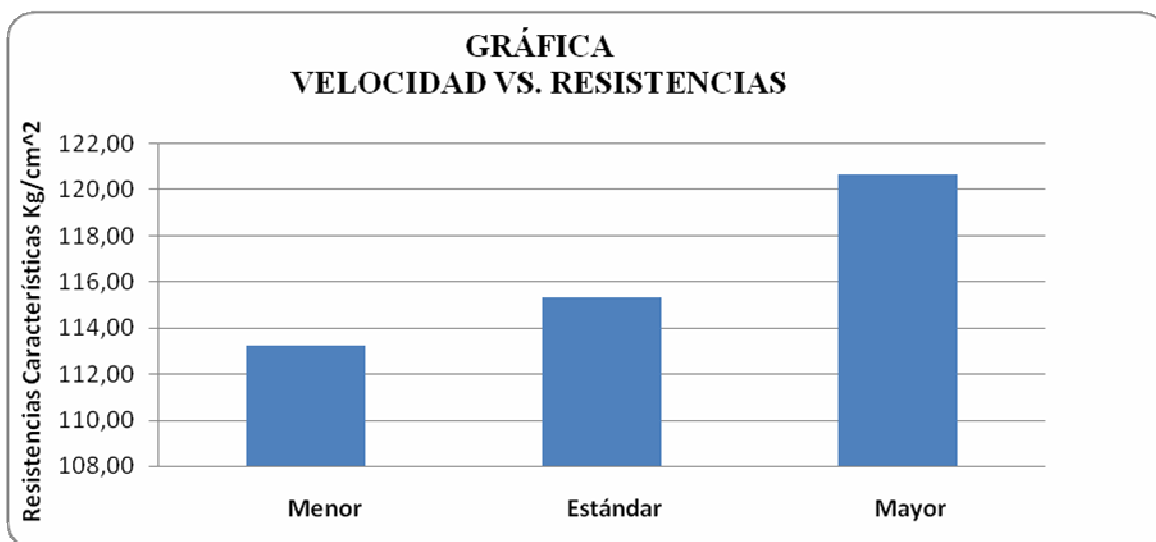
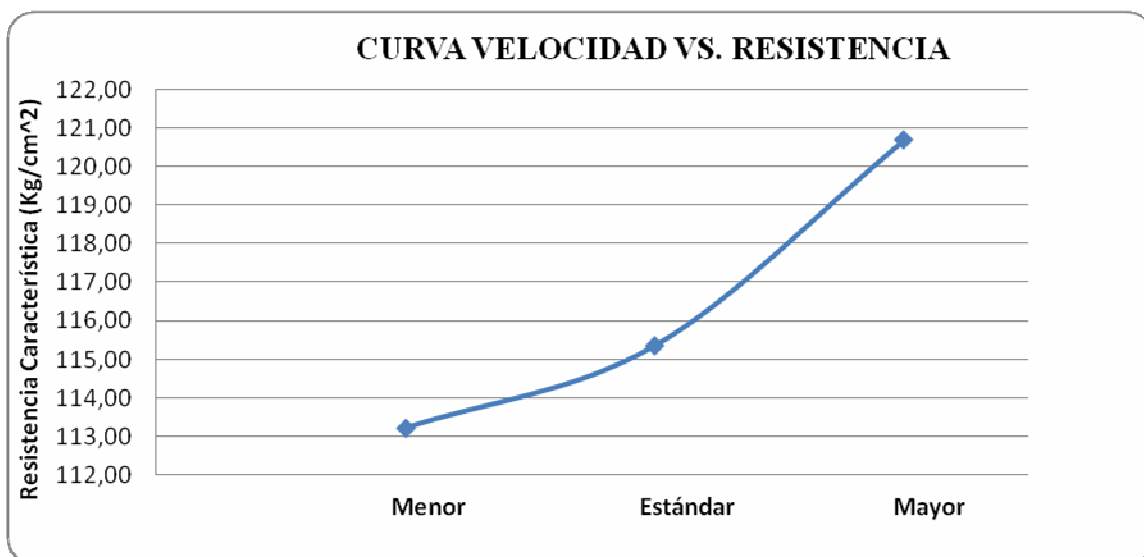
Grafica 4.5. CURVA TIEMPO VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MAYOR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.4. Gráfica en Relación de Resistencias dadas por la Aplicación a Diferentes Velocidades en la Prensa Hidráulica, para los 7 días de Curado se tiene los siguientes datos.

Velocidad	Resistencias
Menor	113,21
Estándar	115,35
Mayor	120,69

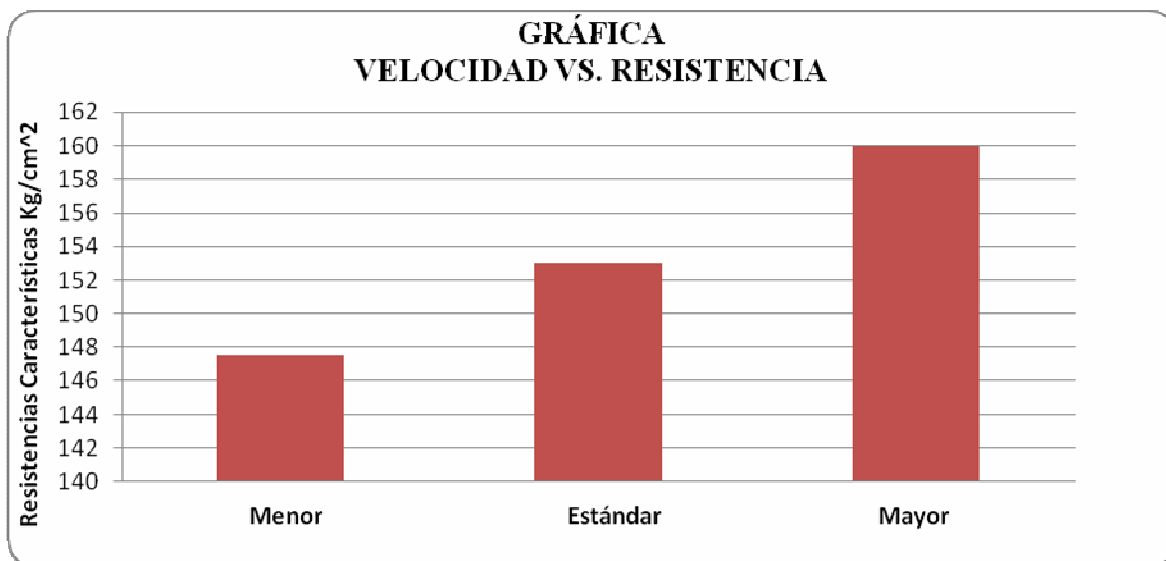
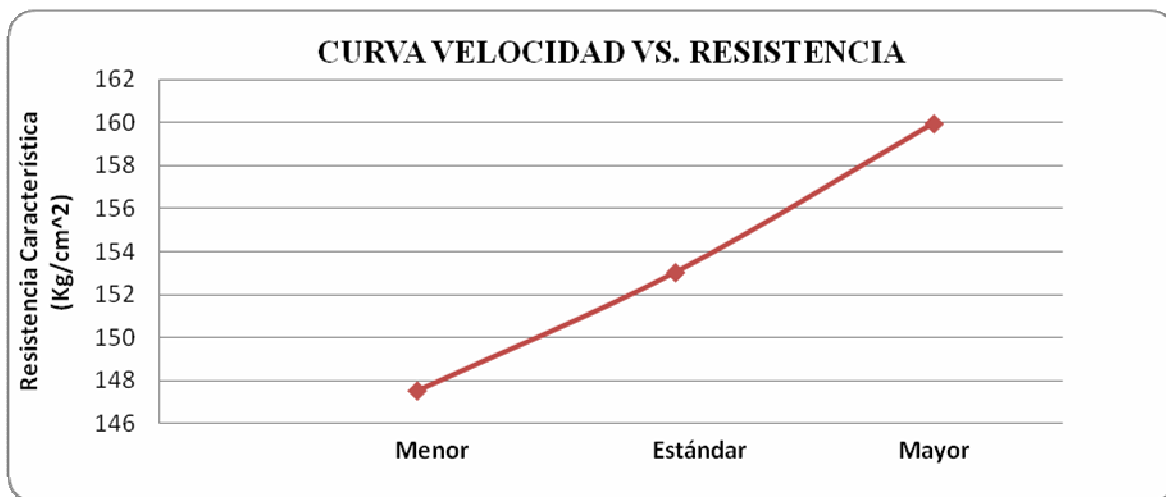
Gráfica 4.6. GRÁFICAS DE VELOCIDAD VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 7 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.5. Gráfica en Relación de Resistencias dadas por la Aplicación a Diferentes Velocidades en la Prensa Hidráulica, para los 14 días de curado se tiene los siguientes datos.

Velocidad	Resistencias
Menor	147,51
Estándar	153,02
Mayor	159,95

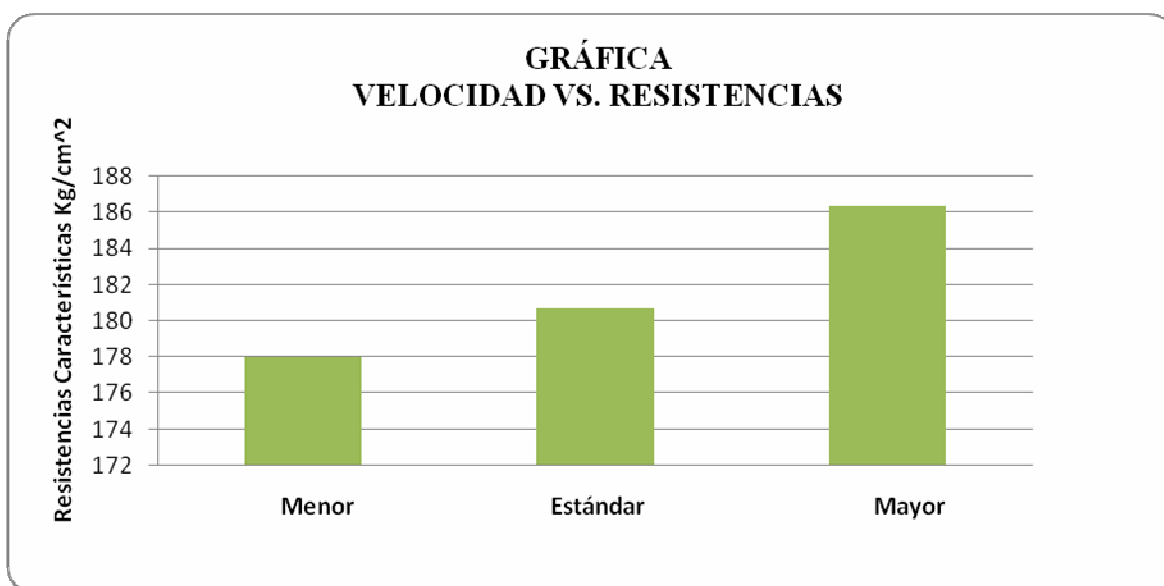
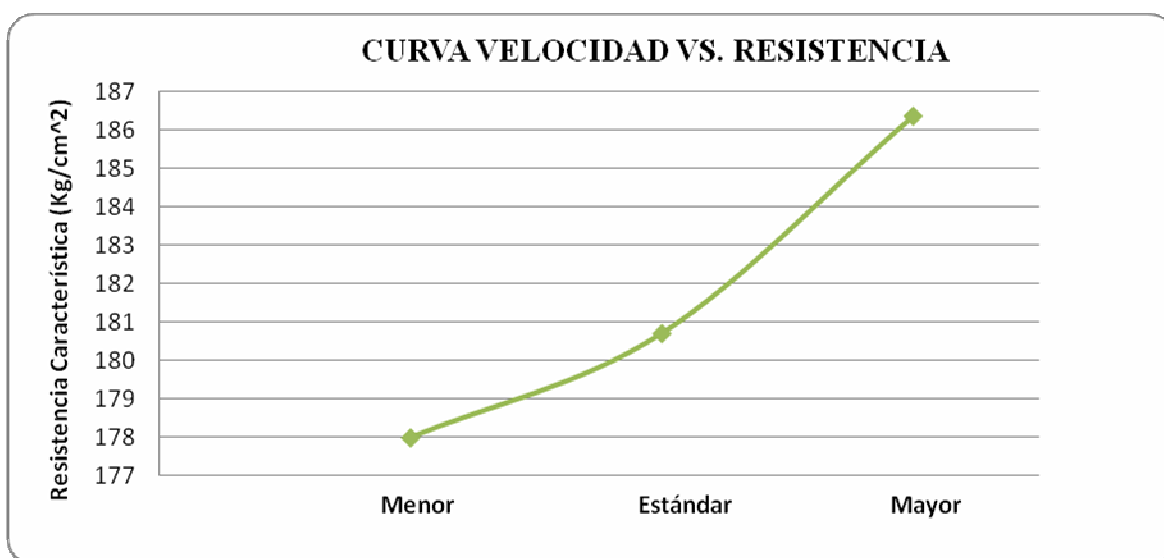
Grafica 4.7 GRÁFICAS DE VELOCIDAD VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.6. Gráfica en Relación de Resistencias dadas por la Aplicación a Diferentes Velocidades en la Prensa Hidráulica, para los 28 días de curado.

velocidad	Resistencias
menor	178
estándar	180,71
mayor	186,36

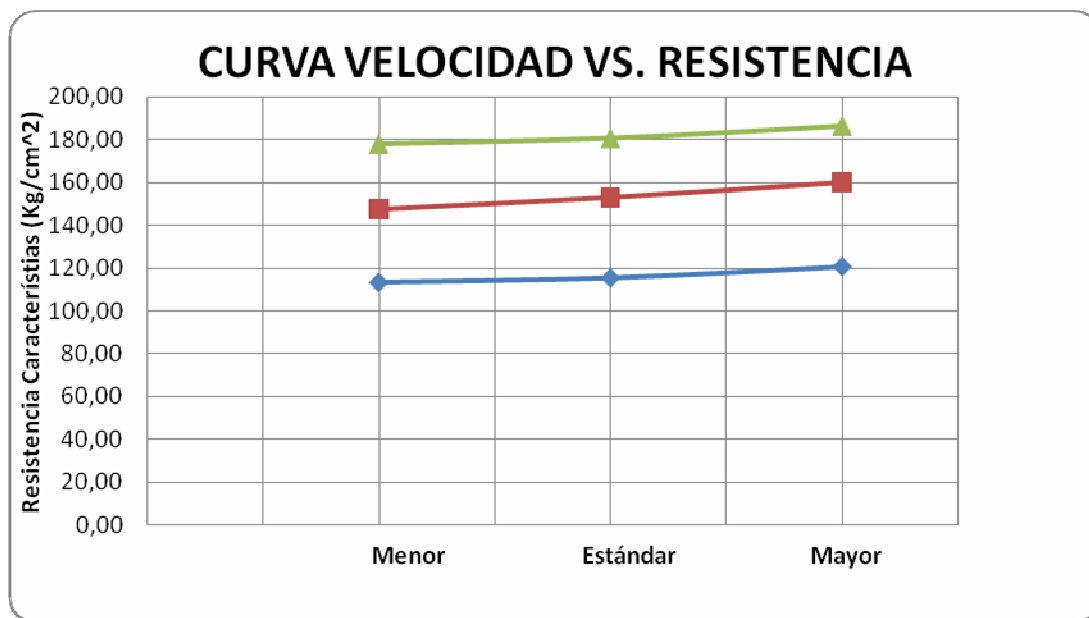
Gráfica 4.8. GRÁFICAS DE VELOCIDAD VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.7. Gráfica en Relación de Velocidades vs Resistencias dadas por la Aplicación en la Prensa Hidráulica, para los 7, 14 y 28 días de curado.

Velocidad	7 días	14 días	28 días
Menor	113,21	147,51	178,00
Estándar	115,35	153,02	180,71
Mayor	120,69	159,95	186,36

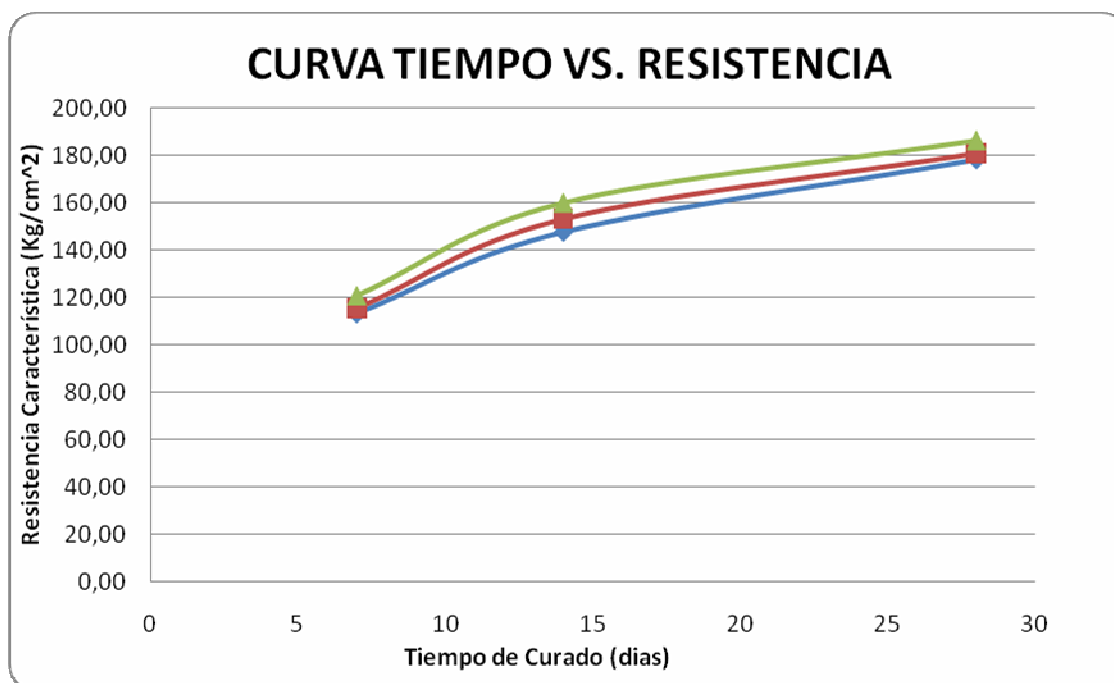
Grafica 4.9 RELACIÓN DE LAS GRÁFICAS DE VELOCIDAD VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYO DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.8. Gráfica en Relación de Tiempo vs Resistencias dadas por la Aplicación en la Prensa Hidráulica, para los 7, 14 y 28 días de curado.

Tiempo (días)	Resistencias		
7	113,21	115,35	120,69
14	147,51	153,02	159,95
28	178,00	180,71	186,36

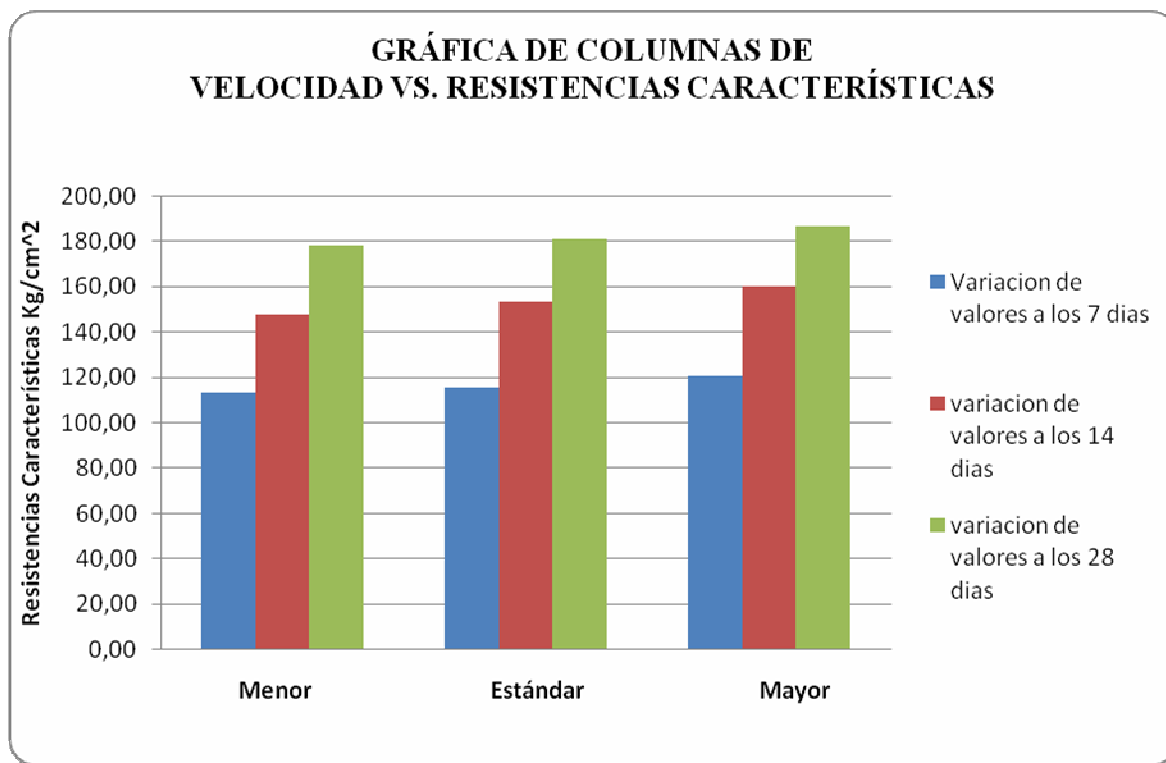
Grafica 4.10 RELACIÓN DE GRÁFICAS DE TIEMPO VS RESISTENCIA ELABORADA CON ENSAYOS DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



4.6.9. Gráfica en Relación de la Velocidad vs Resistencias dadas por la Aplicación en la Prensa Hidráulica, para los 7, 14 y 28 días de curado.

Tiempo	Resistencias		
(días)	Menor	Estándar	Mayor
7	113,21	115,35	120,69
14	147,51	153,02	159,95
28	178,00	180,71	186,36

Gráfica 4.11. RELACIÓN DE GRÁFICAS DE VELOCIDAD VS RESISTENCIA MOSTRADA EN COLUMNAS DONDE SE PUEDE APRECIAR LA VARIACIÓN QUE EXISTE, CON ENSAYOS DE APLICACIÓN DE CARGA MENOR, ESTÁNDAR Y MAYOR A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

El objetivo de este proyecto de investigación es el de analizar si a diferentes velocidades de aplicación de carga mediante la prensa hidráulica, existen diferencias de lecturas en la resistencia de probetas de hormigón al ensayo de compresión; luego de analizar tres velocidades diferentes, los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Velocidad menor a la estándar o aplicación de carga con velocidad menor en la prensa hidráulica, (un bombazo cada dos segundos).**

Cabe notar que en la mayoría de las roturas existe una misma lectura de esfuerzo o resistencia, al hacerlo con una velocidad menor a la velocidad estándar (1 bombazo cada dos segundos o aplicación de carga menor en la prensa hidráulica), se pudo demostrar que existe un valor de incidencia de la resistencia de 2% menos a los 7 días de curado del hormigón, con respecto de la resistencia obtenida a la velocidad estándar tomado en cuenta como un valor referente para el análisis, velocidad que es empleada siempre en el laboratorio para el control de las obras realizadas.

A los 14 días se comprueba un 4 % de incidencia menos en cuanto a la resistencia referente.

Por último a los 28 días se comprueba un 2 % de incidencia menos en el análisis realizado a menor aplicación de carga.

Lo que demuestra que a menor velocidad de aplicación de la carga en la prensa hidráulica, se registran menores lecturas de resistencia a la compresión.

También se tiene un mejor control de las lecturas en el manómetro por bombazo de ensayo ya que no exige mucho esfuerzo al dar los bombazos en la palanca por tener una menor aplicación de velocidad.

- **Velocidad máxima a la estándar o aplicación de carga con velocidad mayor en la prensa hidráulica.**

En cuanto a la velocidad mayor a la estándar, se pudo constatar que se alcanzaban resistencias elevadas en relación de las resistencias a la velocidad estándar, por lo que se puede concluir que a mayor velocidad o aplicación de carga en la prensa hidráulica, se obtienen valores de lectura por encima de la velocidad estándar, obteniendo los siguientes porcentajes de los diferentes ensayos analizados:

A los 7 días de curado se obtuvo un 5 % más de incidencia en el valor de la resistencia a la aplicación de carga estándar en la prensa hidráulica.

A los 14 días de curado se obtuvo un 5 % más de incidencia en el valor de la resistencia a la aplicación de carga estándar en la prensa hidráulica.

Por último a los 28 días se tiene un 3 % más de incidencia en el valor de la resistencia, análisis realizado a mayor aplicación de carga en la prensa hidráulica.

Por otra parte cabe notar que a velocidad mayor no se puede determinar o apreciar las lecturas por cada bombazo en el manómetro, ya que se exige un mayor esfuerzo para realizar los bombazos.

Por último se debe recalcar que este proyecto de investigación comprueba que a mayor velocidad de rotura o aplicación de carga en la prensa hidráulica se obtienen lecturas más arriba de las lecturas dadas a velocidad menor y velocidad estándar; que pueden darse por muchos diferentes fenómenos o factores en cuanto a la aplicación de carga empleada en la prensa hidráulica, por lo que se deben controlar las resistencias de las probetas con velocidades que den datos de lectura reales, que estén entre los rangos de resistencias dadas por norma.

En el caso de este proyecto se ve que se debe aplicar en la prensa hidráulica a velocidad o aplicación de carga estándar, la cual es la velocidad de aplicación que siempre se ha empleado para el control de las obras realizadas ya que sus valores están dentro de las

resistencias reales de tablas, analizando el control de lecturas en el laboratorio de suelos y hormigones, ya que haciendo un promedio de la velocidad o aplicación de carga menor con la velocidad o aplicación de carga mayor se tiene valores de resistencia similares a los valores de resistencia de aplicación estándar de la prensa hidráulica.

RECOMENDACIONES.

En base al trabajo de investigación se establecen las siguientes recomendaciones:

- Controlar cuidadosamente puesto que es fundamental para obtener un buen hormigonado; para eso se deben realizar los pasos correctamente en los ensayos de granulometría, peso unitario peso específico, etc. obteniendo buenos datos de los ensayos en el laboratorio, que permitan una buena dosificación para poder elaborar un buen hormigón.
- Realizando los controles en los trabajos que son elaborados en nuestro medio se puede indicar que se debería romper a velocidades menores, ya que los efectos de carga sobre las diferentes construcciones llegan a ser cargadas lentamente.
- Uno de los principales inconvenientes de la prensa hidráulica es que se deben realizar calibraciones muy seguidas, ya que de no tomar en cuenta este aspecto, se pueden obtener errores de lectura lo que no es conveniente por la seguridad de las obras.
- Si las lecturas fluctúan con diferencias muy altas, la prensa hidráulica debe calibrarse, este tipo de lecturas indican que la prensa hidráulica está defectuosa ya que cualquier probeta no tiene que tener mucha variación por que las características de los agregados son las mismas.