



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN
INGENIERIA CIVIL**

MONOGRAFIA

**“Estudio Técnico – Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de
Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”**

Para optar al título de:

Ingeniero Civil

Elaborado por:

- Br. Agnes Cecilia Montalván Castillo
- Br. Silvia Isabel Lindo O'connors

Tutor:

Ing. Marvin Antonio Blanco Rodríguez

Managua, Enero 2013

DEDICATORIA

A mi padre

Marvin Montalván Mayorga, por apoyarme en todo momento, por no dudar de mi capacidad de poder coronar mis estudios, gracias por tu esfuerzo, sacrificio, y amor abnegado e incondicional que me has entregado toda la vida y que sin ello nunca hubiese sido posible ser quien soy.

A mi madre

Martha Castillo, por tu entrega, esfuerzo y apoyo que siempre me has brindado para alcanzar mis metas. Por la plena confianza que siempre has depositado en mí en las decisiones que tomo y por entregarme todo el amor sincero que me da la fortaleza para seguir adelante.

A mi hermano

Marvin Montalván Castillo, por ser tan incondicional en todo momento y por compartir los mejores momentos de nuestra existencia.

A mis familiares

A mi abuelita Agnes Castillo y mis tíos por apoyarme siempre, en especial a mi tía Karen y tío Donis quienes siempre han estado presente en situaciones difíciles dándome su apoyo incondicionalmente en todo momento.

A mis amigos

Por todo su apoyo, por darme muchos días felices y llenos de sonrisas, por estar conmigo en los momentos difíciles y por dejarme entrar en sus vidas y compartir muchas experiencias inolvidables.

DEDICATORIA

A MI PADRE: Héctor Lindo quien no ha dudado en ningún momento en brindarme su apoyo incondicional. Por ser un ejemplo de superación e impulsarme siempre a seguir adelante y alcanzar cada meta que me he propuesto.

A MI MADRE: Isabel Carrión por estar a mi lado a cada instante, por apoyarme y brindarme consejo y orientación en el momento preciso. Por cada sacrificio que ha hecho durante mi formación tanto personal, como profesional.

A MI ABUELO: Silvio Lindo por haberme regalado todo su amor, quien a pesar de haber partido a la presencia del Altísimo constituye un pilar fundamental en mi educación.

A MIS FAMILIARES: quienes me han acompañado siempre en mi caminar y han sido fuente de optimismo, fortaleza y perseverancia en mi vida. Especialmente a mis tíos y tías que han sido como mis padres en el momento en que los he necesitado.

A MIS AMIGOS: por compartir y celebrar mis triunfos y por tener cada palabra de aliento en mis fracasos. Por acompañarme y apoyarme cuando más lo he necesitado.

Silvia Isabel Lindo

AGRADECIMIENTO

Dios

Gracias Señor Padre Eterno quien es Principio de toda sabiduría, a Él debo la vida y lo que ahora soy. Gracias por todas las bendiciones que siempre me has concedido y por ser mi guía en todo camino.

Mis padres:

Mil gracias por haberme brindado la oportunidad de estudiar mi carrera en esta universidad, y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios; Gracias por su apoyo, por la orientación que siempre me han brindado, por iluminar mi camino. Agradezco los sabios consejos que en el momento exacto me han sabido dar para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayuden a balancear mi vida y sobre todo gracias por el amor tan inmenso que siempre me han dado incondicionalmente.

Ing. Marvin Blanco

Por el apoyo brindado y su valiosa asesoría de manera desinteresada para la elaboración del presente trabajo monográfico.

Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUPAP

Por abrirme sus puertas, y así poder alcanzar uno de los sueños más importantes en la vida, ser una profesional. Gracias a todos los profesores que me transmitieron sus conocimientos y a la facultad en general (FTC).

Laboratorio de Materiales y Suelos

Por permitirnos realizar en sus instalaciones todos los ensayos necesarios en esta investigación, así como la asesoría y ayuda brindada por los técnicos, en especial, al señor Julio Mascuñana quien se mostró paciente, tolerante y de gran voluntad para ayudarnos en todo momento de manera incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro Señor quien es mi principio y mi fin, quien ha puesto en mi vida a seres maravillosos que son para mi motivo de inspiración y ejemplo.

A mis padres, por su amor incondicional, por transmitirme valores que me han permitido mantener constancia y por el esfuerzo que hicieron para que yo lograra finalizar este proyecto.

A mi mami Isabel, amorosa, comprensiva y paciente, incondicional a mis acciones. Quien con cada una de sus palabras y con ternura me ha dado apoyo en todas las etapas de mi vida.

A Ingeniero Marvin Blanco Rodríguez, por ser nuestro tutor y brindarnos las herramientas necesarias en el desarrollo de este trabajo monográfico, el cual sin su ayuda no hubiera sido posible.

Doctor Oscar Gutiérrez Somarriba e Ingeniero Freddy González por apoyarnos institucionalmente a través de la facultad de tecnología de la construcción y Bloquera UNI – PAUS respectivamente para poder desarrollar nuestra investigación.

Ingeniero Víctor Zepeda Guevara por tener la disposición siempre para apoyarnos con nuestro trabajo en las distintas etapas.

Señores Julio Mascuñana y Víctor Rodríguez por la disposición de colaborarnos incondicionalmente en la etapa experimental de la investigación.

A mis amigos y familiares por estar conmigo en todo momento, porque con sus consejos han contribuido con mi crecimiento personal y profesional.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Limitaciones.....	8

CAPITULO II: DEFINICIONES

2.1 Concreto.....	10
2.1.1 Definición.....	10
2.1.2 Resistencia.....	11
2.1.3 Trabajabilidad.....	14
2.1.4 Durabilidad.....	15
2.1.5 Curado	16
2.1.6 Consistencia.....	22
2.1.7 Economía.....	25
2.2 Concreto ligero.....	26
2.2.1 Introducción.....	26
2.2.2 Tipos de concreto ligero.....	27
2.2.2.1 Concreto sin finos.....	28
2.2.2.2 Concreto con finos de peso ligero.....	29
2.2.2.3 Concreto aireado.....	30
2.2.3 Características del concreto ligero	33
2.2.4 Propiedades, ventajas y desventajas del concreto ligero.....	33
2.2.4.1 Propiedades.....	33
2.2.4.2 Ventajas.....	34
2.2.4.3 Desventajas.....	35
2.3 Mortero.....	36
2.3.1 Introducción.....	36

2.3.2	Antecedentes.....	36
2.3.3	Definición.....	37
2.3.4	Propiedades.....	38
2.3.4.1	Plasticidad.....	40
2.3.4.2	Resistencia a la compresión.....	40
2.3.4.3	Adherencia.....	40
2.3.4.4	Retracción del secado.....	41
2.3.4.5	Retención de agua.....	41
2.3.4.6	Durabilidad.....	41
2.3.5	Tipos de morteros.....	42

CAPITULO III: FUENTES DE MATERIALES

3.1	Agregados.....	44
3.1.1	Definición.....	44
3.1.2	Origen y formación de los agregados.....	45
3.1.3	Agregado fino	47
3.1.4	Agregado grueso	48
3.1.5	Propiedades de los agregados	49
3.1.5.1	Granulometría.....	49
3.1.5.2	Gravedad específica.....	50
3.1.5.3	Absorción.....	51
3.1.5.4	Humedad.....	52
3.1.5.5	Peso unitario.....	52
3.1.5.6	Porosidad.....	53
3.1.5.7	Sanidad.....	54
3.1.5.8	Resistencia a abrasión o desgaste.....	55
3.1.5.9	Textura superficial.....	56
3.1.5.10	Formas de los agregados	57
3.1.6	Impurezas y sustancias perjudiciales en los agregados.....	58
3.2	Descripción del material utilizado	61
3.3	Localización de bancos de materiales.....	63
3.4	Cemento.....	65

3.4.1 Bosquejo histórico.....	65
3.4.2 Cemento Portland.....	67
3.4.2.1 Definición.....	67
3.4.2.2 Composición y constituyentes.....	67
3.4.2.3 Fabricación.....	70
3.4.2.4 Tipos de cemento	71
3.5 Agua.....	74

CAPITULO IV: ENSAYOS FISICOS DEL HORMIGÓN ROJO Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

4.1 Ensayos de laboratorio al Hormigón Rojo.....	77
4.1.1 Granulometría.....	77
4.1.2 Gravedad específica.....	84
4.1.3 Pesos Unitarios.....	90
4.1.4 Humedad.....	94
4.1.5 Absorción.....	96
4.1.6 Colorimetría.....	96
4.2 Análisis de resultados de las propiedades físicas del hormigón rojo.....	97

CAPITULO V: ENSAYES MECANICOS DEL HORMIGÓN ROJO

5.1 Resistencia a la compresión de los morteros.....	101
5.2 Diseño de mezclas de mortero para bloques de peso ligero.....	101
5.3 Ensayo de Resistencia a la compresión a los especímenes de mortero	117
5.3.1 Elaboración de mezclas de mortero.....	117
5.3.1.1 Preparación de los materiales.....	117
5.3.1.2 Medición de los materiales.....	117
5.3.1.3 Mezcla de materiales.....	119
5.4 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.....	120

CAPITULO VI: BLOQUES DE PESO CONCRETO LIGERO

6.1 Introducción.....	128
6.2 Historia.....	129
6.3 Definiciones.....	130

6.3.1	Bloques de concreto.....	130
6.3.2	Bloques huecos.....	130
6.3.3	Bloques solidos.....	130
6.3.4	Área bruta.....	130
6.3.5	Área neta.....	130
6.3.6	Mampostería confinada.....	131
6.3.7	Mampostería reforzada.....	131
6.4	Tecnología de bloques de concreto ligero.....	131
6.4.1	Mezcla de materiales.....	131
6.4.2	Diseño.....	132
6.4.3	Manufactura.....	133
6.4.3.1	El proceso.....	133
6.4.3.2	Concreto vibrado.....	133
6.4.3.3	Teoría de la vibración.....	133
6.4.3.4	Principios fundamentales de la vibración.....	134
6.4.3.5	Propiedades del concreto vibrado.....	134
6.4.3.6	Control de calidad.....	136
6.5	Requerimientos básicos para la producción	136
6.5.1	Flujograma de producción.....	137
6.5.2	Áreas de producción.....	137
6.5.3	Secuencia de fabricación.....	138
6.5.3.1	Dosificación.....	139
6.5.3.2	Mezclado.....	139
6.5.3.3	Moldeado.....	140
6.5.3.4	Fraguado.....	140
6.5.3.5	Curado.....	141
6.5.3.6	Secado y almacenamiento.....	141
6.6	Fabricación de bloques en Nicaragua.....	142
6.6.1	Clasificación de bloques de concreto.....	145
6.6.1.1	Bloque estructural 1 (BE – 1).....	145
6.6.1.2	Bloque estructural 2 (BE – 2).....	145

6.6.1.3 Bloque no estructural (BNE).....	146
6.6.1.4 Bloque especial.....	146
6.6.2 Propiedades físicas y mecánicas de los materiales constituyente	146
6.6.3 Requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto.....	147
6.6.3.1 Requisitos físicos.....	147
6.6.3.2 Requisitos mecánicos.....	151
6.6.4 Control de calidad.....	151
6.6.4.1 Muestreo, número de unidades.....	151
6.6.4.2 Inspección visual.....	152
6.6.4.3 Método para la prueba a la resistencia a la compresión	153
6.6.4.4 Procedimiento.....	155
6.6.4.5 Informe de resultados.....	155
6.6.4.6 Etiquetado.....	156
6.6.4.7 Criterios de aceptación o rechazo.....	156
6.7 Ensayos de resistencia a la compresión de bloques de hormigón rojo	157
6.7.1 Diseño de mezcla.....	157
6.7.2 Proceso de fabricación de bloques.....	161
6.7.3 Resistencia a la compresión de bloques.....	161
6.8 Comparación técnica de las propiedades de los bloques.....	164
6.9 Estudio económico de la fabricación de bloques.....	165
6.9.1 Análisis económico de unidades de bloques de concreto ligero	166
6.9.2 Análisis económico de unidades de bloque de concreto convencional	167

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.....	169
7.2 Recomendaciones.....	170

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS



**Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”**



CAPITULO I: GENERALIDADES



1.1 INTRODUCCION

La mampostería tiene sus orígenes en la historia misma de la humanidad. Basta recordar los capítulos bíblicos, por sólo mencionar una fuente, en la que se alude a la Torre de Babilonia o las construcciones egipcias de la historia de José, hechas con paja y arcilla. Sin embargo, la mampostería de concreto tiene un origen reciente cuando Frank Lloyd Wright realizó sus primeros experimentos produciendo unidades de concreto para dar plasticidad y diferentes texturas a los muros. Y si bien en principio el crear bloques de concreto tuvo un motivo estético, pronto se vieron las conveniencias de trabajar estas unidades para las construcciones económicas pues ofrecían una gran cantidad de ventajas.

En Nicaragua existen diversos tipos de sistemas constructivos, uno de los más usados es la mampostería reforzada y la mampostería confinada, siendo los bloques de concreto el sistema constructivo más utilizado en nuestro país para todo tipo de proyectos, los cuales deben poseer una buena calidad de tal manera que las construcciones sufran el menor daño posible ante fenómenos naturales, esto principalmente en la ciudad de Managua.

Cuando se piensa en mampostería de concreto inmediatamente viene a la mente el bloque de concreto gris macizo que guarda una gran semejanza de la antigua mampostería de piedra y arcilla, y cuya utilización se reduce a muros exteriores o interiores, lo cual casi siempre tiene un revestimiento o acabado. Sin embargo, la unidad o módulo ha evolucionado hasta alcanzar distintas dimensiones e incluso emplear otros materiales que permitan aligerar su peso.

Con el surgimiento de nuevas técnicas en lo que a este sistema constructivo se refiere, es necesario realizar un estudio que determine la factibilidad de aplicar materiales no convencionales en la construcción.



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



En el presente estudio se realiza un análisis de las propiedades físico – mecánicas de estos materiales no convencionales al utilizarse como alternativa de la arena para la fabricación de los bloques de concreto, nos referimos específicamente a las escorias volcánicas que despierta mayor interés de estudio, por encontrarse aledaños a zonas con mayor volumen de construcción y en cantidades suficientes en el país. Lo cual representa una ventaja si se compara con la arena que normalmente se emplea para la fabricación de bloques ya que ésta es extraída del cerro Motastepe, el cual es un recurso no renovable y ha sido explotado desde la década de los cincuenta y conforme pasa el tiempo el aprovechamiento de este banco ha incrementado. Lo que nos lleva a pensar que no es una fuente explotable por más de 25 años por ende es necesario buscar nuevas alternativas de materiales, como los agregados aligerados, en este caso el Hormigón rojo.

La escoria volcánica u hormigón rojo es un material granular poroso, que no es más que lava poco densa y porosa que lanza al exterior un volcán durante una erupción. Este material se encuentra en la Zona del Pacífico. Entre los bancos existentes, accesibles y cercanos a Managua tenemos el de Xiloa, el de la Pista Suburbana y un banco ubicado en la ciudad de Granada. Cuyos volúmenes explotables son aparentemente considerables y de acuerdo a estudios realizados anteriormente, el material que en ellos se encuentra puede poseer características y propiedades confiables para ser usado como material de construcción. Por estas razones seleccionamos estos bancos para realizar el estudio.

Este estudio también implica la comparación técnica – económica de los bloques convencionales con los bloques elaborados a base de hormigón rojo. Estableciendo la ventaja de emplear en la industria de la construcción este nuevo elemento.



1.2 ANTECEDENTES

Aun cuando el concreto ligero se ha hecho bastante conocido en los últimos años, no representa en ningún caso una nueva clase de material para la construcción. A fines del siglo XIX se utilizó en los Estados Unidos de Norteamérica, en Inglaterra y en muchos otros lugares, se empleó con agregado de escoria de hulla y con aire encapsulado. Su empleo no se limitó a viviendas y habitaciones populares de bajo costo, sino que también se utilizó en ciertas partes de edificios y monumentos, tales como el museo británico terminado en 1907.

También se sabe que los romanos usaron frecuentemente una forma de concreto ligero en sus construcciones: tal es el caso de la cúpula de 44 m, de diámetro del Panteón, en Roma, construida en el siglo II D.C. La cual se compone en gran parte de concreto colado “in- situ” a base de agregado de pómez, es decir, por medios naturales el aire ya estaba encapsulado.

A mediados de la década de los treinta, la escoria espumosa de los altos hornos se introdujo en Inglaterra, desde entonces se ha usado mucho como agregado de peso ligero. Antes de la última guerra mundial, el concreto a base de espuma se utilizaba en el Reino Unido, principalmente en la fabricación de bloques para muros que no fueran de carga, el concreto ligero se pudo utilizar también para elementos de carga. Con la experiencia obtenida posteriormente, el concreto de agregados ligeros ha sido utilizado más recientemente para elementos estructurales de concreto reforzado y en algunos casos para elementos de concreto pretensado.

Paralelamente al desarrollo del concreto de agregado de peso ligero se fue efectuando un proceso similar con el concreto aireado. Por primera vez se produjo el concreto aireado con bomba generadora de espuma en Suecia en 1929, y su



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



empleo durante los primeros años se destinó exclusivamente a la fabricación de bloques.

El uso más antiguo, y aún más común, de concreto ligero y de concreto aireado es de la forma de bloques de mampostería utilizados para la construcción de muros de carga y sin carga. Es así, como la mampostería estructural es quizás la forma más antigua en que el hombre resolvió cómo hacer portantes las construcciones que necesitaba para su subsistencia.

A pesar de que se han desarrollado nuevos materiales y elementos estructurales para atender diversas necesidades, la mampostería estructural se utiliza como principal alternativa portante para solucionar el problema de la vivienda en la región latinoamericana, donde a los sectores más desfavorecidos proporciona un medio para facilitar la autogestión.

El conocimiento del bloque data de más de cien años, tomando gran auge en Europa, fundamentalmente en la reconstrucción Post - Segunda Guerra Mundial, especialmente en Italia y España. En esos años, las pequeñas bloqueras manuales se veían por doquier. Con el correr del tiempo y el avance tecnológico se transformaron en grandes e importantes industrias bloqueras mucho más sofisticadas.

Mientras tanto, en Estados Unidos y Canadá ocurrió lo mismo, encontrándose en dichos lugares los mayores productores de Bloques con equipos de significativo desarrollo, donde se producen cantidades superiores a las 5.500 millones de unidades al año (datos al año 2,000).

No obstante, falta mucho por hacer, ya que todavía no se conocen edificios de altura con este tipo de construcción. Ya que a pesar de los grandes cambios efectuados en



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



la tecnología de fabricación antes mencionada en la faz productiva, los diseños estructurales y prestaciones ambientales no variaron notablemente.

En nuestro país, los bloques de concreto constituyen el material de construcción al que más importancia se le ha otorgado en los estudios, dado que la mayoría de las viviendas y otras construcciones son edificadas con el sistema de mampostería confinada y en menor grado con mampostería reforzada.

El uso del hormigón rojo como agregado de mortero o de concreto en Nicaragua ha sido muy escaso, por lo cual no existe una producción industrial masiva a pesar de que se han hecho algunos estudios preliminares de las propiedades del concreto aligerado de hormigón rojo.

Entre los estudios realizados se encuentran las monografías elaboradas por el Ingeniero José Alfonso Jerez (Uso de la Escoria Volcánica como agregado grueso para concreto) y las Ingenieras Leda Jarquin y Merly Tiffer (Uso de la Piedra Pómez y Hormigón rojo para la fabricación de elementos de mampostería).

Los mayores depósitos conocidos e investigados de materiales de peso ligero (Hormigón rojo), están situados entre los departamentos de Chinandega, León y Masaya, aunque por ser nuestro país un área de vulcanismo activo estos se encuentran en cortes naturales y caminos de toda la faja del pacífico Nicaragüense.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General:

Emplear el hormigón rojo como único agregado en la fabricación de bloques de concreto de peso ligero. Y demostrar de forma experimental la factibilidad técnico-económica de la elaboración de estas unidades de mampostería a base de hormigón rojo y compararlas con las características técnico – económica de los bloques convencionales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físico – mecánicas del hormigón rojo, de acuerdo con los métodos y normas de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (**A.S.T.M.**) y compararlas con las especificaciones que se exige para este tipo de agregado.
- Proponer al menos 4 diseños de mezclas de mortero, con el propósito de seleccionar la mezcla que genere condiciones óptimas y que cumpla con el Reglamento Nacional de la Construcción.
- Determinar la resistencia a la compresión y el porcentaje de absorción de las unidades de mampostería fabricadas con hormigón rojo para verificar su cumplimiento con la normativa.
- Comparar la calidad y costo de las unidades de bloques ligeros con respecto al convencional y de esta manera determinar la factibilidad del nuevo producto.



1.4 LIMITACIONES

Realizar un trabajo investigativo supone de una serie de actividades, las cuales son fundamentales y necesarias ejecutarlas en tiempo y forma, para lo cual se elabora un cronograma de trabajo, en el cual se proyecta el tiempo necesario para ejecutar cada una de estas actividades y concluir las de manera exitosa, sin embargo no se toman en cuenta los diferentes problemas o inconvenientes que surjan y que interfieran en el tiempo estipulado para finalizar la investigación. A medida que desarrollamos nuestro tema investigativo se presentaron una serie de limitaciones de diferentes índoles, dentro de las cuales se pueden hacer mención:

- Al momento de dar inicio a la etapa de recopilación de información el tropiezo que se nos presentó fue que no existe la bibliografía suficiente y necesaria o investigaciones referentes al tema en desarrollo.
- El acceso a los bancos de Hormigón Rojo no representó un problema a gran escala pero si se presentaron dificultades al momento de muestrear, ya que no contábamos con la maquinaria adecuada para la explotación del mismo, por lo tanto se realizó de manera manual, lo cual constituyó un riesgo para el muestreador.
- Algunas pruebas de laboratorio requieren de 28 días para obtener resultados, tal es el caso del ensayo de resistencia a la compresión tanto de morteros como de bloques, lo que implicó un tiempo de espera para la obtención de resultados que nos permitirían avanzar a la siguiente etapa de la investigación



CAPITULO II: DEFINICIONES



2.1 CONCRETO

2.1.1 DEFINICION

El concreto es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra triturada y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales. Es un material de construcción muy popular que, gracias a la plasticidad de su forma líquida y la resistencia de su forma sólida, resulta ser el material ideal para el trabajo en exteriores.

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados como se mencionó anteriormente. En el caso de los agregados, es decir, la grava y la arena constituyen el esqueleto, mientras que la pasta que se forma con el cemento, que fragua primero y endurece después, rellena los huecos uniendo y consolidando los granos de los áridos. La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado. A esta mezcla eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo con el objetivo de mejorar algunas de sus propiedades. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

Gracias a este procedimiento, el concreto se transforma en una masa inicialmente plástica que puede ser moldeada con facilidad, sin embargo, gradualmente pierde esta característica, ya que al cabo de unas horas, el concreto se endurece, es decir, se torna en una masa rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para



convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

El concreto al igual que todos los materiales de construcción, deben de cumplir con ciertos requisitos y/o propiedades. Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Estas características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, de ello depende el éxito de cualquier tipo de construcción. Las propiedades principales del concreto son: **Resistencia, Trabajabilidad y Durabilidad.**

2.1.2 RESISTENCIA

Las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²). Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad, se le designa con el símbolo $f'c$.

La resistencia a la compresión se mide fracturando especímenes de concreto o mortero en una máquina de ensayos de compresión y se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste la carga.



Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean para estimar la calidad y/o aceptación del concreto o simplemente determinar la resistencia del concreto para comprobar que la mezcla utilizada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada por la norma.

La mezcla de concreto se diseña para producir una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de tal manera que se pueda minimizar el riesgo de no cumplir la especificación de la resistencia.

La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión, también llamada módulo de ruptura, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

La resistencia a la torsión para el concreto está relacionada con el módulo de ruptura y con las dimensiones del elemento de concreto.

La resistencia al cortante del concreto puede variar desde el 35% al 80% de la resistencia a compresión. La correlación existe entre la resistencia a la compresión y resistencia a flexión, tensión, torsión, y cortante, de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre.

El módulo de elasticidad, denotando por medio del símbolo E , se puede definir como la relación del esfuerzo normal y la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite de proporcionalidad



de un material. Para concretos de peso normal, E fluctúa entre 140,600 y 422,000 kg/cm², y se puede aproximar como 15,100 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua – Cemento y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

Existe una teoría del Dr. Duff Abrams en cuanto a la resistencia del concreto que dice: “para materiales dados y condiciones de manipuleo semejantes, la resistencia del concreto queda fijada por la relación agua – cemento. Siempre que se obtengan mezclas rápidas manejables”. El Dr. Abrams mediante un gran número de pruebas, demostró que la resistencia del concreto depende de la relación agua – cemento, y que la trabajabilidad de los mismos es función del módulo de finura de los agregados. De sus experiencias concluyo que: mezclas de materiales inertes de igual módulo de finura y relación agua cemento constante, se obtenían concretos de igual resistencia y misma trabajabilidad.

Se puede concluir entonces, que para conservar constante la resistencia de un concreto, basta con mantener uniforme su relación agua – cemento. Así mismo o disminuyendo la cantidad agua – cemento (conservando su relación), obtendremos concretos de igual resistencia con diferentes fluideces.

Las relaciones Edad – Resistencia a compresión; cuando se requiera de valores más precisos para el concreto se deberán desarrollar curvas para los materiales específicos y para las proporciones de mezclado que se utilicen en el trabajo.



2.1.3 TRABAJABILIDAD

Es la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manipular una cantidad mezclada de concreto fresco con una pérdida mínima de homogeneidad. (A.S.T.M. - 125).

Una mezcla trabajable es aquella que puede colocarse sin dificultad y que con los métodos de compactación disponibles permite obtener concretos densos. Al mismo tiempo la mezcla debe tener suficiente mortero para envolver completamente la piedra y las armaduras y obtener superficies lisas sin porosidades ni nidos de piedra. En otras palabras, debe llenar completamente los huecos entre las piedras y asegurar una mezcla plástica y uniforme.

Una mezcla trabajable para un tipo de elemento puede ser muy dura para otro. Por ello el concreto que se coloca en elementos delgados o con mucha armadura debe ser más plástico que el de construcción masiva.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos – Cemento, arena y piedra dentro de la masa.

Un sangrado excesivo aumenta la relación Agua - Cemento cerca de la superficie superior, pudiendo dar como resultado una capa superior débil de baja durabilidad, particularmente si se lleva a cabo las operaciones de acabado mientras está presente el agua de sangrado. Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y sangrar, es importante transportar y colocar cada carga lo más cerca posible de su posición final.



El aire incluido mejora la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y sangrar.

2.1.4 DURABILIDAD

La durabilidad del concreto es la característica más importante a largo plazo. La ACI define la durabilidad del concreto como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto. Por lo tanto la durabilidad no es un concepto absoluto que dependa solo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo a las cuales lo sometamos.

En este sentido, no existe un concreto “durable” por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y mecánicas que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias no necesariamente lo habilitan para seguir siendo “durable” bajo condiciones diferentes.

También se ha dicho que durabilidad significa conservar los niveles requeridos de servicio, es decir, mantener la calidad en el tiempo de vida útil. En la construcción actual, debido a la rápida obsolescencia técnica de las estructuras, el lapso de su permanencia se reduce y, por lo tanto, el ámbito temporal de la durabilidad.

La industria ha comenzado a adoptar un enfoque más integral, haciendo hincapié en el costo del ciclo de vida de la estructura. Por lo tanto la durabilidad del concreto se considera ahora tan importante como las propiedades mecánicas y el costo inicial.



Se estima que, en los países desarrollados, alrededor del 40 % de los recursos totales de una construcción se aplican a la reparación y mantenimiento y sólo el 60 % para la ejecución de la nueva construcción.

Independiente de las repercusiones socio-económicas de la durabilidad, también hay una relación clara entre la durabilidad y el medio ambiente. Al ampliar el ciclo de vida de los materiales de construcción, conservamos los valiosos recursos naturales.

2.1.5 CURADO

El curado, según el ACI 308 R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

El curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorios en el concreto durante un periodo definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas. Nunca se exagerará al enfatizar la necesidad de un curado adecuado, ya que quizás esta operación es la más importante para conservar la resistencia prefijada en el concreto dosificado, o quizás para incrementarla.

Al mezclar cemento con agua, se lleva a cabo la reacción química denominada hidratación. El grado hasta el cual esta reacción se llegue a completar, influye en la resistencia, la durabilidad y en la densidad del concreto.

El cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse (en promedio 25% de la masa de cemento), sin embargo para garantizar, en toda la masa de concreto, disponibilidad de agua de hidratación para el cemento es conveniente



contar con una cantidad mayor, ya que la hidratación sólo es posible en un espacio saturado. Esto no es un inconveniente ya que aún un concreto de baja relación agua/cemento, por ejemplo 0,45, tiene un 80% de agua por encima de lo requerido por el cemento para hidratarse, sin embargo la prematura desecación del concreto puede reducir el agua en la mezcla, especialmente en elementos laminares, a niveles donde la hidratación será incompleta.

En la medida en que haya suficiente agua, el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

Para lograr la hidratación del cemento y que el concreto fragüe y endurezca, es necesario que la temperatura de la mezcla supere los 5°C, requerimiento que no es difícil de lograr en nuestro medio.

Así como con bajas temperaturas los procesos de hidratación, endurecimiento y ganancia de resistencia se ven retardados, en climas cálidos estos procesos se aceleran. Mientras una mezcla curada a bajas temperaturas puede alcanzar a los 28 días una resistencia igual o mayor que la de diseño, en climas cálidos se genera un rápido desarrollo de resistencia inicial pero, si el proceso de curado es inadecuado o insuficiente, es probable que no se alcance la resistencia potencial del concreto.

En sentido práctico curar el concreto es garantizar las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle su resistencia potencial (compresión y flexión), se reduzca la porosidad de la pasta, en especial en el recubrimiento de concreto sobre las armaduras, haciendo que el ingreso de humedad y agresivos hacia el interior del elemento de concreto



endurecido se vea disminuido garantizando, así, que la estructura cumpla con la vida útil de diseño requerida por el propietario.

En consecuencia es necesario curar el concreto, regando agua sobre su superficie, cuando existan las condiciones suficientes para considerar que el concreto, por sí solo, no tendrá suficiente agua para desarrollar sus propiedades o, aunque es suficiente, una buena parte se evaporará de la mezcla debido a la incidencia de factores externos que actúan sobre la superficie libre del elemento.

Un adecuado y oportuno método de curado trae tantos y tan variados beneficios a una estructura de concreto, y puede ser tan sencillo de implementar, que no hacerlo es simplemente desperdiciar sus bondades. El curado no sólo influye en la resistencia final del concreto, sino que disminuye la permeabilidad y mejora la resistencia de la piel de concreto al ingreso de gases (CO₂, Oxígeno), elementos necesarios, unos para despasivar el refuerzo y los otros para causar corrosión.

Según el ACI 308: “ Las medidas de curado se deben poner en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas. El curado debe prolongarse hasta que el secado de la superficie del concreto no afecte la mezcla y hasta que la hidratación del cementante haya progresado de tal manera que las propiedades deseadas para el concreto ya se han obtenido, o hasta que sea claro que las propiedades deseadas se seguirán desarrollando por sí mismas.”

- **Mecánica del curado:**

Desde que los componentes se unen mediante el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades definitivas, el concreto pasa por varias fases o etapas bien marcadas las cuales permiten diferenciar también los requerimientos



de curado para cada una de ellas. Puede ser necesario, entonces, implementar los cuidados para evitar la evaporación prematura del agua de la mezcla desde el mismo momento de su transporte al sitio de colocación, durante la misma y continuarlos durante el fraguado y el desarrollo de resistencia. Para cada una de estas etapas puede ser necesario implementar medidas de curado distintas.

Vale la pena citar aquí los diferentes métodos de curado existentes: Básicamente existen dos sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto.

- **Aplicación continua o frecuente de agua**

Dentro del sistema se contemplan varios procedimientos:

Por inmersión: Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.

Mediante el empleo de rociadores aspersores: Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente. Con esto se hace referencia a que no se debe permitir que el concreto se seque entre humedecimientos, pues ciclos alternativos de humedecimientos y secado no son una práctica aceptable de curado. El agua para curado del concreto debe estar libre de contaminantes. El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede fisurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11°C a la temperatura de la masa del concreto.



Curado con arena, tierra o aserrín: Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se cuenta con vientos fuertes. Presentan el inconveniente de que pueden manchar el concreto o deteriorarlo como sucede con el aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico.

- **Uso de materiales sellantes o de compuestos curadores líquidos para evitar la evaporación.**

Película de plástico: Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido. El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del concreto a bajas temperaturas o acelerar “gratis” resistencias aprovechando la radiación solar.

Los plásticos deben ser puestos en contacto directo con la superficie de concreto tan pronto como sea posible sin estropear la superficie. Los bordes de las láminas deben solaparse, fijarse con una cinta adhesiva y tener contrapesos para evitar que el viento se introduzca por debajo del plástico.

Papel impermeable: este papel consiste generalmente en dos capas de papel kraft cementadas, juntas y reforzadas con fibra. Este papel deberá estar conforme a la **A.S.T.M. C - 171**. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura para que sobresalga de las mismas; además; se hace necesario colocar en los bordes materiales pesados (arena, tablas, etc.) para evitar que el viento lo desplace.



- **Secuencia del curado y duración de las diferentes etapas**

El ACI 308 R hace referencia a que, debido a las fases por las cuales atraviesa el concreto desde su confección hasta que alcanza las propiedades de diseño, deben diferenciarse tres tipos diferentes de acciones de curado en el tiempo, las cuales se aplicarán en conjunto o selectivamente a una estructura dependiendo de las condiciones específicas del trabajo. Estas tres acciones de curado son:

Curado inicial: procedimiento implementado una vez el afinado o acabado del elemento se ha terminado y que tiene por finalidad evitar la pérdida de humedad de la superficie. El curado inicial es aplicable a mezclas con muy poca exudación o que no exuden, o en el caso de ambientes que promuevan una gran evaporación del agua de la superficie del concreto, o cuando se da una combinación de estas dos circunstancias, el secado de la superficie (apariencia mate) puede empezar antes de que el concreto presente fraguado inicial y antes de que el afinado se haya completado. Se hace necesario entonces impedir aquí la pérdida de humedad del concreto mediante la aplicación de una niebla húmeda (aumenta la humedad relativa y disminuye la tasa de evaporación), la aplicación de retardadores de evaporación y el uso de elementos que modifiquen las condiciones climáticas en el sitio, tales como: sombra, barreras de viento y cerramientos.

Curado intermedio: procedimiento de curado a implementar cuando el afinado del concreto se termina pero aún no se ha presentado fraguado final. Durante este período puede ser necesario disminuir la evaporación, pero el concreto no está aún en condiciones de recibir la aplicación directa de agua, ni de soportar el daño mecánico producido durante la instalación de cubiertas plásticas, lonas, papel impermeable o algún otro material de protección. En estas condiciones la aplicación de membranas de curado, rociando un compuesto curador con



fumigadora, es de gran utilidad para impedir la evaporación, mientras el concreto fragua y permite realizar medidas de curado complementarias.

Curado final: Medidas de curado que se llevan a cabo concluido el afinado del concreto, una vez éste ya ha presentado fraguado final y ha comenzado el desarrollo de resistencia.

Desde hace ya varias décadas se aconsejaba que a un concreto de resistencia normal (21 a 35 Mpa a 28 días) se le diera un tiempo mínimo de curado 7 días. En cierta forma esto coincide con la especificación actual que dice que un concreto de resistencia normal debe curarse hasta que complete el 70% de la resistencia a compresión especificada.

2.1.6 CONSISTENCIA

Es el grado de plasticidad del concreto fresco o mortero para fluir o bien el grado de facilidad que presenta en deformarse. La forma más usual de medirlo es el revenimiento para el concreto, flujo o lechada para el mortero y resistencia a la penetración para la pasta de cemento. Los factores más importantes que producen esta deformación son la cantidad de agua de amasado, la granulometría y la forma y tamaño de sus áridos.

Entre los factores anteriores, se puede decir que el de mayor relevancia es el agua puesto que actúa como lubricante entre los distintos componentes del concreto; además la cantidad de agua que se une en el concreto, debe ser la mínima necesaria para obtener una consistencia tal que el concreto pueda colocarse fácilmente en la posición que se requiera y cuando sea sometida a la vibración adecuada, fluya alrededor del acero de refuerzo y de esa manera llenar huecos del encofrado. No se permitirá la adición de agua para contrarrestar el endurecimiento del concreto que hubiera podido presentarse antes de su



colocación. La consistencia del concreto será determinada por medio de ensayos de asentamiento y de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma **A.S.T.M. – C143**.

Generalmente se usa el revenimiento, el cual es una prueba de laboratorio que indica el nivel de consistencia o capacidad de flujo del concreto. A menor revenimiento (el mínimo es revenimiento cero) menor capacidad de flujo. Revenimientos cercanos al máximo valor de 30 cms, indican concretos muy aguados o muy fluidos.

Un punto muy importante con respecto a los agregados, es que para la misma consistencia, cuanto mayor sea el tamaño de los áridos y más redondeada sea su forma, se necesitara menos cantidad de agua porque los distintos elementos solidos rodaran fácilmente y será menor la superficie a lubricar.

Pérdida de revenimiento, es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto, sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos estos son aspectos que configuran las condiciones de trabajo de obra.

La consistencia líquida no debe de emplearse nunca; la fluida y blanda, cuando el sistema de compactado sea el picado, la plástica y seca, cuando se vibre el concreto. En la selección influye también, el tamaño y forma de los encofrados.



La consistencia podrá ser más seca cuanto más grande y regulares sean los agregados y más enérgicos sea el sistema de compactación, pues así podrán alcanzar los rincones con mayor facilidad, pese a la sequedad de la masa.

Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de revenimiento también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento. La eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de revenimiento del concreto en el lapso inmediato posterior al mezclado, es como se indica:

- Las mezclas de consistencia más fluidas tienden a perder el revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
- El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
- El uso de algunos aditivos reductores de agua y súper-fluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos.
- El empleo de cementos portland – puzolana cuyo componente puzolánico es de naturaleza porosa y se muele muy finamente, puede acelerar notablemente la pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un desecamiento prematuro provocado por la avidéz de agua de la puzolana.



En relación con estos dos últimos factores, lo conveniente es verificar oportunamente que exista compatibilidad entre el aditivo y el cemento de uso previsto y, en el caso del cemento portland – puzolana, realizar pruebas comparativas de pérdida de revenimiento con un cemento portland simple de uso alternativo.

Es importante no confundir la pérdida normal de revenimiento que toda mezcla de concreto exhibe en la primera media hora subsecuente al mezclado, con la rápida rigidización que se produce en pocos minutos como consecuencia del fenómeno de falso fraguado en el cemento. Para evitar esto último, es recomendable seleccionar un cemento que en pruebas de laboratorio demuestre la inexistencia de falso fraguado, o bien especificar al fabricante el requisito opcional de que el cemento no presente falso fraguado.

2.1.7 ECONOMIA

La economía es la segunda cualidad que se le pide al concreto; como todos sus componentes el cemento es el más caro, se dosifican los demás de tal modo que, alcanzándose la resistencia pedida se emplee de éste la cantidad mínima posible.

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento es el factor más importante para reducir el costo del concreto siempre y cuando se conserven la resistencia, durabilidad y propiedades requeridas.



2.2 CONCRETO LIGERO

2.2.1 INTRODUCCION

El concreto ligero tiene características propias; por un medio espumoso adicionado a la mezcla se ha hecho más ligero que el concreto convencional de cemento, arena y grava, que por tanto tiempo ha sido el material empleado en las construcciones. Esto, sin embargo, es más bien una descripción cualitativa en vez de una definición. Asimismo, se ha sugerido definirlo como un concreto hecho con base en agregados de peso ligero.

En vista de la dificultad para definirlo, el concreto ligero fue conocido durante muchos años como un concreto cuya densidad superficialmente seca no es mayor a $1,800 \text{ kg/m}^3$. Los concretos ligeros son concretos de densidades menores a las de los concretos normales hechos con agregados comunes. La disminución de la densidad de estos concretos se produce por una presencia de vacíos en el agregado, en el mortero o entre las partículas de agregado grueso. Esta presencia de vacíos ocasiona la disminución de la resistencia del concreto, por lo que muchas veces la resistencia no es la condición predominante para los concretos, y en otros casos se compensa.

El concreto ligero se ha utilizado por más de 50 años. Su resistencia es proporcional a su peso, y su resistencia al desgaste por la acción atmosférica es casi como la del concreto ordinario. El concreto ligero ha sido usado donde la carga muerta es un factor importante y el concreto de peso normal es muy pesado para ser práctico sobre todo en la construcción de losas de entrepiso y azoteas, ya que estas están diseñadas para soportar las cargas vivas (personas y mobiliario), dichas cargas se transmiten a las trabes, estas a las columnas y finalmente a la cimentación y al terreno.



Es un material apropiado para la construcción de puentes de trabe cajón. Debido a que las propiedades físicas de los agregados normales y ligeros son diferentes, sus factores de diseño también varían. Sin embargo, los procedimientos de diseño son idénticos.

El concreto ligero ha sido particularmente útil en estructuras de varios niveles, donde se requieren peraltes mínimos y la ubicación para las columnas está limitada, y en puentes muy altos donde la carga muerta de la superestructura requiere columnas y estribos excesivamente grandes para resistir las fuerzas sísmicas. El peso reducido del concreto minimiza la cantidad de acero de refuerzo en la superestructura y concreto y acero de refuerzo en la subestructura al grado de que el ahorro en los materiales pueda contrarrestar ligeramente el elevado costo de los agregados ligeros.

El concreto ha sido utilizado para cubierta de puentes, columnas y vigas, losas y elementos de muros en edificios de acero, estructuras para parqueos, muros de inclinación hacia arriba, losas de cubierta y losas compuestas en cubiertas metálicas.

2.2.2 TIPOS DE CONCRETO LIGERO

Podemos considerar la clasificación de tres tipos de concretos ligeros, estos son los siguientes:

1. Omitiendo los finos y gravas de diámetros pequeños con lo cual se logra el llamado **concreto sin finos**.
2. Sustituyendo los agregados de gravas, piedras trituradas por agregados con estructura celular o porosa, los cuales incluyen el aire de la mezcla, se logra el **concreto con finos de peso ligero**.



3. Haciendo que se produzcan burbujas de aire en una lechada de cemento, de manera que, al fraguar ésta, quede con una estructura celular esponjosa llamada **Concreto aireado**.

2.2.2.1 CONCRETO SIN FINOS

El término concreto sin finos generalmente se refiere a un concreto común de cemento y agregados gruesos solamente donde el agregado fino se reduce grandemente o incluso se remueve totalmente y el producto que se forma de esa manera contiene un gran volumen de huecos de aire uniformemente distribuidos en su masa.

Las partículas de agregado se cubren con una pasta delgada de cemento y están en contacto punto a punto, lo cual proporciona la resistencia. La gran interconexión entre los vacíos le proporciona una baja densidad comparada con la del concreto convencional. La estructura del concreto sin finos lo hace un material ideal para su aplicación en capas y pisos en los que se requiere drenado. El concreto sin finos no es recomendable en drenajes donde el agua es agresiva para el concreto.

El agregado grueso debe ser preferentemente un material de un solo tamaño (siendo los más comunes los tamaños máximos nominales de 10 y 20 mm). Sin embargo, se ha encontrado que los agregados combinados (de 10 y 7 mm, y de 20 y 14 mm) se comportan satisfactoriamente. Debido a que se caracteriza por vacíos uniformemente distribuidos, no es conveniente para la construcción con concreto reforzado o preforzado.

Generalmente, la relación cemento – agregado por volumen está en el rango de 1:6 a 1:8. Las mezclas más delgadas —las de 1:8 a 1:10— reducen la probabilidad de que los poros sean bloqueados por la pasta de cemento. De esta manera, para capas de drenaje en donde puede tolerarse una menor resistencia,



es preferible 1:10. La relación agua/cemento necesita mantenerse baja —por ejemplo 0.4–0.5— para asegurar que la pasta de cemento cubra con una capa los agregados y que tenga lugar la segregación.

La rapidez de la construcción por secado del concreto sin finos es bastante mayor que la del concreto común. Se ha demostrado que en un concreto sin finos el 80% del movimiento de contracción total ocurre en los primeros cien días, mientras que el concreto común durante el mismo periodo se produce solamente el 60% de la contracción final.

Los requisitos para el diseño de la mezcla del concreto sin finos principalmente usado para muros exteriores e interiores de carga o solamente divisorios, en casas y edificios deben hacer que el concreto a los 28 días tenga una resistencia al aplastamiento por lo menos de 28 Kg/ cm² y además, al quedar colocado en el muro conserve sus grandes vacíos y no se segregue formando capas de lechadas (natas) o películas de cemento.

El concreto ligero ha sido utilizado en canchas de tenis, pavimentos, lotes para estacionamientos, invernaderos, estructuras de drenaje. El concreto excluido de finos también se ha empleado en edificios debido a sus propiedades de aislamiento térmico.

2.2.2.2 CONCRETO CON FINOS DE PESO LIGERO

Este concreto es elaborado solamente con material que pasa la malla N° 4 (4.76mm) o sea es la adición de cemento, arena y agua excluyendo los granos mayores de 4.76 mm.

El uso de concreto corresponde a secciones delgada donde el concreto con gruesos dejaría muchos espacios vacíos (ratoneras).



Por características propias este tipo de concreto es muy trabajable pero un poco más denso que el concreto con gruesos, este concreto está condicionado de un 5% a un 7% con respecto al concreto con finos.

La rapidez de contracción por secado del concreto con finos es mucho menor que la del concreto sin finos.

2.2.2.3 CONCRETO AIREADO

El concreto aireado es un material celular de peso ligero. Es diferente a otros concretos en cuanto a que normalmente no contiene agregados gruesos; puede considerárseles como un mortero aireado.

Típicamente el concreto aireado se crea incluyendo una multitud de micro burbujas en una lechada de cemento y arena fina, y permitiéndosele que fragüe en estas condiciones. Esto se logra mezclando el Agente Químico Espumador con agua, y generando espuma con la dilución, generalmente utilizando aire comprimido.

Esta estructura es muy importante para determinar las propiedades físicas del material: bajo peso, conductividad térmica, resistencia al fuego, a la compresión y a la congelación. Las propiedades físicas del concreto aireado están íntimamente relacionadas con su densidad, la cual puede, en consecuencia, ser la referencia básica para los criterios de diseño.

Para lograr resultados óptimos, se requiere de un aireador. La espuma se mezcla entonces con la lechada de arena/cemento/agua. Se comporta igual que el concreto denso pesado ordinario en la mayoría de los aspectos, tales como el curado.



El concreto aireado presenta distintos tipos que se diferencian según el método empleado para formar las células. En Europa, los términos “concreto gas” y “concreto espuma” distinguen la forma de su fabricación.

El primero consiste en que por medio de una reacción química, se puede generar un gas dentro de la mezcla cuando ésta se encuentra todavía en estado plástico; y el segundo en que se puede producir burbujas de aire mezclando el concreto con una espuma estable, o bien incluyendo partículas de aire por medio de un agente inclusor de aire.

Así, a la mezcla se le pueden combinar diversos elementos para provocar una expansión de volumen: espuma estable previamente preparada que se adiciona a la mezcla durante el proceso de mezclado, agentes generadores de hidrógeno, peróxido o polvo blanqueador, o polvo de aluminio que reacciona con las sustancias alcalinas de los componentes de la mezcla.

Los materiales empleados para fabricar el concreto celular son básicamente los mismos que se utilizan para el concreto tradicional, excepto los agregados de cuarzo y los agentes químicos que producen las células de aire. El concreto aireado es una modificación del concreto normal y la diferencia entre ambos está en su densidad y no en su calidad.

El concreto aireado se utiliza en dos presentaciones:

- **Pre-colado:** en paneles para muros, losas de entrepiso y azoteas, y bloques de construcción, los cuales son usualmente curados con vapor a alta presión (auto clave).
- **Colado en sitio:** para elementos estructurales y rellenos, es usado para plantillas aislantes en azoteas, revestimiento de tuberías y otros usos en los cuales se tiene como objetivo principal el de lograr una baja



conductividad térmica y no una alta resistencia ni una baja contracción por secado, este es curado por aspersión o vapor.

En cualquiera de las presentaciones su peso varía de acuerdo con el estado en que se encuentre: en estado plástico, en estado fraguado y secado en horno. El rango de densidad será de acuerdo con las características mencionadas, el cual fluctúa entre 200 y 1,900 kg. /m³.

Desde hace varios años, el concreto aireado ha sido un material de construcción común e idóneo en ciertas regiones climáticas del planeta. Actualmente, es fácil encontrarlo en edificaciones de Noruega, Países Bajos, Suecia, Gran Bretaña, Alemania, Francia, Estados Unidos, Canadá y países de América del Sur y del Sudeste Asiático. Se utiliza especialmente en aquellas regiones cuyo clima es templado, semifrío o extremoso tanto en invierno como en verano. Su empleo en estos climas ha sido un ejemplo de adecuación de la vivienda al entorno, al aprovechar las propiedades térmicas del material que permiten no cambiar el clima interior a pesar de las variaciones diarias y estacionales de los elementos meteorológicos.

Las limitaciones para el empleo del concreto aireado están únicamente en nuestra imaginación, es tan grande su versatilidad que permite a los elementos con él elaborados adaptarse a una gran variedad de formas, diseños y sistemas estructurales.

El concreto aireado se está utilizando hoy en día tanto en los países “sub-desarrollados” como en los países con alto nivel de construcción y tecnología en la Ingeniería civil donde frecuentemente compite con materiales ya tradicionales en el medio, desde hace mucho tiempo y con un gran mérito desde el punto de vista técnico.



2.2.3 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO LIGERO

La característica más evidente del concreto ligero es, por supuesto, su densidad, la cual es siempre considerablemente menor que la del concreto de peso normal. Lo que conlleva a transportar más unidades que las de peso normal, limitando que los vehículos de acarreo no sean expuestos a sobrepeso. Además de una reducción de las cargas muertas de diseño de los elementos estructurales haciendo que las transmisiones de esfuerzo de un edificio con respecto a los cimientos sean mínimos.

Una característica menos clara pero no menos importante del concreto ligero es la conductividad térmica relativamente que posee propiedades que mejoran conforme se reduce su densidad. Esto permitiría que el ambiente fuera más fresco dentro de las habitaciones.

2.2.4 PROPIEDADES, VENTAJAS Y DESVANTAJAS DEL CONCRETO LIGERO

2.2.4.1 PROPIEDADES

Una de las principales propiedades del concreto ligero sin lugar a duda es su bajo peso por unidad de volumen con respecto al del concreto de peso normal ya que en comparación el peso volumétrico del concreto normal es de 2000 – 2400 kg/m³, y el peso volumétrico del concreto aligerado alcanza valores menores de 1800 kg/m³, y cuando se le adiciona algún aditivo espumante ese mismo peso volumétrico varía con la cantidad espumante adicionada hasta obtener valores de pesos volumétricos de hasta 600 kg/m³.

Otras de las propiedades importantes es su excelente aislamiento térmico, ya que su propiedad es inversamente proporcional a la del concreto de peso



normal, es decir que a menores pesos volumétricos obtenidos, mayor aislamiento térmico.

Por otras investigaciones realizadas se sabe que el concreto aligerado absorbe en buena parte los sonidos y se reducen las vibraciones producidas en el exterior de construcciones aligeradas.

Todos los agregados ligeros producen concretos totalmente diferentes entre sí por lo que se requiere un cuidadoso control. Las propiedades del concreto además se ven afectadas por la granulometría del agregado, el contenido de cemento y la relación agua/cemento. Los agregados ligeros tienen mayor y más rápida absorción de agua. Las mezclas son más ásperas, lo cual se puede disminuir con la inclusión de aire, reduciendo el requerimiento de agua. La trabajabilidad disminuye si se usan tanto agregados finos de peso ligero como agregados gruesos de peso ligero por lo que se recomienda usar agregados finos de peso normal y agregados gruesos de peso ligero (Concreto semiligero).

2.2.4.2 VENTAJAS

Las principales ventajas con el empleo de concretos ligeros inician desde la cimbra que está sometida a presiones menores que se registran con el concreto de peso normal, así como en la disminución de las dimensiones y por lo tanto el costo de las cimentaciones y de la estructura en general.

Otra de las ventajas de tener materiales con baja densidad es el gran rendimiento en las normas horarias de producción ya que a menor peso genera mayor rapidez de colocación y construcción. Se ha demostrado experimentalmente y prácticamente en la Industria, que utilizando concreto ligero en las construcciones se logran mejores tiempos de ejecución en las obras que si se utilizara materiales tradicionales; por ello muchos constructores en la



actualidad están dispuestos a pagar considerablemente más por unidades de concreto ligero que por los ladrillos ordinarios para ejecutar una misma área de muro.

También genera menores costos de transportes y acarreos pues al tener menor peso hay mayor eficiencia de acarreo de los mismos.

Por lo general estos concretos ofrecen un mejor aislamiento termo - acústico que los concretos de peso normal o pesado. Obteniendo viviendas más frescas en sus ambientes pues es de suponer que por ser buen aislante y porque nuestro país es de clima tropical, haría que las viviendas construidas con concreto aligerado fuesen más frescas en su interior.

2.2.4.3 DESVENTAJAS

Sus desventajas incluyen un mayor costo (30 a 50 por ciento); la necesidad de más cuidado en la colocación; la mayor porosidad y su mayor contracción por secado.

Otra de las desventajas que presenta el concreto aligerado es su baja obtención en resultados al esfuerzo de compresión con respecto a resultados en el concreto de peso normal el cual supera los 3000 lbs/pulg² (210Kg/cm²).

Algunas investigaciones aseguran que se podría alcanzar buenas y aceptables resistencias en el concreto fabricado con materiales de peso ligero siempre y cuando se elija el método de trabajo adecuado en el laboratorio y se escojan las especificaciones que se adaptarán a las circunstancias de los materiales aligerados.



2.3 MORTEROS

2.3.1 INTRODUCCION

En la Ingeniería Civil, y en lo que a materiales de construcción concierne, se ha dado a lo largo de las últimas décadas un importante desarrollo de la tecnología del concreto, toda vez que éste ha sido un material que ha permitido un invaluable avance de las técnicas constructivas gracias a los niveles de resistencias alcanzados, y a que dicho material ha mostrado que siendo trabajado bajo condiciones técnicas adecuadamente controladas, es un material de gran durabilidad. El mortero, por su parte, aun cuando se le podría considerar como una clase especial de concreto, que sólo contiene agregados finos, pero que en sus componentes es básicamente igual a aquel, no ha experimentado el mismo grado de desarrollo práctico, o por lo menos ha sido considerado injustamente como de 'clase inferior', a pesar de su indiscutible utilidad y de su universalidad de usos en las obras. Es entonces el propósito del siguiente capítulo, recopilar una serie de informaciones básicas sobre los morteros, a fin de resaltar aquellos aspectos que merecen mayor atención.

2.3.2 ANTECEDENTES

La perfección del mortero o cemento de los antiguos ha pasado a proverbio. Los egipcios no lo empleaban en la construcción de los grandes edificios de piedra. Sin embargo, como observó Champolion Figeac, entre los bloques calizos del revestimiento de la Gran Pirámide se utilizó una especie de mortero, posiblemente para facilitar su deslizamiento y óptimo ajuste al colocarlos.

Existen muchos ejemplos que acreditan el uso que hacían de ellos los antiguos, del yeso, la cal, los betunes, etc. Los griegos y los etruscos conocían asimismo su uso. Se habla de un depósito para agua en Esparta construido con guijarros y argamasa, y las grutas sepulcrales de Tarquinio están embarradas de un estuco



pintado. La necesidad habría hecho adaptar el uso del mortero y de los cementos a todos los pueblos.

Cronológicamente pueden diferenciarse varias etapas en la fabricación de mampostería con distintas clases de mortero, así:

- Primeras construcciones de mampostería elaboradas con piedras y mortero de barro.
- Utilización de morteros de arcilla.
- Descubrimiento de la cal apagada hecha a partir de la cal viva para la elaboración de morteros.
- Morteros de cal y arena usados en mampostería poco antes de la aparición del cemento Portland a mediados del siglo XIX; son morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de excelente resistencia a compresión y de fraguado rápido.
- Morteros modernos de mampostería elaborados con cal, arena y cemento Portland, beneficiándose de las propiedades de cada uno de esos componentes.

2.3.3 DEFINICIÓN

Se define como mortero a un producto plástico que usamos en la obra de albañilería el cual se obtiene por la mezcla de uno o varios aglomerantes que será cemento, o una combinación de cal y cemento (en ningún caso se usará la cal sola como aglutinante.), arenas (que cumplan con las especificaciones indicadas), agua (la cual tiene que ser potable, para hidratación del aglutinante y para darle al mortero plasticidad) y eventualmente algún aditivo.

Cada proporción en el mortero desempeña un papel bien definido. El cemento es quien juega el papel más importante, pues él fija la resistencia y durabilidad, la



cal proporciona retención del agua, elasticidad y trabajabilidad; la arena como relleno o esqueleto contribuye junto con el cemento a la resistencia de la mezcla. El agua como agente disolvente y mezclador es quien da la trabajabilidad con la debida relación A/C.

El producto obtenido debe ser una masa plástica y trabajable capaz de: unir mampuestos entre sí, fabricar elementos de mampostería tales como bloques, ladrillos, baldosas, tubos, etc., y como utilidad decorativa en el repello y fino de unidades de mampostería.

2.3.4 PROPIEDADES

Las propiedades de los morteros las dividimos en dos grupos bien diferenciados: las propiedades en estado fresco, entendiéndose en ellas las que lo hacen trabajable, deformable plásticamente bajo la acción de pequeños esfuerzos (determinan las condiciones de uso del mortero), y las propiedades en estado endurecido, cuando tiene la edad necesaria para adquirir resistencia mecánica.



TABLA II – 1

Propiedades del mortero en estado Fresco

ESTADO	PROPIEDAD	CONSECUENCIAS
FRESCO	FLUIDEZ	Permite deslizar la cuchara y posicionar los mampuestos
	COHESIÓN	De la cohesión depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.
	RETENCIÓN	La retención permite la trabajabilidad. El agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos. Desaparecería el estado fresco

TABLA II - 2

Propiedades del mortero en estado Endurecido

ESTADO	PROPIEDAD	CONSECUENCIA
ENDURECIDO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Está asociada a la durabilidad e impermeabilidad. Interviene en la resistencia mecánica del muro.
	MODULO DEFORMACIÓN	Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales
	RETRACCIÓN SECADO	Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de la retracción



2.3.4.1 PLASTICIDAD

Propiedad del mortero fresco de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos cuando colocamos mampuestos, así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados. La manejabilidad que presenten depende principalmente del contenido de agua, del uso de aditivos, de la forma y textura de los agregados y de la finura del cemento.

La determinación de la plasticidad se puede considerar haciendo medidas de consistencia en el cono de Abrams y limitando el contenido de finos.

2.3.4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible, aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. Depende de la relación A/C y de la adición usada, y muy especialmente de la granulometría de la arena, la cual se establece mediante el módulo de finura. La arcilla disminuye esas resistencias, por lo cual es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias.

2.3.4.3 ADHERENCIA

La adherencia puede entenderse como la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería (mampuesto), provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero / elemento de albañilería.



Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y del mortero endurecido. Influye la naturaleza de la base: porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos: composición del mortero y afinidad con la base, y, externos: curados y condiciones de humedad de las bases, espesores de las juntas.

2.3.4.4 RETRACCION DEL SECADO

Es alta en morteros (alto contenido de pasta) y por tanto debe tratar de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, bajo contenido de finos y en lo posible cementos adicionados. Debe ser curado tan rigurosamente como el concreto. Las pastas puras se retraen por secado al perder el exceso de agua. En los morteros la arena actúa como esqueleto que evita en parte los cambios volumétricos.

Si el secado es lento tiene tiempo de alcanzar la resistencia de atracción necesaria para fisurar, por ello en tiempo caluroso con fuerte viento para disminuir la velocidad de evaporación se recomienda recubrir la fábrica de mampuestos o regar abundantemente.

2.3.4.5 RETENCION DE AGUA

Debe ser alta, para evitar agrietamientos y pérdida de resistencias. Se logra con el uso de la cal o aditivos.

2.3.4.6 DURABILIDAD

Los agentes que tienden a destruir los morteros son los siguientes:

Helacidad, se debe evitar realizar estos procesos de elaboración de morteros cuando se prevean heladas en las próximas 48 horas.



Penetración de humedad, si el agua penetra en las juntas de cerramiento o en el interior de un enfoscado se va a deteriorar el mismo debido a la presencia de moho y eflorescencias así como el riesgo de la helicidad.

Eflorescencias: son manchas que aparecen en los revestimientos o muros debido a la presencia de sales solubles, que arrastradas por el agua de amasado o lluvia precipitan al evaporarse ésta. Estas sales pueden provenir del agua de amasado del cemento, del mampuesto e incluso del suelo. Las sales más frecuentes son sulfatos, nitratos y cloruros, para eliminarlos las producidas por sulfatos solubles se pueden lavar con soluciones débilmente jabonosas, las producidas por nitratos requieren un cepillado enérgico.

Soluciones: pinturas impermeabilizantes, algunos aditivos impermeabilizantes y utilizar cal (mortero de cal).

2.3.5 TIPOS DE MORTERO

Según la función que han de desempeñar existen diferentes tipos de morteros.

Según el tipo de mortero y el medio al que va a estar expuesto se pueden obtener morteros aéreos y morteros hidráulicos, siendo los aglomerantes aéreos la cal hidratada y la cal viva y los aglomerantes hidráulicos los cementos y las cales hidráulica.



CAPITULO III: FUENTES DE MATERIALES



3.1 AGREGADOS

Los agregados constituyen los elementos que ligados por el cemento, forman el esqueleto del concreto. 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 establece que siendo este material el que mayor porcentaje 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 importantes 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.

Entre los usos principales que los agregados representan en ingeniería civil se puede mencionar que se emplean como material subyacente para fundaciones y pavimentos y como ingredientes del concreto de cemento portland y concreto asfáltico.

3.1.1 DEFINICIÓN

Generalmente se entiende por agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial de granulometría variable, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hulla de altos hornos.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo.



3.1.2 ORIGEN Y FORMACION DE LOS AGREGADOS

Una primera razón para establecer diferencia entre los agregados, se refiere al distinto origen de las rocas que lo constituyen. La definición del origen y composición de las rocas es un asunto útil y necesario, porque permite inferir ciertos aspectos relacionados con el comportamiento de las mismas al ser utilizados como agregados en el concreto.

Los agregados pueden ser de origen natural o artificial, siendo los naturales de uso frecuente.

Los agregados naturales son creados a partir de procesos naturales que involucran presión, temperatura, meteorización, erosión. Y que por su génesis geológica, las rocas básicamente se dividen en ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas o magmáticas, tienen su origen en la cristalización del material fundido denominado magma. Este proceso tiene lugar bajo determinadas condiciones de presión y en presencia de una cantidad variable de gases disueltos. Éstos y otros factores controlan el aspecto de los productos resultantes, entre los que se encuentran las rocas ígneas. La cristalización del magma se produce como consecuencia de la pérdida de calor y el consecuente descenso de la temperatura en el seno del mismo.

Si el enfriamiento del magma se produce lentamente bajo la superficie se forman rocas con cristales grandes denominadas rocas plutónicas o intrusivas, mientras que si el enfriamiento se produce rápidamente sobre la superficie se forman rocas con cristales invisibles conocidas como rocas volcánicas o extrusivas.



Las rocas ígneas se clasifican por su textura, estructura y composición mineralógica y química, de igual modo que las otras clases de rocas y presentan las características de no ser estratificadas, ausencia de residuos fósiles, presencia de vidrio, uniformidad en su estructura y cristales entrelazados.

Una vez que las rocas se han formado a partir del magma que asciende y sale a la superficie, pueden sufrir diversos procesos que la transforman. Por una parte, pueden ser pulverizadas por la erosión y, sus fragmentos, dar origen a rocas sedimentarias. Por otra parte, pueden hundirse, o no haber llegado a la superficie, y ser transformada por el calor y la presión, dando lugar a rocas metamórficas.

Rocas sedimentarias, son el resultado del proceso de transporte, depósito y eventual litificación, sobre la corteza terrestre, de los productos de intemperismo y erosión de otras rocas preexistentes; proceso que frecuentemente se produce bajo el agua, pero también puede ocurrir en el ambiente atmosférico. Su grado de consolidación puede ser muy variable, desde un estado muy compacto en antiguos sedimentos, hasta un estado prácticamente sin consolidar en sedimentos cuyo proceso es relativamente reciente o no existen condiciones favorables para su consolidación. De acuerdo con el tamaño de sus partículas, estos sedimentos no consolidados se identifican como gravas, arenas, limos y arcillas.

Rocas metamórficas, son aquellas cuya composición y textura originales han sido alteradas por el calor y presión. A este proceso se le llama metamorfosis de la roca. El proceso metamórfico se realiza en estado sólido, es decir las transformaciones se producen sin que la roca llegue a fundirse. Los ambientes con calor y presión suficientes para causar metamorfismo se encuentran frecuentemente donde las placas tectónicas de la Tierra se están uniendo. Allí,



las placas que chocan entre sí, trituran las rocas y son calentadas a grandes profundidades por el magma.

La mayoría de las rocas metamórficas se caracterizan por un aplastamiento general de sus minerales que hace que se presenten alineados. Esta estructura característica que denominamos foliación se ve muy bien en rocas como las pizarras, los esquistos y los gneises.

3.1.3 AGREGADO FINO

Material o porción de material granular que pasa la malla 3/8 de pulgada y que casi enteramente pasa por la malla N° 4, es predominante retenido en la malla N° 200 y que resulta del procedimiento de completa desintegración y desgaste de rocas areniscas. (**A.S.T.M. C – 125**)

Según su procedencia, la arena o agregado fino utilizado en el concreto es obtenido en lechos y márgenes de ríos, al igual que en minas o bancos de arena; también puede obtenerse como “material cero”, un producto fino que se obtiene de la trituración de rocas.

El agregado fino debe tener granos duros y durables. Independientemente de su origen, el tamaño de los granos del agregado fino tiene influencia en la calidad del concreto. La ASTM recomienda que los diversos tamaños de los granos del agregado fino sean gradados con el fin de reducir los vacíos de tal manera que la arena utilizada para hacer concreto deberá pasar toda por la malla N° 4 (16 aberturas por pulg²), la arcilla y las materias más finas son toleradas hasta en un 3% del peso del agregado.

El agregado fino tiene gran atribución en la calidad del concreto y mezclas de morteros, no solo desde el punto de vista de la granulometría sino también de sus impurezas, cantidad de agua requerida, etc., estas variables dan lugar a



grandes dispersiones en dicha calidad influyendo principalmente en la docilidad, resistencia y economía.

3.1.4 AGREGADO GRUESO

Material o porción de material que es predominantemente retenido en la malla N°4, obtenido a partir de la desintegración natural de las rocas o del rompimiento de cantos rodados. **(A.S.T.M. C – 125)**

El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado. La calidad y procedencia del agregado grueso como la del fino, debe ser cuidadosamente estudiada antes de su empleo.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños. La dosificación ideal de un concreto es aquella en la cual los huecos del agregado grueso son llenados por el fino, y los de este por la pasta agua-cemento, que al fraguar y endurecerse da consistencia monolítica al conjunto.

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento es indispensable en el diseño de mezclas es la “resistencia a la abrasión o desgaste” de los agregados. Esta es importante porque con ella se conocerá la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto para la fabricación de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas.



3.1.5 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.1.5.1 GRANULOMETRÍA

Es la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de agregados, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúan como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial.

Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices (conservación de la masa). Cabe mencionar que el tamizado también puede efectuarse de forma manual de tal manera que se mueve el tamiz o los tamices de un lado a otro y recorriendo en circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la superficie del tamiz.

La importancia de la granulometría de los agregados radica en que de estos dependerán las propiedades de los diferentes tipos de concretos, mayor estabilidad volumétrica, resistencia, y por esto conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto.



Esto se logra tratando que la mezcla de agregados sea lo más compacta posible, es decir, que la cantidad de huecos dejada por los agregados sea la mínima; o sea, lograr la máxima “compacidad”.

El tener una distribución por tamaños adecuada hace que los huecos dejados por las piedras más grandes sean ocupados por las del tamaño siguiente y así sucesivamente hasta llegar a la arena, donde sus diferentes tamaños de granos harán lo propio.

Tanto la granulometría como el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

3.1.5.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA

La gravedad específica es una de las propiedades físicas más importantes de los agregados que debemos de tomar en cuenta para determinar si los materiales son adecuados para utilizar en una mezcla de concreto.

La gravedad específica está definida como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 grados centígrados. Se representa la Gravedad Especifica por G_s , y también se puede calcular utilizando cualquier relación de peso de la sustancia a peso del agua siempre y cuando se consideren volúmenes iguales de material y agua.

La gravedad específica está influenciada por la naturaleza del material y es medida indirecta de su calidad. En general valores altos indican buena calidad, mientras que valores bajos corresponden normalmente a materiales porosos y poco confiables.



Para el caso del concreto, en específico de los agregados (uno de los componentes esenciales), la determinación de su gravedad específica y humedad – absorción es de vital interés para su óptimo diseño de mezcla.

3.1.5.3 ABSORCIÓN

Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.

La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación ya que la magnitud de este valor, indica la existencia de pocos o muchos vacíos permeables en el agregado; por lo tanto nos ayuda a juzgar acerca de la calidad de los mismos pues se supone que a mayor absorción, existe mayor facilidad de que se genere deterioro al permitir que sus poros se llenen de agua o cualquier otra sustancia; pero tampoco debe tomarse como un índice seguro de la durabilidad o confiabilidad del material.

Además la absorción de los agregados se determina con el fin de controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.



3.1.5.4 HUMEDAD

El contenido de humedad se puede definir como la cantidad de agua presente en los poros accesibles de los agregados, esto es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

Cuando el agregado está expuesto a la lluvia, se acumula una cantidad considerable de humedad en la superficie de las partículas, esa humedad se conserva durante mucho tiempo. Como la cantidad fija del agua es condición determinante en la resistencia de los morteros y concretos hidráulicos, es importante conocer, además del poder absorbente, la cantidad de humedad superficial que contienen los agregados. Esto ocurre especialmente cuando se trata de agregado fino ya que en la práctica, el contenido de humedad superficial de los agregados gruesos es tan poca que no se toma en consideración.

La cantidad de agua que se adiciona al concreto se debe ajustar para las condiciones de humedad de los agregados, a fin de que se atienda a la demanda de agua del diseño de la mezcla de manera precisa. Si el contenido de agua del concreto no se mantiene constante, la relación agua-cemento variará de una amasada a la otra, resultando en la variación de otras propiedades, tales como la resistencia a compresión y la trabajabilidad.

3.1.5.5 PESO UNITARIO

Es el peso de la cantidad necesaria de agregado que llena un recipiente de volumen conocido. Físicamente es el volumen ocupado por el agregado y los vacíos entre sus partículas.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material, cuya denominación es Peso Unitario seco suelto



(PVSS) y Peso Unitario seco compacto (PVSC). Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de estos materiales además sirven para determinar el porcentaje de huecos existentes en el árido.

El peso volumétrico seco suelto es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado en un recipiente de volumen conocido y estable.

Para el Peso Unitario seco compacto el proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como los de la ACI.

El peso unitario de un agregado está relacionado con la gravedad específica y con la gradación del mismo. Valores altos son indicativos de buena gradación y calidad, mientras que valores bajos indican existencia de materiales uniformes, porosos y débiles. En realidad el peso volumétrico de un agregado no puede considerarse como un factor decisivo del mismo, se requieren de ensayos adicionales que confirmen dicha calidad.

Su conocimiento es de utilidad en cuanto a la estimación de cantidades o cuando el proporcionamiento de una mezcla debe ser dado en relación de volúmenes sueltos.

3.1.5.6 POROSIDAD

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregado. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, por ser representativa de la estructura interna de las partículas.



La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado.

No hay un método estándar ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación, por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real.

Los valores usuales en agregados convencionales pueden oscilar entre 0 a 15 %, aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%.

Las características térmicas del agregado están influenciadas por la porosidad. Cambios importantes en el coeficiente de expansión, la difusibilidad y la conductividad del agregado pueden ocurrir por modificaciones del contenido de humedad del mismo. En la actualidad se considera que las características de los poros probablemente influyen en las propiedades térmicas del agregado seco.

3.1.5.7 SANIDAD

Entre los atributos que permiten definir la calidad física intrínseca de las rocas que constituyen los agregados tiene mucha importancia la sanidad porque es buen índice de su desempeño predecible en el concreto.

Se entiende por sanidad de los agregados a la capacidad que tienen éstos para resistir el deterioro y la desintegración por intemperismo. Los efectos del intemperismo se traducen en cambios volumétricos como la expansión y la contracción que poco a poco van minando la resistencia de los agregados



hasta que los desintegran. El intemperismo está asociado a los efectos del frío y el calor, el humedecimiento y el secado y las heladas o el congelamiento-deshielo.

La norma **A.S.T.M. C - 88** establece un procedimiento para definir la sanidad de los agregados, la prueba consiste en someter a un determinado peso de agregados a ciclos sucesivos de inmersión en una solución de sulfato de sodio o de magnesio por aproximadamente 18 horas combinadas con aproximadamente 6 horas de secado en horno. En cada uno de los ciclos la muestra se enfría, se criba y se calcula el porcentaje de pérdida de peso. La prueba se considera como una prueba acelerada de intemperismo, en la que artificialmente se provoca que las soluciones salinas generen cristales en las porosidades de los agregados, causando el efecto expansor que termina por desintegrar rápidamente a los agregados que no son resistentes. En cuanto a resultados se refiere valores bajos de pérdida, por lo general indica grados de buena calidad y viceversa.

3.1.5.8 RESISTENCIA A LA ABRASION O DESGASTE

La resistencia que los agregados gruesos oponen a sufrir desgastes, rotura o desintegración de partículas por efecto de la abrasión, es una característica que suele considerarse como un índice de calidad en general, y en particular de su capacidad para producir concretos durables en condiciones de servicio donde intervienen acciones deteriorantes de carácter abrasivo. Asimismo, se le considera un buen indicio de su aptitud para soportar sin daño, las acciones de quebrantamiento que frecuentemente recibe el agregado grueso en el curso de su manejo previo a la fabricación del concreto.

Es imprescindible que los áridos usados en la construcción, ya sea para la fabricación de concretos o morteros, tengan una adecuada resistencia a la



abrasión que garantice la no excesiva fragmentación durante la manipulación o uso.

Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros.

3.1.5.9 TEXTURA SUPERFICIAL

La forma y textura superficial dependen de la naturaleza de la roca de origen, de su dureza, tamaño de granos, porosidad, así como de las acciones a las que hayan estado sometidos los agregados.

Si bien los agregados para concreto de diferentes orígenes, pueden tener una composición granulométrica semejante, muchas veces se comportan de manera bastante diferente debido a la forma y textura de las partículas.

La textura superficial de los agregados afecta la calidad del concreto en estado fresco y tiene gran influencia en las resistencias, repercutiendo más en la resistencia a la flexotracción que a la compresión.

El concreto puede contener agregados con una gran variedad de características superficiales distintas desde muy lisa hasta muy áspera y de panal y resultar en un concreto satisfactorio.

Mientras mayor sea la rugosidad superficial de los agregados mayor es la superficie de contacto con la pasta de cemento, haciendo necesaria la utilización de mayor contenido de pasta para lograr la trabajabilidad deseada, pero favorece la adherencia pasta – agregado y así mejora las resistencias.



Tanto la forma como la textura afectan la movilidad del agregado que se entiende como la facilidad con que las partículas se mueven unas sobre las otras cuando son manipuladas. La movilidad del agregado afecta la trabajabilidad del concreto fresco, observándose que, cuando son empleados agregados de baja movilidad, es exigida mayor energía para alcanzar el mismo grado de compactación o hay necesidad de aumentar el porcentaje de agregado fino en la mezcla para garantizar adecuada trabajabilidad.

Aunque esta propiedad es de importancia, no se ha podido hasta ahora definir adecuadamente la forma de evaluarla y no existe especificación alguna en cuanto a ella.

3.1.5.10 FORMAS DE LOS AGREGADOS

Las partículas de los agregados son cuerpos de tres dimensiones y es difícil describir la forma de las mismas, aunque se puede clasificar en redondeadas o cantos rodados, que son generalmente procedentes de ríos en las que por rozamiento eliminan las partes saliente de las mismas; y las angulosas que son las que presentan ángulos, aristas vivas y superficies más o menos planas, procedentes generalmente de trituraciones; planas o laminares en la que predominan dos dimensiones sobre la tercera y aciculares que son las que predomina una dimensión sobre las otras dos dando lugar a agregados en forma de agujas.

Con los cantos rodados se obtienen concretos trabajables y su mejor forma es cuando se aproxime la forma de ellos a la esfera, con las trituradas se obtienen concretos menos manejables, lo que dificulta la compactación del concreto y su efecto será tanto menor cuando más se aproximen a un cubo. Según experimentos que se han efectuado, se ha comprobado el uso de los agregados más manejables, sin embargo la capacidad de adherencia con la matriz del



cemento se ve reducida. Con los agregados angulosos, sucede exactamente lo contrario. Es decir, lo ideal sería contar con agregados cuyas partículas sean de forma intermedia entre los mencionados anteriormente.

Los agregados laminares y aciculares producen concretos de peor calidad donde esas formas repercuten negativamente en las resistencias y en la durabilidad.

Al igual que la textura de los agregados, la forma de estos también representa una propiedad de importancia sin embargo no existe un método de prueba para poder determinarla.

3.1.6 IMPUREZAS Y SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN LOS AGREGADOS

Existen diversos materiales que con frecuencia acompañan a los agregados y cuya presencia es inconveniente por los efectos adversos que producen en el concreto. Las sustancias perjudiciales que pueden estar presentes en los agregados incluyen impurezas orgánicas, limo, arcilla, esquisto, óxido de hierro, carbón mineral, lignito y ciertas partículas ligeras y suaves.

Si bien lo deseable es disponer de agregados completamente libres de estas materias perjudiciales, en la práctica esto no siempre se lleva a cabo, por lo cual se hace necesario tolerarlas en proporciones suficientemente reducidas para que sus efectos nocivos resulten poco significativos. La historia del comportamiento de un agregado debe ser un factor determinante para la elección de los límites para las sustancias perjudiciales.

En los agregados finos naturales a veces se presentan impurezas orgánicas, las cuales disminuyen la hidratación del cemento, retrasan el fraguado y el endurecimiento del concreto, reducen el desarrollo de la resistencia y, en algunos casos poco usuales, causar la deterioración. De aquí proviene la



importancia de detectar éste tipo de materia, saber cómo actúan y hasta que cantidad se pueden tolerar.

Normalmente, esas impurezas se evitan por medio del despeje adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado de la arena. La detección del contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, **A.S.T.M. C - 40**.

Este ensayo consiste en lo siguiente: dentro de un frasco de vidrio de unos 360 cc de capacidad, se coloca una cantidad de arena que ocupe el 40% del volumen, luego se le agrega una solución de hidróxido de sodio al 3% de tal manera que esta cubra la arena con una capa de unos 3 cms de espesor, se agita el conjunto y se deja reposar durante 24 hrs. Después de este tiempo de reposo, se determina el color de la solución que queda sobre el agregado y se compara dicha coloración con la tarjeta de colores normalizada **A.S.T.M. D – 154** que contiene cinco intensidades que van desde un ligero color amarillo hasta una coloración oscura.

El resultado del ensayo se indica con el número que corresponda a uno de los cinco colores, o el más parecido. La coloración que indica el límite para aceptar la arena es la tercera de la serie, la cual corresponde a una tonalidad ámbar. Sin embargo, si el resultado es mayor de tres, no implica que definitivamente la arena deba ser desechada. Pues en algunos casos la coloración se debe a sustancias que no perjudican al concreto.

Al hablar de los perjuicios que tiene la materia orgánica en el concreto, también debemos hacer énfasis en los daños que causa en los materiales de refuerzo como el acero; donde aparece la corrosión que es uno de los mayores



problemas en el concreto reforzado, produciéndose deficiencia en sus propiedades.

Además de los contaminantes ya mencionados, hay fragmentos de materiales de calidad inadecuada que con cierta frecuencia se encuentran en los agregados, principalmente en los de origen natural. Entre dichos materiales inconvenientes cabe mencionar las partículas suaves y desmenuzables y las partículas ligeras.

Los materiales más finos que 75 μm (tamiz No. 200), especialmente el limo y la arcilla, pueden estar presentes como polvo suelto y pueden formar un revestimiento en las partículas de agregados. Incluso hasta los revestimientos finos de limo o arcilla, sobre las partículas de agregado grueso, pueden ser dañinos, pues debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado. Si ciertos tipos de limo o arcilla están presentes en cantidades excesivas, la demanda de agua puede aumentar significativamente.

Las cantidades en que estos materiales se encuentran presentes en los agregados, varía desde cantidades insignificantes que no afectan las propiedades del concreto, hasta concentraciones excesivas que perjudican tanto la elaboración como su resistencia. Este efecto perjudicial depende principalmente de la Actividad de las partículas finas y no del porcentaje en que se encuentran presentes en el agregado.

Se conoce como “Actividad” a la habilidad que poseen las partículas finas de atraer y absorber el agua. De tal manera que los agregados con presencia en cantidades apreciables de finos que tengan esta propiedad, provocan la reducción considerable del agua libre necesaria para la buena trabajabilidad de la mezcla. Al reducirse la trabajabilidad, será necesario agregar más agua de mezclado para mantener el mismo revenimiento, esto dará como resultado un



incremento de la relación agua – cemento, con el consiguiente perjuicio para la resistencia y durabilidad del concreto.

Cuando las partículas se pueden desmenuzar finamente entre la yema de los dedos, entonces se puede considerar como deleznable. Este tipo de partículas hacen que las resistencias del concreto disminuyan y son muy sensibles al intemperismo.

Las partículas livianas no deben existir en cantidades considerables puesto que disminuyen la resistencia del concreto y son fácilmente atacadas por los agentes atmosféricos y la intemperie. Entiéndase por partícula liviana cuando esta flota en un líquido pesado de gravedad específica establecida (normalmente líquidos con gravedad específica de 2.0)

Los agregados son potencialmente peligrosos si contienen compuestos considerados químicamente reactivos con el concreto de cemento portland y si producen: cambio significativo del volumen de la pasta, agregados o ambos, interferencia en la hidratación normal del cemento y otros productos secundarios dañinos.

3.2 DESCRIPCION DEL MATERIAL UTILIZADO

Por ser la faja del Pacífico de origen volcánico perteneciendo a una conexión de la Cordillera de los Marrabios, los depósitos de hormigón rojo son fácil de identificar visualmente, a orillas de caminos, carreteras, ya sea por la carretera Panamericana como por carreteras secundarias, así como en cerros.

El Hormigón rojo (Lapilli) es una roca de origen volcánico constituida por fragmentos piroclásticos, con un diámetro variable de 2 a 64 mm.



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



El lapilli está generado en erupciones explosivas a partir de la fragmentación de la lava que recubre las burbujas de gas que ascienden hacia la superficie y explotan por la diferencia de su presión interna con la del entorno. El lapilli también está formado por diversos carbonos en el mundo.

Su peso volumétrico varía de 1000 – 1200 kg/m³, se encuentra en forma abundante en la zona Oeste de Managua. Generalmente procedente de rocas básicas.

De acuerdo con Fidel Rodríguez, Supervisor del Área de Conservación Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), este material se utiliza como base o sub - base para las construcción de carreteras, siempre y cuando se combine con el material adecuado para estabilizar la base. En tal sentido aclara que el hormigón no se utiliza combinado con el asfalto para recubrir carreteras, debido a que no reúne la calidad adecuada.

En términos comerciales el hormigón rojo tiene poco mercado como industria, ya que su utilización es básicamente para la construcción de carreteras, por lo que su precio es bastante bajo, afirma Ernesto Luna, técnico de la Administración de Recursos Geológicos (Adgeo). El técnico asegura que no hay una valoración sobre el potencial de hormigón que pueda tener el país alrededor, dado que es un producto de bajo valor. Según Luna, este material se utiliza para la estabilización y como material absorbente de humedad, ya que permite que el agua de lluvia se escurra. Pese a ser un material poco atractivo comercialmente hablando, el hormigón rojo ha sido uno de los más utilizados en la construcción de carreteras como estabilizador de la base, combinado con otros materiales como cemento.



3.3 LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES

A pesar que los materiales de origen volcánicos (hormigón rojo) están presentes en casi toda la faja del pacífico del territorio nacional, para esta investigación se seleccionaron bancos de materiales tomando en cuenta dos criterios:

- Cercanía del banco con el lugar de desarrollo de la investigación
- Presencia de volúmenes explotables de material en el banco

En base a los criterios anteriormente mencionados, seleccionamos tres bancos de materiales, a continuación especificamos sus nombres y respectivas ubicaciones:

TABLA III – 1
LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES

Banco	Ubicación	Volumen Aproximado (m ³)
Xiloa	Km. 21 carretera a Xiloa	180,000
Pista Sub –urbana	Km. 6 ½ carretera Sub - Urbana	220,000
El Varillal	Km. 32 Carretera a Nandaime	250,000

**IMAGEN III – 1
BANCO DE MATERIALES DE XILOA**



**IMAGEN III – 2
BANCO DE MATERIALES PISTA SUB - URBANA**



IMAGEN III – 3

BANCO DE MATERIALES EL VARILLAL



3.4 CEMENTO

3.4.1 BOSQUEJO HISTORICO

Desde los tiempos de Grecia y Roma y hasta mediados del siglo XVIII se empleaba la cal como único conglomerante. Estos morteros que no eran hidráulicos han sido la base de la construcción hasta 1756, fecha que representa el descubrimiento y empleo del primer conglomerante hidráulico.

John Smeaton, ingeniero de Yorkshire (Inglaterra), al reconstruir en 1756 el faro de Eddystone en la costa de Cornish, se encuentra con que los morteros formados por la adición de una puzolana a una caliza con alta proporción de arcilla eran los que mejores resultados daban frente a la acción de las aguas marinas y que la presencia de arcilla en las cales, no sólo las perjudicaba sino que por el contrario, las mejoraba, haciendo que estas cales fraguasen bajo el agua y que una vez endurecidas fuesen insolubles en ella.



VICAT, L.J. químico francés comenzó en 1812, unas investigaciones sobre las condiciones que daban origen a la hidráulidad, publicando los resultados en 1818. Puede decirse con acierto que el primer padre del cemento fue Vicat, a él se debe el sistema de fabricación que se sigue empleando en la actualidad. Por medio de sus trabajos marca la pauta a seguir en la fabricación del cemento por medio de mezclas calizas y arcillas dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente. El sistema de fabricación que empleó Vicat fue el de vía húmeda y con él marcó el inicio del actual proceso de fabricación.

En 1824, Joseph Aspdin, un constructor de Leeds en Inglaterra, daba el nombre de cemento portland y patentaba un material pulverulento que amasado con agua y con arena se endurecía formando un conglomerado de aspecto parecido a las calizas de la isla de Portland. Probablemente, el material patentado por Aspdin era una caliza hidráulica debido, entre otras cosas, a las bajas temperaturas empleadas en la cocción.

Puede decirse que el prototipo del cemento moderno fue producido a escala industrial por Isaac Johnson quien en 1845 logra conseguir temperaturas suficientemente altas para clinkerizar a la mezcla de arcilla y caliza empleada como materia prima.

Es a partir de 1900 cuando los cementos portland se imponen en las obras de ingeniería y cuando empieza un descenso veloz del consumo de cementos naturales. Actualmente, el cemento portland ha llegado a una gran perfección y es el material industrializado de construcción de mayor consumo. Se puede decir que el cemento es el alma del concreto, yendo destinada, prácticamente, toda su producción a enlazar piedras sueltas para crear el material pétreo que conocemos como concreto.



3.4.2 CEMENTO PORTLAND

3.4.2.1 DEFINICIÓN

La A.S.T.M. da en sus especificaciones la siguiente definición del cemento Portland Artificial: “Es el producto obtenido por molienda fina del Clinker producido por una calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente, de una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación, excepto yeso calcinado o no calcinado y en cantidad no mayor del 3%.

3.4.2.2 COMPOSICIÓN Y CONSTITUYENTES

Los cementos están compuestos de diferentes materiales (componentes) que adecuadamente dosificados mediante un proceso de producción controlado, le dan al cemento las cualidades físicas, químicas y resistencias adecuadas al uso deseado.

Los principales constituyentes del cemento portland son: cal, sílice y alúmina; contiene además pequeñas cantidades de óxido de hierro, magnesia, trióxido de sulfuro, álcalis y bióxido de carbono.



TABLA III – 2

Porcentajes típicos de los componentes del cemento

Componentes	Oxido componente	Porcentaje Típico
Cal combinada	CaO	62.5%
Sílice	SiO ₂	21%
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.5%
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	2.5%
Cal Libre	CaO	0%
Trióxido de Azufre	SO ₃	2%
Magnesia	MgO	2%
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.5%
Perdida al Fuego	P.F.	2%
Residuo insoluble	R.I.	1%

Los cuatro primeros componentes nombrados en la tabla no se encuentran libremente en el cemento, si no combinados formado los componentes potenciales. Cuyas fórmulas químicas y abreviaturas simbólicas son los siguientes:

Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$) es el compuesto activo por excelencia del clinker, es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado.

Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$) es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento Portland. Debido a que su reacción de hidratación avanza con lentitud, genera un bajo calor de hidratación.



Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$) es el causante primario del fraguado inicial del cemento Portland y desprende grandes cantidades de calor durante la hidratación.

Ferroaluminato tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$) el uso de más óxido de hierro en la alimentación del horno ayuda a disminuir el C3A, pero lleva a la formación de C4AF, un producto que actúa como relleno con poca o ninguna resistencia. No obstante, es necesario como fundente para bajar la temperatura de formación del Clinker. Es semejante al C3A, porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia. No obstante, al contrario del C3A, no muestra fraguado instantáneo.

La Cal libre (CaO) no debe sobrepasar el 2%, ya que en cantidades excesivas puede dar por resultado una calcinación insuficiente del Clinker en el horno, esto puede provocar expansión y desintegración del concreto.

El Óxido de Magnesio queda limitado por las especificaciones al 6%, ya que conduce a una expansión de volumen variable en el concreto, debido a la hidratación retardada, en especial en un medio ambiente húmedo.

Los Álcalis (Na_2O y K_2O) son componentes secundarios importantes, ya que pueden causar deterioro expansivo cuando se usan reactivos de agregados silíceos para el concreto.

Trióxido de azufre (SO_3) el azufre proviene de la adición de piedra de yeso que se hace al Clinker durante la molienda para regular su fraguado, pudiendo también provenir del combustible empleado en el horno. Un exceso de SO_3 puede conducir al fenómeno de falso fraguado, por lo que conviene limitarlo a no más del 4%.



La pérdida al fuego proviene de la presencia de adiciones de naturaleza caliza o similar, lo cual no suele ser conveniente. Si el cemento ha experimentado un prolongado almacenamiento, la pérdida al fuego puede provenir del vapor de agua o del CO₂ presentes en el conglomerante, siendo entonces expresiva de una meteorización del cemento.

Residuo insoluble, proviene de la presencia de adiciones de naturaleza sílicea. No debe superar el 5% para el Portland I.

3.4.2.3 FABRICACIÓN

La fabricación del cemento Portland consiste en la preparación de una mezcla de materias primas con granulometría definida, sometida a cocción hasta el umbral del punto de fusión y finalmente molido a polvo fino y reactivo: el cemento.

Para la elaboración del Clinker Portland se emplean materias primas capaces de aportar principalmente cal y sílice, y accesoriamente óxido de hierro y alúmina, por lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Y se procede a la extracción de estos minerales los cuales posteriormente se trituran, dosifican, muelen y mezclan íntimamente hasta su completa homogenización, ya sea en seco o en húmedo.

La materia prima así procesada pasa a la etapa de cocción para lo cual se introduce en hornos rotativos a una temperatura de aproximadamente 1.450 °C hasta que alcanza un estado de fusión incipiente. En este estado se producen las reacciones químicas requeridas y el material se subdivide y aglutina en fragmentos no mayores a 6 cms. cuya forma se regulariza por efecto de la rotación del horno. A la salida del horno el material se presenta bajo la forma de Clinker incandescente que será rápidamente enfriado al aire.



Para obtener el material reactivo deseado, el Clinker es molido en la unidad de molienda con una pequeña cantidad de yeso que tiene la función de regulador del fraguado. Según el tipo de cemento se agregan al Clinker, durante la molienda, compuestos minerales (calcáreos, puzolana, escoria de alto horno, cenizas volante) para formar los llamados cementos con adiciones.

Cabe mencionar que de acuerdo con el sistema de mezclado que se sigue, el proceso de elaboración del cemento puede ser por vía seca o por vía húmeda.

El proceso por vía seca se refiere a que la molienda y la mezcla se hacen con materiales secos, es elegido cuando se trata de materias primas duras, exige instalaciones adicionales de secado, mayor costo para la dosificación perfecta, pero, permite menor consumo de combustible.

El proceso por vía húmeda se realiza cuando en la molienda y la mezcla se usa una pasta con abundante agua, es el proceso de más reciente uso y adecuado cuando se trata de materias primas blandas. Presenta la ventaja de permitir mayor pureza de las sustancias primas, mezclas más íntima y homogénea, a bajo costo, pero en la cochura existe mayor consumo de combustible.

Conviene aclarar que muchas industrias cementeras emplean el proceso semi húmedo, el cual consiste en quitar a la pasta íntima y homogénea parte de su agua, y de esta forma aprovechar la ventaja de los dos procesos.

3.4.2.4 TIPOS DE CEMENTO

En el mundo existen una gran variedad de tipos de cementos. La American Society For Testing And Materials (**A.S.T.M.**) especifica en su designación **C – 150** la existencia de 8 tipos de cemento Portland: Tipo I, IA, II, IIA, III, IIIA, IV, V.



Tipo I: Este tipo de cemento es de uso general, y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación.

Tipo IA: es un cemento de uso general, con inclusor de aire.

Tipo II: cemento modificado para usos generales y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación. Este tipo de cemento se usa en el concreto expuesto al agua de mar.

Tipo IIA: este cemento es igual al tipo II, pero con inclusor de aire.

Tipo III: este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días. Recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. Dado que el cemento tipo III tiene un gran desprendimiento de calor, no se debe usar en concretos masivos.

Tipo IV: este cemento se utiliza cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo. El desarrollo de resistencias de este tipo de cemento es muy lento en comparación con los otros tipos de cemento.

La hidratación inicia en el momento en que el cemento entra en contacto con el agua; el endurecimiento de la mezcla da principio generalmente a las tres horas, y el desarrollo de la resistencia se logra a lo largo de los primeros 30 días, aunque éste continúa aumentando muy lentamente por un período mayor de tiempo.



Tipo V: es un cemento resistente a los sulfatos. Se utiliza en las estructuras expuestas a los sulfatos alcalinos del suelo o del agua, a los sulfatos de las aguas freáticas y para exposición al agua de mar.

En la actualidad se producen otros tipos que están regidos por la normativa **ASTM C 1157** la cual especifica 6 tipos de cementos hidráulicos: Tipo GU, HE, MS, HS, MH y LH.

Tipo GU: es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I.

Tipo HE: proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III.

Tipo MS: se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.

Tipo HS: se usa en concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato. Este cemento se emplea de la misma manera que el cemento portland tipo V.



Tipo MH: se usa donde el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura. El cemento tipo MH se usa de la misma manera que el cemento portland de moderado calor tipo II.

Tipo LH: se usa donde la tasa y la cantidad del calor generado por la hidratación deban ser minimizadas.

Este cemento desarrolla resistencia en una tasa más lenta que los otros cementos. El cemento tipo LH se aplica en estructuras de concreto masivo donde se deba minimizar el aumento de la temperatura resultante del calor generado durante el endurecimiento. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo IV.

3.5 AGUA

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de los elementos recién construidos. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear de una sola calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Como norma general toda agua natural que se pueda beber y esté libre de sabor o de olor, resulta satisfactoria como agua de mezclado en la elaboración de mezclas de mortero y de concreto. Un alto contenido de sustancias como aceites, ácidos, álcalis y materia orgánica puede ser perjudicial o agresivo para el concreto o la fabricación de bloques.



**CAPITULO IV:
ENSAYOS FISICOS DEL HORMIGON ROJO Y
ANALISIS DE RESULTADO DE LAS PROPIEDADES
FÍSICAS**



4.1 ENSAYES DE LABORATORIO AL HORMIGON ROJO

Para que una obra civil de cualquier índole resulte de manera exitosa, es necesario que exista una buena combinación entre el adecuado uso de los materiales constructivos así como el empleo de las técnicas adecuadas a cada material y a cada tipo de construcción, de acuerdo con un proyecto o diseño previo. La más estrecha unión entre los factores y el acierto obtenido al utilizar cada uno de ellos, dará resultado lo que constituye una solución satisfactoria en el aspecto de calidad constructiva, funcional y estética.

Para ello es importante valorar la buena calidad de los materiales a usar, en nuestro caso, para la fabricación de bloques aligerados, por lo cual se vuelve imprescindible ejecutar una serie de ensayos cuyos resultados serán analizados con respecto a normas estandarizadas de acuerdo a cada ensaye que se efectúe.

4.1.1 GRANULOMETRIA

La granulometría se determina por la separación mediante tamices de abertura cuadrada de los diversos tamaños de las partículas; pesando las porciones retenidas en cada tamiz, a fin de relacionar dichos pesos retenidos como un porcentaje de la muestra total (siguiendo como patrón la tabla IV-1). La composición granulométrica así obtenida representa la distribución de los diferentes tamaños que componen el material granular expresado en porcentajes con respecto al peso total de una muestra para cada número de tamices.

Los métodos de análisis granulométricos más comúnmente usados son el de la **A.S.T.M C-136** y **A.S.S.H.O T-27** para materiales de peso normal y **C 331-59T** para materiales de peso ligero. El procedimiento de ejecución consiste en tomar una muestra de peso conocido y hacerla pasar por los tamices o cedazos



enumerados. Estos tamices están en números ascendentes, esto es, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y bandeja para agregados finos (siendo nuestro interés de estudio) colocadas de mayor a menor, pesando los retenidos parciales de cada una. Los resultados del análisis se presentan generalmente mediante tablas y/o curvas granulométricas, que es la curva acumulada de los porcentajes retenidos o pasando por cada tamiz.

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \%RA_i + \%R_{i+1}$$

Dónde:

$$\%RA_i = \%R_i$$

%RA: Porcentaje retenido acumulado

%R: Porcentaje retenido parcial

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%RA$$

$$MF = \frac{\sum \%RA \left(\text{desde } 3/8" \text{ hasta } \# 100 \right)}{100}$$

Los datos que se emplearon para realizar el diseño de las mezclas fueron de todo el material (Hormigón Rojo) que paso por la malla N°4, donde sus resultados granulométricos son los que se presentan en las tablas IV-1, IV-2 y IV-3 y sus respectivas curvas se presentan en las figuras IV-A, IV-B y IV-C.



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA IV - 1				
GRANULOMETRIA NATURAL DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE XILOA				
MALLA	% QUE PASA			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 8	83.11	86.13	84.37	84.54
N° 16	50.75	52.97	55.42	53.05
N° 30	28.63	25.44	29.24	27.77
N° 50	19.36	18.82	23.89	20.66
N° 100	5.14	5.43	5.14	5.24
N° 200	2.19	2.28	0.94	1.80
M. F.	3.13	3.11	3.01	3.08

TABLA IV - 2				
GRANULOMETRIA NATURAL DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE LA PISTA SUB - URBANA				
MALLA	% QUE PASA			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 8	88.52	84.80	85.03	86.12
N° 16	68.91	60.75	65.12	64.93
N° 30	42.63	40.66	43.90	42.40
N° 50	24.42	24.29	26.86	25.19
N° 100	4.79	6.31	10.52	7.21
N° 200	0.90	2.88	8.62	4.13
M. F.	2.71	2.83	2.69	2.74



**Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”**



TABLA IV – 3				
GRANULOMETRIA NATURAL DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO EL VARILLAL				
MALLA	% QUE PASA			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 8	87.61	86.80	79.63	84.68
N° 16	58.08	53.72	45.27	52.36
N° 30	26.18	23.23	29.01	26.14
N° 50	10.66	18.75	17.42	15.61
N° 100	5.23	4.15	3.87	4.42
N° 200	2.27	1.93	1.86	2.02
M. F.	3.12	3.13	3.25	3.17



GRÁFICO IV – 1

CURVA GRANULOMÉTRICA DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO DE XILOA

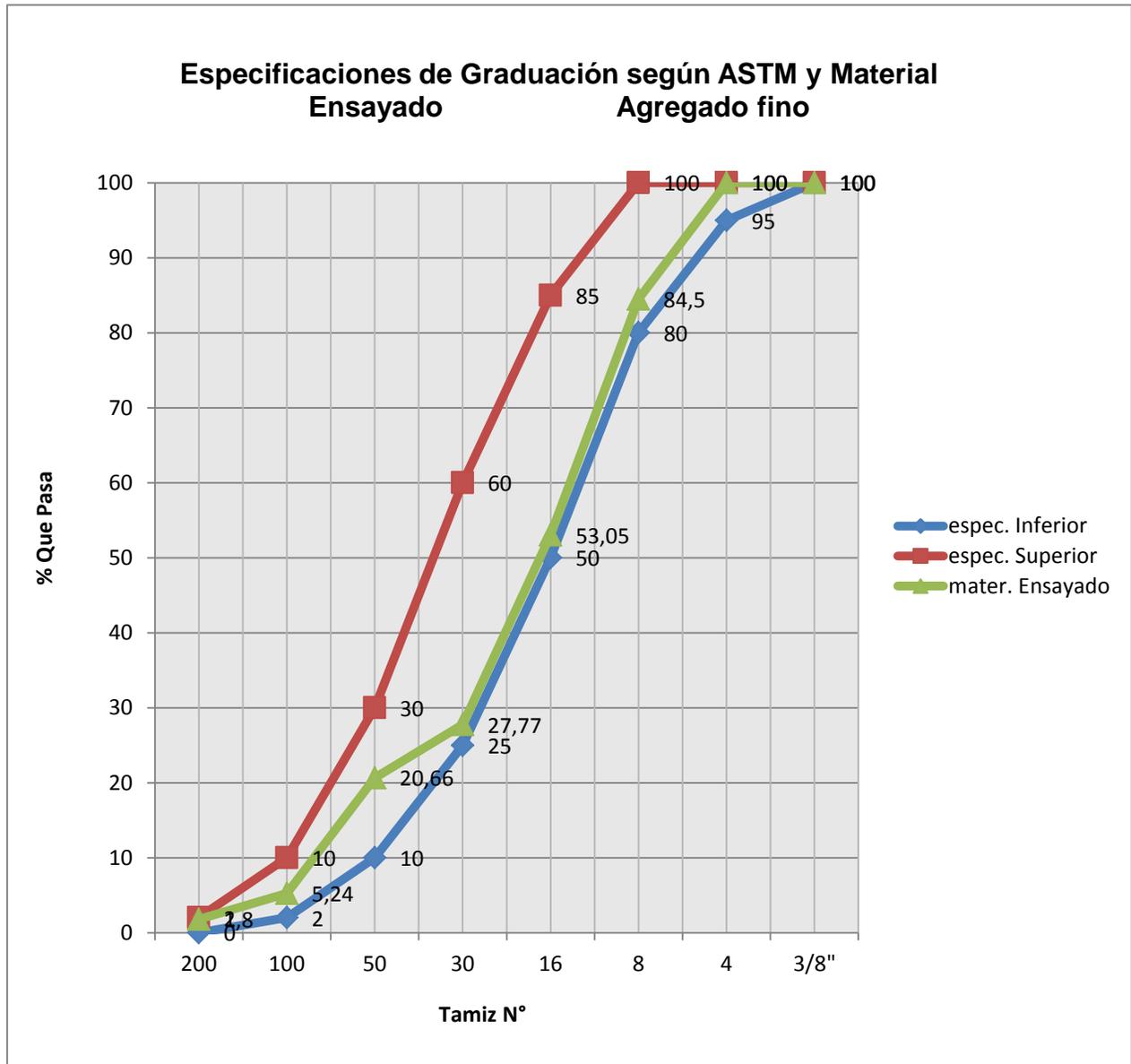




GRÁFICO IV – 2

CURVA GRANULOMÉTRICA DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO LA SUB – URBANA

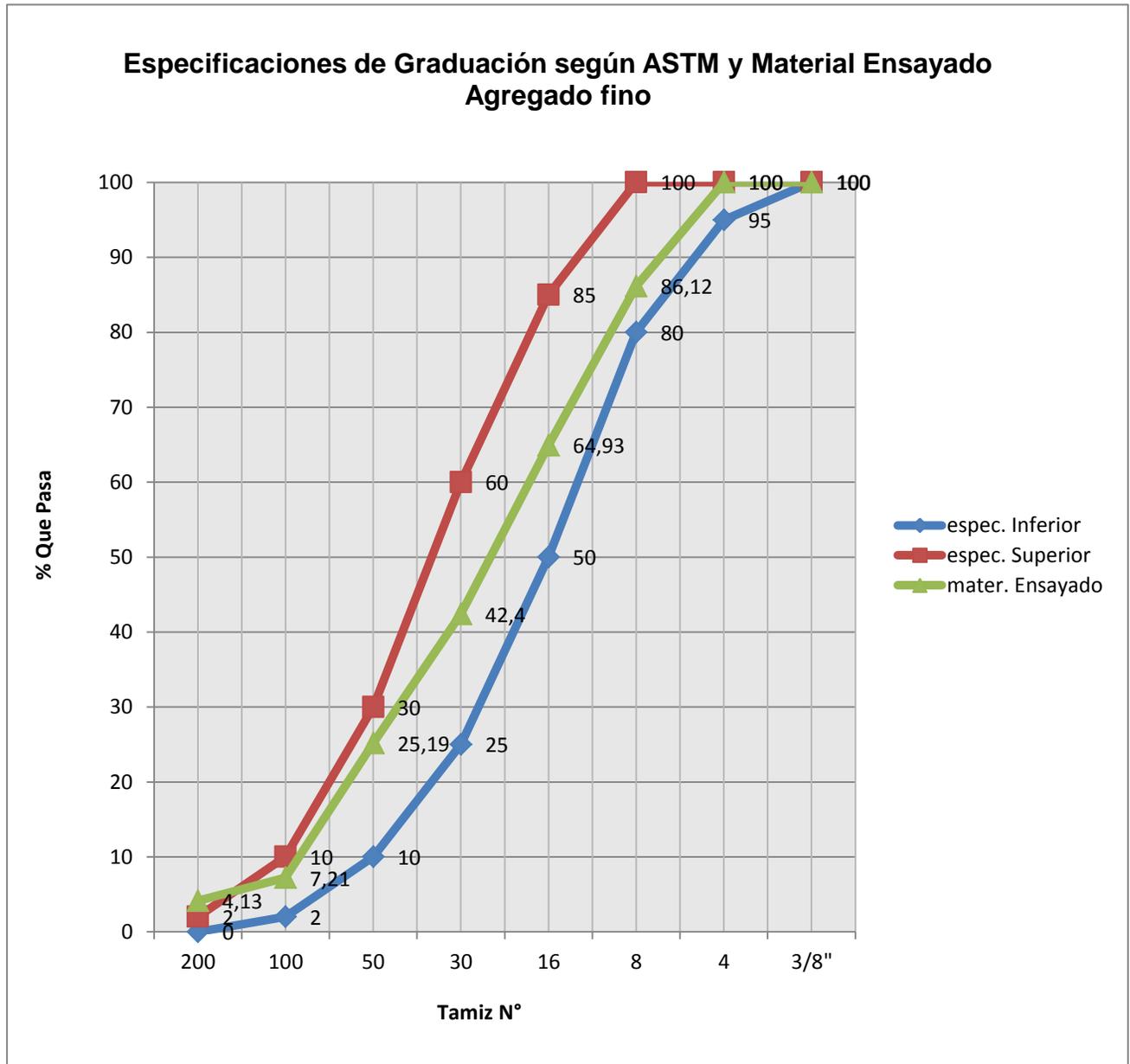
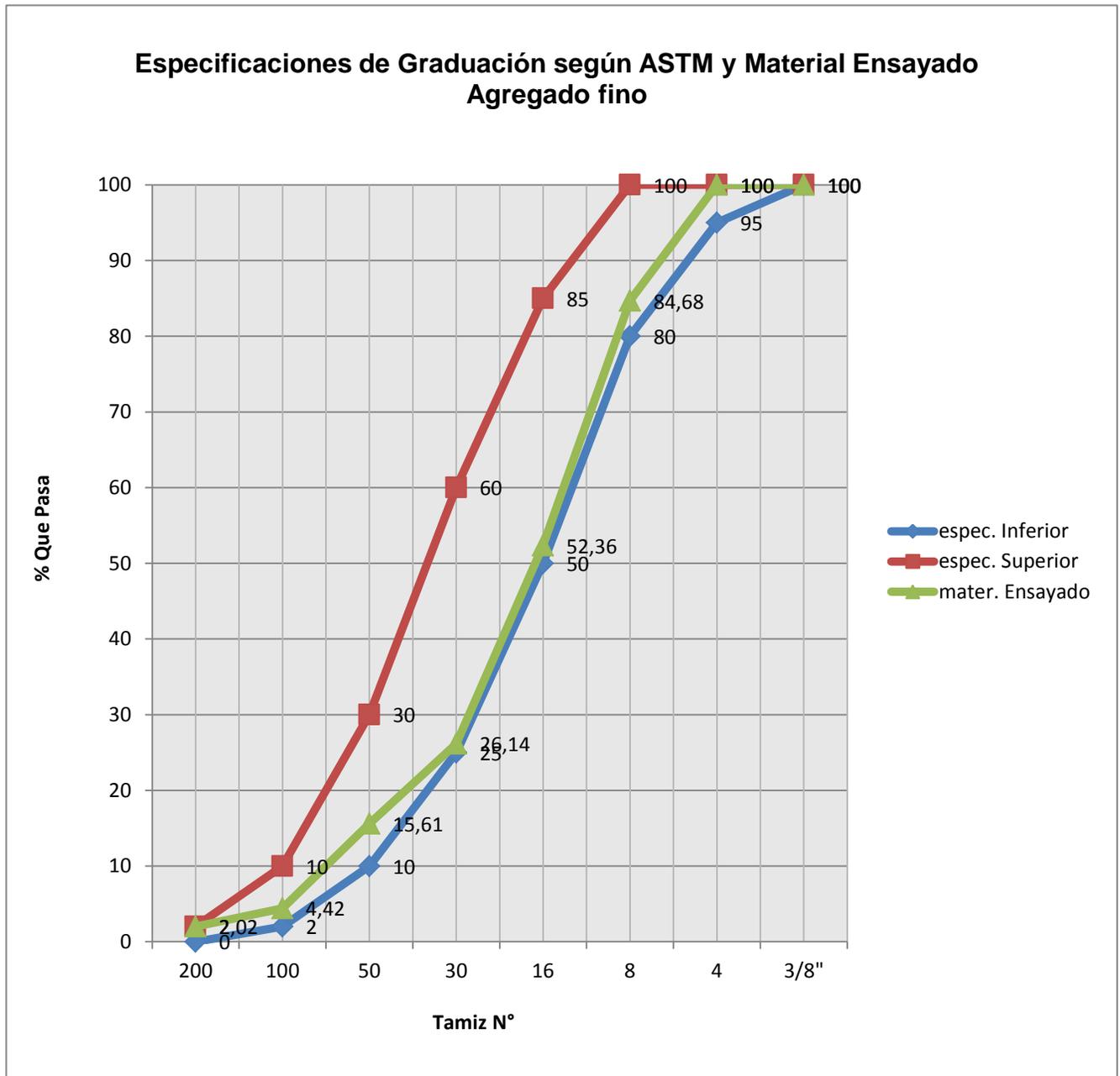




GRÁFICO IV – 3

CURVA GRANULOMÉTRICA DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO EL VARILLAL





4.5 GRAVEDAD ESPECIFICA

Existen básicamente dos métodos para determinar la gravedad específica, según el tamaño del agregado. Para agregado grueso se utiliza el método de la Balanza Hidrostática (A.S.T.M C-127 y A.A.S.H.T.O T-85). Para agregados finos se utiliza el método del frasco volumétrico (A.S.T.M C-128 y A.A.S.H.T.O T-84) el cual fue el que utilizamos en nuestra investigación. Ambos métodos están basados en el principio de Arquímedes y la relación se obtiene llevando la muestra al estado “Saturada y Superficialmente seca”, midiendo el volumen desalojado por la misma al sumergirla en agua, para luego determinarle su peso seco.

El proceso consistió en tomar aproximadamente 1500 gramos del agregado fino (que paso malla N°4) el cual se colocó en un recipiente cubriéndola con agua y dejándola reposar por 24 ± 4 horas.

Después de estar 24 ± 4 horas en el agua, la muestra se dispuso sobre una superficie plana, y esta a su vez se colocó sobre una cocina aplicándole fuego lento, revolviéndolo frecuentemente, para conseguir que seicara uniformemente. Esta operación continuó hasta que el árido fluyera libremente sin adherirse entre sí las partículas.

Después se colocó el agregado fino suelto en el molde cónico, aplicándole 25 golpes con el pisón sobre la superficie, levantando el molde verticalmente, realizando esta operación hasta que el cono del árido fino se desmoronara al levantar el cono indicando que el árido fino ha llegado a la condición de saturado sin humedad superficial (SSS).



Posteriormente se pesaron 250 gramos de arena en la condición de SSS (B). Se determinó el peso del frasco seco y limpio (C) en el cual se depositaron los 250 gr, llenándolo de agua cerca a la marca de aforo, dejándolo reposar por cinco minutos. Se eliminó el aire atrapado, agitando el frasco volumétrico, esta operación tardó de 15 a 20 minutos, se le agregó agua hasta la marca de aforo después se determinó el peso de frasco más peso de arena y el agua añadida para completar la capacidad del frasco (d).

Para finalizar el proceso se retiró el agua y la arena contenida en el frasco, depositándolo en una tara, colocándola en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas. En este tiempo se considera que el árido pierde toda el agua, inclusive la que se encuentra en los poros permeables. Transcurrido este tiempo, se sacó la tara del horno, refrescando la muestra a temperatura ambiente y se determinó su peso seco (A).

Con los datos obtenidos en el ensaye se determinó la gravedad específica corriente (GE), la gravedad específica saturada superficialmente seca (GE_{ss}), la gravedad específica aparente (Ge_a). La Gravedad específica y la Gravedad específica saturada superficialmente seca se utilizan en el cálculo de las dosificaciones de las mezclas de mortero y concreto que contengan dichos agregados, para las relaciones de volumen a peso o de peso a volumen. También la GE se utiliza para el cálculo del porcentaje de huecos de los áridos.

Las fórmulas empleadas son las siguientes:

- GE (Gravedad específica corriente)

$$\frac{A}{(v - w)}$$

Donde:

A: Peso de la muestra



B: Peso de la muestra SSS

C: Peso del frasco seco y limpio

d: Peso del frasco más el peso del material más el peso del agua añadida

V: Capacidad del frasco

W: Agua añadida al frasco

$$W = d - (B + C)$$

- GE_{ss} (gravedad específica en condición de saturado superficialmente seca)

$$\frac{B}{(v - w)}$$

- GE_a (gravedad específica aparente)

$$\frac{A}{(v - w) - (B - A)}$$

- Porcentaje de absorción.

$$\text{Absorción \%} = [(W_{ss} - A)/A] * 100$$

La gravedad específica y absorción del hormigón rojo procedente de los diferentes bancos se calcularon a partir de los resultados parciales que se presentan en las tablas IV- 4, IV- 5 y IV- 6.



TABLA IV – 4

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL HORMIGON ROJO DEL
BANCO DE XILOA
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4**

DATOS	MUESTRA	
	1	2
Temperatura ambiente (°C)	30.5	30.4
Periodo de saturación (hrs)	24	24
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (grs)	250	250
Peso del frasco volumétrico (grs)	185	163
Peso del frasco + muestra + agua (grs)	837.25	812.7
Peso de la muestra seca (grs)	242.45	242.19
Volumen del frasco (ml)	500	500
Gravedad especifica de masa	2.48	2.41
Gravedad especifica de masa saturada superficialmente seca	2.56	2.49
Gravedad especifica aparente	2.69	2.62
Absorción	3.11	3.22
Gravedad especifica de masa promedio	2.45	
Absorción promedio	3.17	



TABLA IV – 5

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL HORMIGON ROJO DEL
BANCO DE LA SUB – URBANA
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4**

DATOS	MUESTRA	MUESTRA
	1	2
Temperatura ambiente (°C)	25.0	25.0
Periodo de saturación (hrs)	24	24
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (grs)	337.40	366.50
Peso del frasco volumétrico (grs)	178.40	178.30
Peso del frasco + muestra + agua (grs)	905.80	923.5
Peso de la muestra seca (grs)	319.45	347.00
Volumen del frasco (ml)	500	500
Gravedad especifica de masa	2.47	2.46
Gravedad especifica de masa saturada superficialmente seca	2.61	2.60
Gravedad especifica aparente	2.87	2.85
Absorción	5.62	5.62
Gravedad especifica de masa promedio		2.47
Absorción promedio		5.62



TABLA IV – 6

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL HORMIGON ROJO DEL
BANCO DE GRANADA**

TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4

DATOS	MUESTRA	MUESTRA
	1	2
Temperatura ambiente (°C)	25.0	25.0
Periodo de saturación (hrs)	24	24
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (grs)	338.60	334.40
Peso del frasco volumétrico (grs)	178.00	178.40
Peso del frasco + muestra + agua (grs)	896.20	896.50
Peso de la muestra seca (grs)	328.42	324.34
Volumen del frasco (ml)	500	500
Gravedad especifica de masa	2.34	2.39
Gravedad especifica de masa saturada superficialmente seca	2.42	2.47
Gravedad especifica aparente	2.53	2.58
Absorción	3.07	3.13
Gravedad especifica de masa promedio	2.37	
Absorción promedio	3.10	



4.1.3 PESOS UNITARIOS

Los métodos que más se utilizan para determinarlos son el de la **A.S.T.M C-29** y **A.A.S.H.T.O T-19**.

La prueba del peso volumétrico seco suelto consistió en vaciar el material dentro del recipiente el cual una vez lleno, se nivela la superficie del árido con los dedos o con un enrasador de manera que se compensen aproximadamente las partes salientes de las partículas más gruesas del árido con los huecos existentes por debajo del borde del recipiente. El valor se obtiene al dividir el peso neto del material entre el volumen del recipiente.

En el caso del peso volumétrico seco compacto, se llenó el recipiente hasta un tercio de su altura con ayuda de una varilla de 5/8” punta de bala, se dieron 25 golpes sobre la capa de material distribuidos en toda la superficie, teniendo cuidado que la varilla no golpee violentamente el fondo del recipiente. A continuación se llenó hasta 2/3 de la altura, se volvieron a dar con la varilla 25 golpes de la misma forma. Finalmente se llenó el recipiente rebosando y se compactó con la varilla de la misma manera. Al compactar la segunda y tercera capa se aplicó la fuerza necesaria para que la varilla penetrara solamente hasta la superficie de la capa anterior del árido. El valor se obtiene de la misma manera que el peso volumétrico suelto.

El cálculo de los P.V.S.S y P.V.S.C se efectúa con las formulas siguientes:

$$P. V. S. S \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{W mat. suelto} + \text{W recipiente}) - (\text{W recipiente})}{\text{Volumen recipiente}}$$

$$P. V. S. C \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{W mat. compacto} + \text{W recipiente}) - (\text{W recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$



**Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”**



Los valores obtenidos de pesos volumétricos secos sueltos y secos compactos del hormigón procedentes de los diferentes bancos se presentan resumidos en las tablas IV-7, IV-8, IV-9, IV-10, IV-11 y IV – 12.

TABLA IV - 7			
PESOS VOLUMETRICOS SECO SUELTO DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE XILOA			
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4			
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	5.430	5.457	5.425
P.V.S.S. (Kg/m3)	801.88	810.34	800.31
P.V.S.S. PROMEDIO(Kg/m3)	804.18		

TABLA IV - 8			
PESOS VOLUMETRICOS SECO COMPACTO DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE XILOA			
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4			
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	6.561	6.529	6.536
P.V.S.C. (Kg/m3)	1156.43	1146.39	1148.59
P.V.S.C. PROMEDIO(Kg/m3)	1150.47		



TABLA IV - 9

**PESOS VOLUMETRICOS SECO SUELTO DEL HORMIGON ROJO DEL
BANCO DE LA SUB - URBANA
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4**

DATOS	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	1	2	3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	6.561	6.643	6.525
P.V.S.S. (Kg/m3)	1156.43	1182.13	1145.14
P.V.S.S. PROMEDIO(Kg/m3)	1161.23		

TABLA IV - 10

**PESOS VOLUMETRICOS SECO COMPACTO DEL HORMIGON ROJO DEL
BANCO DE LA SUB - URBANA
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4**

DATOS	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	1	2	3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	6.841	7.024	6.744
P.V.S.C. (Kg/m3)	1244.20	1301.57	1213.79
P.V.S.C. PROMEDIO(Kg/m3)	1253.19		



TABLA IV - 11			
PESOS VOLUMETRICOS SECO SUELTO DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE GRANADA			
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4			
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	6.296	6.273	6.323
P.V.S.S. (Kg/m3)	1073.35	1066.14	1081.82
P.V.S.S. PROMEDIO(Kg/m3)	1073.77		

TABLA IV - 12			
PESOS VOLUMETRICOS SECO COMPACTO DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE GRANADA			
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4			
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Volumen del molde (m3)	0.00319	0.00319	0.00319
Peso del molde (Kgrs)	2.8720	2.8720	2.8720
Peso del molde + material (Kgrs)	6.651	6.709	6.659
P.V.S.C. (Kg/m3)	1184.64	1202.82	1187.15
P.V.S.C. PROMEDIO(Kg/m3)	1191.54		



4.1.4 HUMEDAD

Para efectuar este ensaye se seleccionó una muestra representativa del material en estudio. Se tomó una tara debidamente identificada y se determinó su peso. Se pesó la muestra húmeda más el recipiente que la contiene. Se colocó la tara con la muestra en el horno a una temperatura constante de 110° C, por un periodo de 24 horas (20 horas es suficiente). Posteriormente se retiró la muestra del horno dejándola enfriar hasta que se alcanzara la temperatura ambiente. Finalmente se pesó la muestra seca más el recipiente y se anotó su peso.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W \text{ de muestra húmeda} - W \text{ de muestra seca}}{W \text{ de muestra seca}} * 100$$

Los valores obtenidos de los contenidos de humedad del hormigón rojo procedentes de los diferentes bancos se presentan resumidos en las siguientes tablas:

TABLA IV- 13		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE XILOA		
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4		
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2
TARA N°	A-11	A-17
PESO DE TARA	40.62	41.33
PESO DE TARA + AGREGADO HUMEDO (grs)	269.32	336.67
PESO DE AGREGADO HUMEDO (grs)	228.7	295.34
PESO DE TARA + AGREGADO SECO (grs)	268.84	335.38
PESO DE AGREGADO SECO (grs)	228.22	294.05
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.21	0.44
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	0.32	



TABLA IV - 14		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO DE SUB-URBANA		
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4		
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2
TARA N°	A-03	A-08
PESO DE TARA	39.64	40.9
PESO DE TARA + AGREGADO HUMEDO (grs)	302.03	328.11
PESO DE AGREGADO HUMEDO (grs)	262.39	287.21
PESO DE TARA + AGREGADO SECO (grs)	302	328.05
PESO DE AGREGADO SECO (grs)	262.36	287.15
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.01	0.02
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	0.02	

TABLA IV - 15		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL HORMIGON ROJO DEL BANCO EL VARILLAL		
TAMAÑO DEL AGREGADO : PASA # 4		
DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2
TARA N°	A-18	A-19
PESO DE TARA	40.91	41.9
PESO DE TARA + AGREGADO HUMEDO (grs)	321.6	323.34
PESO DE AGREGADO HUMEDO (grs)	280.69	281.44
PESO DE TARA + AGREGADO SECO (grs)	306.97	309.5
PESO DE AGREGADO SECO (grs)	266.06	267.6
CONTENIDO DE HUMEDAD %	5.50	5.17
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	5.34	



4.1.5 ABSORCIÓN

Los métodos de ensaye utilizados para determinar la absorción, son los mismos empleados en la determinación de la gravedad específica. Generalmente se determina primero la gravedad específica y luego la absorción.

El valor se obtiene, llevando la muestra a la condición saturada y superficialmente seca, con el objeto de que todos los vacíos permeables existentes estén llenos de agua. La diferencia entre el peso en la condición antes expuesta y el peso de la misma secada al horno, da la cantidad total de agua absorbida. Esta cantidad de agua expresada en porcentaje referido al peso seco de la muestra, da el valor de la absorción de la muestra.

Los valores obtenidos de absorción del hormigón procedentes de los diferentes bancos se presentan resumidos en las tablas IV - 4, IV - 5 y IV - 6 en la sección

4.1.2 GRAVEDAD ESPECIFICA.

4.1.6 COLORIMETRÍA

La coloración que indica el límite para aceptar la arena es la tercera de la serie, la cual corresponde a una tonalidad ámbar, en nuestro caso los resultados dieron en un rango de 1 para el hormigón rojo de los tres bancos respectivamente. Sin embargo, si el resultado es mayor de tres, no implica que definitivamente la arena deba de ser desechada. Pues en algunos casos la coloración se debe a sustancias que no perjudican al concreto. En esos casos se procede a hacer un ensayo en cubos de mortero, para definir la calidad de la arena.



4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN ROJO

En este ítem se pretende realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos respecto a las normativas que rigen estas propiedades.

Al comparar los límites que establece la normativa ASTM C – 33 para la granulometría de los agregados finos con las curvas granulométricas del material de los diferentes bancos en estudio podemos observar lo siguiente:

Los agregados en estudio se encuentran dentro de los límites de la norma con respecto al tamaño de las cribas. Sin embargo, cabe destacar que la gradación del material varía en función de su procedencia, una evidencia de ello son los distintos módulos de finura que presenta el material de cada banco.

La normativa especifica que el módulo de finura debe cumplir con el rango de 2.3 a 3.1, según los ensayos que realizamos los materiales cumplen con esta condición. Debemos de tener presente que un mayor módulo de finura representa un material grueso, tal es el caso de los materiales procedentes de los bancos Xiloa y El Varillal cuyos módulos de finura fueron de 3.08 y 3.17 respectivamente. El material del Banco de la Sub – urbana muestra una gradación más variada, presentando un módulo de finura de 2.74.

Con respecto al análisis de la gravedad específica de los agregados tomamos como base comparativa el rango establecido para la arena de peso normal que varía de 2.21 hasta 2.75.

Como resultado obtuvimos los siguientes valores 2.45, 2.47 y 2.37 para los bancos de Xiloa, la Sub – urbana y El Varillal respectivamente. A como se puede observar,



el resultado de los ensayos indica que el hormigón rojo cumple con la normativa establecida para la arena de peso normal a pesar de caracterizarse por ser materiales mayormente porosos.

Dicha característica se ve reflejada con el estudio de la capacidad de absorción que posee este tipo de agregados, en el caso del material procedente de Xiloa y El Varillal mostraron un comportamiento similar con porcentajes de absorción de 3.17 y 3.10 respectivamente y de manera particular del hormigón rojo procedente del banco de la Sub – urbana podemos caracterizarlo como el agregado más poroso dentro del estudio alcanzando un porcentaje de absorción de 5.62.

Cabe mencionar que tanto el hormigón rojo de Xiloa y El Varillal poseen porcentajes de absorción semejantes a los que presentan las arenas de peso normal.

Aunque no existe un rango de aceptación de los agregados con respecto al porcentaje de absorción esta propiedad es muy importante debido al efecto que puede generar en las unidades de mampostería para las cuales si existe una exigencia normada.

Otra de las propiedades físicas que definen las características del hormigón rojo es el peso volumétrico que según normativas para los agregados de peso ligero no debe de sobrepasar los 1250 kg/cm^3 cuando se encuentra en estado suelto.

El hormigón rojo procedente del banco de Xiloa dio como resultado un PVSS de 804.18 Kg/m^3 en el caso del agregado de la Sub – urbana fue de 1161 Kg/m^3 y el material de El Varillal de 1073.77 Kg/m^3 los que al compararlos con la normativa podemos comprobar que cumplen con lo establecido con la normativa por tal razón se consideran agregados de peso ligero.



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



Así mismo se realizó el estudio de contenido de materia orgánica en los agregados, en este aspecto pudimos observar un comportamiento similar en las muestras de los diferentes bancos. Dando como resultado una colorimetría que correspondía al N°1 de la escala de colores de Garner.

Según la normativa que rige las especificaciones de este ensayo el rango de colores de la escala de Garner varía de 1 a 5, considerándose como aptos para la construcción aquellos agregados que se encuentran de 1 a 3 y los que presentan valores de 4 o 5 se consideran altamente contaminados. Por tal razón pudimos constatar que el hormigón rojo en estudio se encuentra en condiciones para emplearse en la construcción.



**CAPITULO V:
ENSAYES MECANICOS DEL HORMIGON ROJO**



5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LOS MORTEROS

La resistencia del mortero depende en gran parte de las proporciones de la mezcla y de las propiedades de los materiales empleados. Las mezclas se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y durabilidad que cumplan con los requerimientos del diseño de las distintas estructuras.

La resistencia a la compresión se mide fracturando especímenes de mortero 2” x 2” en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por la sección que resiste a la carga.

5.2 DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTEROS PARA BLOQUES DE PESO LIGERO

Para el diseño de la mezcla de mortero, propusimos 4 relaciones agua – cemento con el objetivo de determinar el comportamiento de la mezcla y establecer la relación agua – cemento óptima que cumpliera con la resistencia a la compresión establecida por la normativa.

Por lo tanto se realizaron 4 diseños de mezclas de mortero para cada uno de los bancos en estudio, variando las relaciones agua – cemento en los siguientes valores: 0.3, 0.6, 0.9 y 1.2.

Partimos de la determinación del volumen de lechada para 1m³ de mezcla, el cual se obtuvo de la siguiente manera:

$$V_L = 1 - \frac{PVSS_{Hormigón\ rojo}}{(Ge_{Hormigón\ rojo})(\gamma_w)}$$

Donde:

V_L : Volumen de lechada

$PVSS_{Hormigón\ rojo}$: Peso unitario del Hormigón rojo



$G_{e \text{ Hormigón rojo}}$: Gravedad específica del Hormigón rojo

γ_w : Peso específico del agua (1000 Kg/m^3)

Posteriormente calculamos el volumen de lechada requerida para una bolsa de cemento de 42.5 Kg de peso:

$$V_{\text{cemento}} = \frac{W_{\text{cemento}}}{(G_{e_{\text{cemento}}})(\gamma_w)}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$W_w = (R_{a/c})(W_{\text{cemento}})$$

$$V_L = V_{\text{cemento}} + V_w$$

Donde:

V_{cemento} : Volumen de cemento

W_{cemento} : Peso de cemento

$G_{e_{\text{cemento}}}$: Gravedad específica del cemento

γ_w : Peso específico del agua

V_w : Volumen de agua

W_w : Peso de agua

$R_{a/c}$: Relación agua – cemento

V_L : Volumen de lechada

Por relación de volumen determinamos el volumen de cemento y volumen de agua requerido para 1 m^3 de mezcla a partir del volumen de lechada para una bolsa de cemento:



$$\frac{V_{\text{cemento para 1 bolsa de cemento}}}{V_L \text{ para 1 bolsa de cemento}} = \frac{V_{\text{cemento para 1 m}^3 \text{ de mezcla}}}{V_L \text{ para 1 m}^3 \text{ de mezcla}}$$

$$\frac{V_{\text{agua para 1 bolsa de cemento}}}{V_L \text{ para 1 bolsa de cemento}} = \frac{V_{\text{agua para 1 m}^3 \text{ de mezcla}}}{V_L \text{ para 1 m}^3 \text{ de mezcla}}$$

Posteriormente determinamos el peso de los materiales para 1m³ de mezcla de mortero empleando las siguientes expresiones:

$$W_{\text{cemento}} = (G_{\text{cemento}})(V_{\text{cemento para 1m}^3 \text{ de mezcla}})(\gamma_w)$$

$$W_{\text{Hormigón rojo}} = (PVSS_{\text{Hormigón rojo}})(V_{\text{Hormigón rojo}})$$

$$W_w = (V_{\text{agua para 1m}^3 \text{ de mezcla}})(\gamma_w)$$

Donde:

W_{cemento} : Peso de cemento

G_{cemento} : Gravedad específica del cemento

γ_w : Peso específico del agua

$W_{\text{Hormigón rojo}}$: Peso del Hormigón rojo

$PVSS_{\text{Hormigón rojo}}$: Peso volumétrico seco suelto del hormigón rojo

$V_{\text{Hormigón rojo}}$: Volumen de Hormigón rojo

V_w : Volumen de agua

W_w : Peso de agua

A continuación realizamos la corrección del agua de diseño tomando en cuenta la absorción que tiene el hormigón rojo:

$$W_{w \text{ absorbida}} = (W_{\text{Hormigón rojo}}) \left(\frac{\% \text{ Absorción}}{100} \right)$$



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



Donde:

$W_{w \text{ absorbida}}$: Peso de agua absorbida por el hormigón rojo

$W_{\text{Hormigón rojo}}$: Peso de Hormigón rojo

% Absorción: Porcentaje de absorción del Hormigón rojo

A partir del cálculo anterior, determinamos la cantidad de agua empleada en la mezcla:

$$W_{w \text{ mezclado}} = (W_w) + (W_{w \text{ absorbida}})$$

Calculamos el volumen suelto de los materiales de la siguiente forma:

$$V_{\text{material}} = \frac{W_{\text{material}}}{PVSS_{\text{material}}}$$

Donde:

V_{material} : Volumen del material

W_{material} : Peso del material

$PVSS_{\text{material}}$: Peso volumétrico seco suelto del material

Finalmente definimos las proporciones de la mezcla:

$$Partes_{\text{cemento}} = \frac{Volumen_{\text{cemento}}}{Volumen_{\text{cemento}}}$$

$$Partes_{\text{Hormigón rojo}} = \frac{Volumen_{\text{Hormigón rojo}}}{Volumen_{\text{cemento}}}$$

$$Partes_{\text{agua}} = \frac{Volumen_{\text{agua}}}{Volumen_{\text{cemento}}}$$



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



A continuación mostramos las tablas de diseño para cada uno de los bancos en estudio:

TABLA V - 1				
Diseño de mezcla de mortero del banco Xiloa				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	804.18	1150.47	2.45	3.17
Relación agua – cemento = 0.3				
Volumen de lechada para 1m ³				0.672
Peso del agua para una bolsa de cemento				12.75
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.013
Volumen de lechada (m ³)				0.028
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.360
Volumen de agua (m ³)				0.311
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				1037.92
Peso del agua (kg)				311.38
Peso del hormigón rojo (kg)				804.18
Corrección por absorción (kg)				25.49
Agua de mezclado (kg)				336.87
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.902
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.311
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				1.11
Agua				0.35



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 2				
Diseño de mezcla de mortero del banco Xiloa				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	804.18	1150.47	2.45	3.17
Relación agua – cemento = 0.6				
Volumen de lechada para 1m ³				0.672
Peso del agua para una bolsa de cemento				25.50
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.026
Volumen de lechada (m ³)				0.041
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.246
Volumen de agua (m ³)				0.426
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				709.19
Peso del agua (kg)				425.52
Peso del hormigón rojo (kg)				804.18
Corrección por absorción (kg)				25.49
Agua de mezclado (kg)				451.01
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.616
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.426
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				1.62
Agua				0.69



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 3				
Diseño de mezcla de mortero del banco Xiloa				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	804.18	1150.47	2.45	3.17
Relación agua – cemento = 0.9				
Volumen de lechada para 1m ³				0.672
Peso del agua para una bolsa de cemento				38.25
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.038
Volumen de lechada (m ³)				0.053
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.187
Volumen de agua (m ³)				0.485
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				538.61
Peso del agua (kg)				484.75
Peso del hormigón rojo (kg)				804.18
Corrección por absorción (kg)				25.49
Agua de mezclado (kg)				510.24
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.468
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.485
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				2.14
Agua				1.04



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 4				
Diseño de mezcla de mortero del banco Xiloa				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	804.18	1150.47	2.45	3.17
Relación agua – cemento = 1.2				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.672	
Peso del agua para una bolsa de cemento			51.00	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.051	
Volumen de lechada (m ³)			0.066	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.151	
Volumen de agua (m ³)			0.521	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			434.17	
Peso del agua (kg)			521.01	
Peso del hormigón rojo (kg)			804.18	
Corrección por absorción (kg)			25.49	
Agua de mezclado (kg)			546.50	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.377	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.521	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			2.65	
Agua			1.38	



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 5				
Diseño de mezcla de mortero del banco Sub - urbana				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	1161.23	1253.19	2.47	5.62
Relación agua – cemento = 0.3				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.530	
Peso del agua para una bolsa de cemento			12.75	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.013	
Volumen de lechada (m ³)			0.028	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.284	
Volumen de agua (m ³)			0.246	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			818.68	
Peso del agua (kg)			245.60	
Peso del hormigón rojo (kg)			1161.23	
Corrección por absorción (kg)			65.26	
Agua de mezclado (kg)			310.86	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.653	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.246	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			1.53	
Agua			0.38	



TABLA V - 6				
Diseño de mezcla de mortero del banco Sub - urbana				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	1161.23	1253.19	2.47	5.62
Relación agua – cemento = 0.6				
Volumen de lechada para 1 m ³				0.530
Peso del agua para una bolsa de cemento				25.50
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.026
Volumen de lechada (m ³)				0.041
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.194
Volumen de agua (m ³)				0.336
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				559.39
Peso del agua (kg)				335.63
Peso del hormigón rojo (kg)				1161.23
Corrección por absorción (kg)				65.26
Agua de mezclado (kg)				400.89
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.446
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.366
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				2.24
Agua				0.75



TABLA V - 7				
Diseño de mezcla de mortero del banco Sub - urbana				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	1161.23	1253.19	2.47	5.62
Relación agua – cemento = 0.9				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.530	
Peso del agua para una bolsa de cemento			38.25	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.038	
Volumen de lechada (m ³)			0.053	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.148	
Volumen de agua (m ³)			0.382	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			424.84	
Peso del agua (kg)			382.35	
Peso del hormigón rojo (kg)			1161.23	
Corrección por absorción (kg)			65.26	
Agua de mezclado (kg)			447.61	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.339	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.382	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			2.95	
Agua			1.13	



TABLA V - 8				
Diseño de mezcla de mortero del banco Sub - urbana				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	1161.23	1253.19	2.47	5.62
Relación agua – cemento = 1.2				
Volumen de lechada para 1 m ³				0.530
Peso del agua para una bolsa de cemento				51.00
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.051
Volumen de lechada (m ³)				0.066
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.119
Volumen de agua (m ³)				0.411
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				342,46
Peso del agua (kg)				410.96
Peso del hormigón rojo (kg)				1161.23
Corrección por absorción (kg)				65.26
Agua de mezclado (kg)				476.22
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.273
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.411
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				3.66
Agua				1.50



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 9				
Diseño de mezcla de mortero del banco El Varillal				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	10.37.77	1191.54	2.37	3.10
Relación agua – cemento = 0.3				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.562	
Peso del agua para una bolsa de cemento			12.75	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.013	
Volumen de lechada (m ³)			0.028	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.302	
Volumen de agua (m ³)			0.261	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			868.52	
Peso del agua (kg)			260.55	
Peso del hormigón rojo (kg)			1037.77	
Corrección por absorción (kg)			32.17	
Agua de mezclado (kg)			292.73	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.729	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.261	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			1.37	
Agua			0.36	



TABLA V - 10				
Diseño de mezcla de mortero del banco El Varillal				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	10.37.77	1191.54	2.37	3.10
Relación agua – cemento = 0.6				
Volumen de lechada para 1 m ³				0.562
Peso del agua para una bolsa de cemento				25.50
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.026
Volumen de lechada (m ³)				0.041
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.206
Volumen de agua (m ³)				0.356
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				593.44
Peso del agua (kg)				356.07
Peso del hormigón rojo (kg)				1037.77
Corrección por absorción (kg)				32.17
Agua de mezclado (kg)				388.24
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.498
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.356
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				2.01
Agua				0.71



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 11				
Diseño de mezcla de mortero del banco El Varillal				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	10.37.77	1191.54	2.37	3.10
Relación agua – cemento = 0.9				
Volumen de lechada para 1 m ³				0.592
Peso del agua para una bolsa de cemento				38.25
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.038
Volumen de lechada (m ³)				0.053
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.156
Volumen de agua (m ³)				0.406
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				540.70
Peso del agua (kg)				405.63
Peso del hormigón rojo (kg)				1037.77
Corrección por absorción (kg)				32.17
Agua de mezclado (kg)				437.80
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.387
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.406
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				2.64
Agua				1.07



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V - 12				
Diseño de mezcla de mortero del banco El Varillal				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	10.37.77	1191.54	2.37	3.10
Relación agua – cemento = 0.3				
Volumen de lechada para 1 m ³				0.562
Peso del agua para una bolsa de cemento				51.00
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.051
Volumen de lechada (m ³)				0.066
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.126
Volumen de agua (m ³)				0.436
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				363.31
Peso del agua (kg)				435.97
Peso del hormigón rojo (kg)				1037.77
Corrección por absorción (kg)				32.17
Agua de mezclado (kg)				468.14
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.305
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.436
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				3.28
Agua				1.43



5.3 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS ESPECIMENES DE MORTERO

5.3.1 ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE MORTERO

La tecnología de fabricación de los morteros y su llegada a obra ha evolucionado y se ha diversificado considerablemente en los últimos años. Desde los tradicionales morteros in situ a los actuales morteros industriales suministrados desde fábricas. Teniendo en cuenta que su fabricación puede ser manual o mecánica.

En este estudio fabricamos las mezclas de mortero de forma manual para ello se llevó a cabo el siguiente proceso:

5.3.1.1 PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Deben de tratarse los materiales que constituyen el mortero de tal manera que sus componentes se encuentren aptos para la elaboración de morteros de calidad. Generalmente esto es aplicable para la arena y en nuestro caso para el hormigón rojo.

Esta preparación del agregado consiste en desechar el sobre tamaño y la materia orgánica que el material contiene en su estado natural. Para garantizar este proceso basta con cribar el hormigón rojo por el tamiz No. 4

5.3.1.2 MEDICIÓN DE LOS MATERIALES

Para la fabricación de los morteros los materiales pueden medirse en volúmenes o pesos.



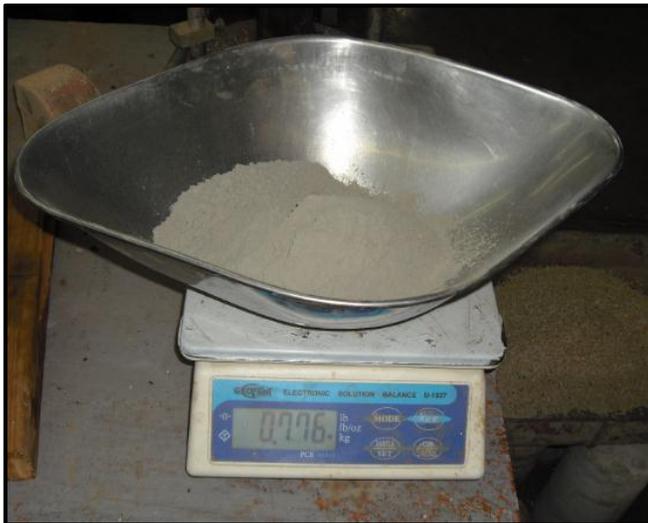
Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



Generalmente en los trabajos de campo los materiales son medidos en volúmenes, ya que las proporciones del mortero se especifican en partes del volumen referidos a un volumen de cemento. Además que la medición en volumen no involucra la utilización de equipo para el pesaje.

En el trabajo de laboratorio se emplea la medición de los materiales en peso, los cuales son tomados del diseño previamente realizado.

IMAGEN V – 1
MEDICION DE LOS MATERIALES



5.3.1.3 MEZCLA DE LOS MATERIALES

El mezclado puede hacerse mecánicamente por medio de mezcladoras o manualmente paleando los materiales.

La producción en mezcladoras, tiene la ventaja de producir mayores volúmenes y calidad más uniforme que el mezclado manual.

Se agrega primero la mitad del agua y arena dentro del mezclador en operación, a continuación se agregan los materiales cementantes, seguidos por el resto de arena y agua. La mezcladora deberá seguir en operación por lo menos tres minutos después que todos los ingredientes se han mezclado.

En un mezclado manual, que es la operación que llevamos a cabo en este estudio, debe hacerse, revolviendo los materiales sobre una superficie impermeable. El aglomerante y la arena se mezclan en seco hasta obtener una mezcla uniforme y luego se va agregando el agua parcialmente, hasta lograr un mortero con fluidez uniforme.

IMAGEN V – 2
MEZCLA MANUAL DE MATERIALES





5.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESITENCIA A LA COMPRESION

TABLA V – 13: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Xiloa				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.3		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PX – 1	3	8317.60	2079.40	146.17
PX – 2		8333.40	2083.35	146.45
Promedio		8325.50	2081.38	146.31
PX – 3	14	9542.24	2385.56	167.69
PX – 4		10082.40	2520.60	177.19
PX – 5		10725.76	2681.44	188.49
Promedio		10116.80	2529.20	177.79
PX – 6	28	14621.60	3655.40	256.96
PX – 7		15233.52	3808.38	267.71
PX – 8		15845.48	3961.37	278.46
Promedio		15233.53	3808.38	267.71

TABLA V – 14: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Xiloa				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.6		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PX – 1	3	8202.40	2050.60	144.15
PX – 2		8298.36	2074.59	145.83
Promedio		8250.38	2062.60	144.99
PX – 3	14	8481.28	2120.32	149.05
PX – 4		8842.40	2210.60	155.39
PX – 5		9204.56	2301.14	161.76
Promedio		8842.75	2210.69	155.40
PX – 6	28	12783.28	3195.82	224.65
PX – 7		12905.40	3226.35	226.80
PX – 8		12661.16	3165.29	222.50
Promedio		12783.28	3195.82	224.65



TABLA V – 15: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Xiloa				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.9		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PX – 1	3	4620.24	1155.06	81.19
PX – 2		4780.16	1195.04	84.01
Promedio		4700.20	1175.05	82.60
PX – 3	14	5754.04	1438.51	101.12
PX – 4		6206.44	1551.61	109.07
PX – 5		5301.64	1325.41	93.17
Promedio		5754.04	1438.51	101.12
PX – 6	28	7502.40	1875.60	131.85
PX – 7		7933.44	1983.36	139.42
PX – 8		8364.44	2091.11	146.99
Promedio		7933.43	1983.36	139.42

TABLA V – 16: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Xiloa				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 1.2		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PX – 1	3	3874.40	968.60	68.09
PX – 2		3792.80	948.20	66.65
Promedio		3833.60	958.40	67.37
PX – 3	14	4623.60	1155.90	81.25
PX – 4		4958.88	1239.72	87.15
PX – 5		4791.24	1197.81	84.20
Promedio		4791.24	1197.81	84.20
PX – 6	28	6505.60	1626.40	114.33
PX – 7		6862.64	1715.66	120.60
PX – 8		7219.32	1804.83	126.87
Promedio		6862.52	1715.63	120.60



TABLA V – 17: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Sub - urbana

Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.3		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	8285.2	2071.30	145.60
PS – 2		7581.68	1895.42	133.24
Promedio		7933.44	1983.36	139.42
PS – 3	14	11401.7	2850.42	200.37
PS – 4		11533.1	2883.28	202.68
PS – 5		11664.6	2916.14	204.99
Promedio		11533.12	2883.28	202.68
PS – 6	28	13686.8	3421.70	240.53
PS – 7		13750.1	3437.52	241.64
PS – 8		13813.3	3453.33	242.75
Promedio		13750.07	3437.52	241.64

TABLA V – 18: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Sub - urbana

Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.6		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	5960.96	1490.24	104.76
PS – 2		6072.92	1518.23	106.72
Promedio		6016.94	1504.24	105.74
PS – 3	14	8794.40	2198.60	154.55
PS – 4		8875.16	2218.79	155.97
PS – 5		8955.96	2238.99	157.39
Promedio		8875.17	2218.79	155.97
PS – 6	28	13502.4	3375.60	237.29
PS – 7		13599.8	3399.96	239.00
PS – 8		13697.3	3424.32	240.71
Promedio		13599.84	3399.96	239.00



TABLA V – 19: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Sub - urbana

Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.9		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	3533.12	883.28	62.09
PS – 2		3517.16	879.29	61.81
Promedio		3525.14	881.29	61.95
 				
PS – 3	14	6699.2	1674.80	117.73
PS – 4		6766.92	1691.73	118.92
PS – 5		6834.64	1708.66	120.11
Promedio		6766.92	1691.73	118.92
 				
PS – 6	28	8886.00	2221.50	156.16
PS – 7		8916.72	2229.18	156.70
PS – 8		8941.44	2236.86	157.24
Promedio		8916.72	2229.18	156.70

TABLA V – 20: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco Sub - urbana

Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 1.2		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	3416.32	854.08	60.04
PS – 2		3383.60	845.90	59.46
Promedio		3399.96	849.99	59.75
 				
PS – 3	14	5607.20	1401.80	98.54
PS – 4		5775.08	1443.77	101.49
PS – 5		5943.00	1485.75	104.44
Promedio		5775.09	1443.77	101.49
 				
PS – 6	28	7342.80	1835.70	129.04
PS – 7		7400.24	1850.06	130.05
PS – 8		7457.72	1864.43	131.06
Promedio		7400.25	1850.06	130.05



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V – 21: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco El Varillal				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.3		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	11272.60	2818.15	198.10
PS – 2		10977.60	2744.41	192.92
Promedio		11125.12	2781.28	195.51
<hr/>				
PS – 3	14	14380.50	3595.13	252.72
PS – 4		14416.40	3604.10	253.35
PS – 5		14452.50	3613.12	253.98
Promedio	14416.47	3604.12	253.35	
<hr/>				
PS – 6	28	14767.00	3691.74	259.51
PS – 7		14723.40	3680.85	258.75
PS – 8		14810.40	3702.60	260.27
Promedio	14766.90	3691.73	259.51	

TABLA V – 22: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco El Varillal				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.6		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	9300.84	2325.21	163.45
PS – 2		9965.40	2491.35	175.13
Promedio		9633.12	2408.28	169.29
<hr/>				
PS – 3	14	10357.00	2589.24	182.01
PS – 4		10721.00	2680.24	188.41
PS – 5		11192.90	2798.23	196.70
Promedio	10756.96	2689.24	189.04	
<hr/>				
PS – 6	28	11310.00	2827.50	198.76
PS – 7		10849.70	2712.43	190.67
PS – 8		10389.40	2597.36	182.58
Promedio	10849.72	2712.43	190.67	



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA V – 23: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco El Varillal				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 0.9		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	6363.60	1590.90	111.83
PS – 2		7236.40	1809.10	127.17
Promedio		6800.00	1700.10	119.50
PS – 3	14	6950.16	1737.54	122.14
PS – 4		6542.08	1635.52	114.97
PS – 5		7358.20	1839.55	129.31
Promedio		6950.15	1737.54	122.14
PS – 6	28	9686.00	2421.50	170.22
PS – 7		9133.52	2283.38	150.51
PS – 8		8582.80	2145.70	150.83
Promedio		9134.11	2283.53	160.52

TABLA V – 24: Resistencia a la compresión de mortero de Hormigón rojo del banco El Varillal				
Identificación del espécimen	Edad (días)	Relación agua – cemento = 1.2		
		Lbf	PSI	Kg/cm2
PS – 1	3	3737.48	934.37	65.68
PS – 2		3812.44	953.11	67.00
Promedio		3774.96	943.74	66.34
PS – 3	14	4762.00	1190.50	83.69
PS – 4		5013.16	1253.29	88.10
PS – 5		5264.32	1316.08	92.51
Promedio		5013.16	1253.29	88.10
PS – 6	28	5946.84	1486.71	104.51
PS – 7		6233.84	1558.46	109.55
PS – 8		6090.36	1522.59	107.03
Promedio		6090.35	1522.59	107.03

IMAGEN V – 3
MORTEROS FABRICADOS



IMAGEN V – 4
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION





**CAPITULO VI:
BLOQUES DE CONCRETO LIGERO**



6.1 INTRODUCCION

Con el pasar de los años los materiales que el hombre ha usado, han experimentado una infinidad de modificaciones que han permitido su progresiva mejora y uso en los aspectos cotidianos de la humanidad. Muchos de esos materiales han sido los destinados al área de la construcción, entre ellos destaca el acero, el aluminio y uno de los más importantes, el concreto, cuya base de cemento y sus excelentes propiedades hacen del mismo uno de los más usados a nivel mundial.

El proyecto de fabricación de bloques de concreto está orientado a mejorar y proponer unidades constructivas de conveniente comportamiento, a través de ajustes en el diseño de las mezclas, siempre y cuando no se aparten del objetivo principal, el cual es contribuir a la construcción de viviendas económicas, seguras y que cumplan con los requerimientos que establecen la normatividad vigente y las buenas prácticas constructivas, contribuyendo activamente al desarrollo socio-económico nacional.

Los bloques de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada.

Estos elementos constructivos se producen prácticamente en todo el mundo debido a su alta calidad y a la demanda de materiales económicos de construcción. Una variedad de materias primas pueden utilizarse para producir unidades de concreto por miles, en diferentes tamaños y formas.

Los materiales utilizados para la fabricación de los bloques estarán constituido por cemento, por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se deberá considerar relación a/c (agua/cemento) mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo



necesario para fabricar los bloques integrado por máquinas vibratoras con sus respectivos moldes.

La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a una reducción en el costo de producción.

6.2 HISTORIA

El primer bloque de concreto fue diseñado en 1890 por Harmon S. Palmer en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, Palmer patentó el diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 x 25.4 x 76.2 cms. En 1905, aproximadamente 1500 compañías estadounidenses se encontraban manufacturando bloques de concreto. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria.

A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto. Las primeras máquinas que se utilizaban en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente, más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación.



6.3 DEFINICIONES

6.3.1 BLOQUE DE CONCRETO

Es un cuerpo prismático sólido o con huecos, utilizado para conformar la mampostería, fabricados de cemento Portland o Modificado, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales.

6.3.2 BLOQUES HUECOS

Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

6.3.3 BLOQUES SÓLIDOS

Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 75 % del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

6.3.4 ÁREA BRUTA

El área bruta de los bloques será el área total incluyendo las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.

6.3.5 ÁREA NETA

El área neta de los bloques será el área bruta excluyendo el área de las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.



6.3.6 MAMPOSTERÍA CONFINADA

Es un sistema constructivo que resiste cargas laterales en el cual la mampostería está confinada por marcos de concreto reforzado; los bloques de mampostería constituyen el alma de un diafragma y los marcos constituyen los patines.

6.3.7 MAMPOSTERÍA REFORZADA

Sistema constructivo en el que se utilizan muros constituidos de bloques sólidos o huecos de concreto, en el que se dispone de acero de refuerzo tanto en la dirección vertical como horizontal, de tal manera que el acero y la mampostería trabajen de manera conjunta.

6.4 TECNOLOGÍA DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO

Los bloques de concreto vibrado son elementos paralelepípedos, moldeados, que se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñado para la albañilería armada y confinada.

6.4.1 MEZCLA DE MATERIALES

El concreto comúnmente usado para hacer bloques de concreto es una mezcla del poderoso cemento Portland, agua, arena y piedra. Esto produce un bloque de color gris claro con una fina textura superficial y una gran resistencia a la compresión. Un bloque estándar pesa de 17.2-19.5 kgs. En general, la mezcla de concreto usada para los bloques contiene un gran porcentaje de arena y un bajo porcentaje de piedra y agua que las mezclas de concreto usadas con propósitos de construcción. Este método da como resultado un producto muy seco, de mezcla homogénea que mantiene su forma cuando es removido del molde.



En otro caso, si es usada ceniza o piedra de origen volcánico en vez de arena y grava, los cuales son considerados como agregados ligeros, pueden reducir el peso de los bloques de 20 a 45% cuando se comparan con el de los normales, sin que signifique sacrificar sus propiedades estructurales, pues éstos conservan las propiedades superiores de resistencia al fuego y al aislamiento. El resultado es un bloque que presenta ciertas características como un color gris oscuro con una textura media, buena resistencia, larga duración y resistencia a altas temperaturas que el bloque de concreto. Un bloque elaborado con estos materiales, comúnmente pesa entre 11.8 y 15.0 kgs.

En adición a los componentes básicos, la mezcla de concreto usada tradicionalmente para elaborar bloques puede contener varios químicos para alterar el tiempo de curado, incrementar la resistencia a la compresión o improvisar su manejo. Las mezclas pueden contener pigmentos que produzcan una apariencia uniforme en el bloque, o la superficie pueden ser alteradas para dar un efecto decorativo o para proveer protección contra ataques químicos.

6.4.2 DISEÑO

Las formas y tamaños de los bloques comunes de concreto han sido estandarizados para asegurar una uniformidad en las construcciones. El tamaño más común en las construcciones, hablando de bloques de concreto; es referido a aquel con las siguientes medidas nominales: 15 x 20 x40 cms. Muchas empresas que manufacturan bloques ofrecen variaciones del bloque básico que permitan, por ejemplo, un efecto visual único o proveer de características estructurales para aplicaciones especializadas. Por ejemplo, ofrecer un bloque diseñado especialmente para resistir el agua del exterior. El bloque incorpora un repelente contra el agua para reducir la absorción y permeabilidad y una serie de canales para dirigir el flujo fuera del bloque que pudiera entrar en el interior del mismo.



6.4.3 MANUFACTURA

6.4.3.1 EL PROCESO

La producción de bloques de concreto consiste en cuatro etapas básicas: mezclado, moldeado, curado y estibado. Algunas plantas manufactureras solo producen bloques de concreto, mientras que otras pueden producir una amplia variedad de productos de concreto prefabricado que incluye piezas decorativas, entre otros. Algunas manufactureras son capaces de producir 2,000 o más bloques por hora.

6.4.3.2 CONCRETO VIBRADO

Los bloques de concreto vibrado son elementos paralelepípedos, moldeados, que se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñado para la albañilería armada y confinada con un acabado rústico. Los materiales utilizados para la fabricación de los bloques estarán constituido por cemento Portland y por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales.

6.4.3.3 TEORÍA DE LA VIBRACIÓN

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada.

Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado. La duración de la vibración influye determinadamente en la compacidad del elemento.



6.4.3.4 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA VIBRACIÓN

La vibración queda determinada por su frecuencia e intensidad. Frecuencia es el número de impulsiones o pequeños golpes a que se somete el concreto en un minuto. Amplitud es el máximo desplazamiento de la superficie vibrante entre dos impulsiones.

La vibración puede ser de alta o baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia valores usuales de 3000 vibraciones por minuto, cuando éstas son iguales o superiores a 6000 vibraciones/minuto se consideran en el rango de alta frecuencia. Con este último se logra una mejor compactación: vibración de baja frecuencia obliga el empleo de mezclas con una mayor relación a/c.

Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, de la calidad de agregado, de la riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, la vibración se da por completa cuando la lechada de cemento empiece a fluir a la superficie.

6.4.3.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO VIBRADO

- **COMPACIDAD**

Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado; absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante, y que se añade exclusivamente para dar trabajabilidad al concreto, tiende a evaporarse,



dejando de ese modo una gran cantidad de poros, resultando un concreto con una compatibilidad más o menos acusada, según sea la cantidad de agua evaporada. Esta situación trae como exigencia la necesidad de reducir en lo posible la cantidad de agua de amasado con el fin de conseguir un concreto de gran compacidad.

- **IMPERMEABILIDAD**

La impermeabilidad de un concreto es función de su compacidad. La granulometría juega un papel importante en la impermeabilidad. Con una granulometría continua y un elevado dosaje de cemento, completados por una enérgica vibración, se obtiene un concreto altamente impermeable. La absorción de humedad del concreto vibrado es aproximadamente la mitad de la correspondiente al concreto ordinario.

- **RESISTENCIA MECÁNICA**

La resistencia mecánica del concreto es quizás el factor más importante dentro de las propiedades del mismo. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa.

- **RESISTENCIA A LA ABRASION Y CONGELAMIENTO**

La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compacidad; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compactos.



- **DESMOLDE RAPIDO**

En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguirse un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poco agua. Si al efectuar esta operación la pieza rompe, se puede afirmar que la causa se encuentra en un exceso de agua o material fino. La rotura puede sobrevenir también al no estar suficientemente consolidado el concreto, es decir, la vibración ha sido de poca duración.

6.4.3.6 CONTROL DE CALIDAD

La manufactura de los bloques de concreto requieren un monitoreo constante para obtener un producto que cuente con las propiedades requeridas. La cantidad de materiales deben ser pesados antes de ser colocados en la mezcladora, la cantidad de agua a añadir debe ser calculada tomando en cuenta la humedad contenida en la arena y piedra además de ser medido su volumen. En condiciones climáticas extremas el agua debe tener una temperatura regulada por equipos adicionales (por ejemplo un calentador). Una vez que el bloque es retirado de la vibro-bloquera, es recomendable tener como dato el peso.

Durante el curado, se debe tener un control de la temperatura, humedad y presión para asegurar que el curado se ha llevado a cabo correctamente, esto de acuerdo a las características deseadas como la resistencia del mismo.

6.5 REQUERIMIENTOS BASICOS PARA LA PRODUCCION

La producción se define como la creación de bienes aptos para poder utilizarlos, para lo cual es necesario realizar diversas actividades u operaciones. En el proceso



de la producción se debe tener claro los recursos a ser utilizados, el esquema de flujo de la fabricación y los patrones de calidad que garantice el mejor producto.

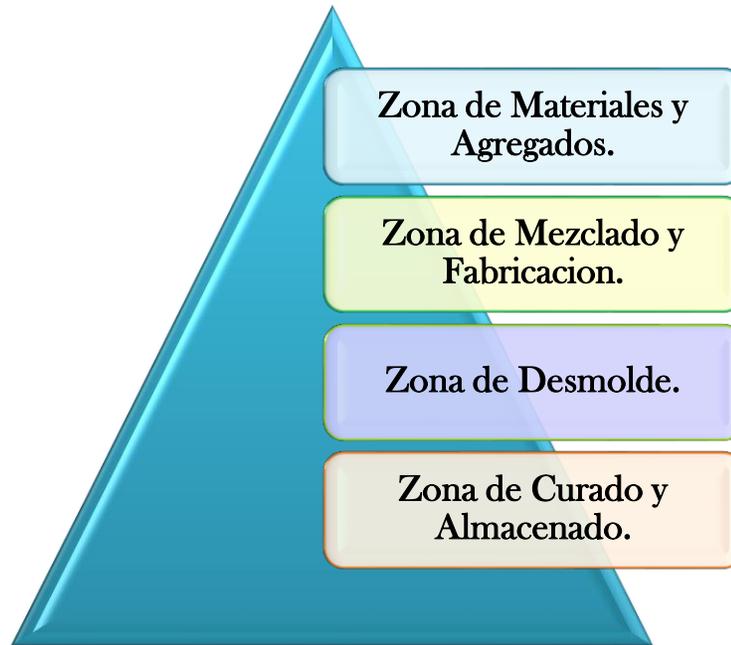
6.5.1 FLUJOGRAMA DE PRODUCCIÓN

En todo proceso productivo de elementos para la construcción, se realizan una serie de actividades las cuales guardan estrecha relación entre sí; la calidad del producto final dependerá de que los diferentes procesos se realicen cumpliendo con los requisitos técnicos.

De la misma manera, en cada proceso desde las actividades iniciales hasta las finales, deben organizarse concatenadamente y por etapas claramente definidas, que concluyen en la elaboración del producto.

6.5.2 AREAS DE PRODUCCIÓN

Una producción a mediana escala móvil o estacionaria requiere contar con zonas apropiadas para las diferentes etapas de fabricación, éstas deberán ser niveladas con un terreno apisonado como mínimo y de conveniente accesos para camiones; se debe prever el abastecimiento de agua y fluido eléctrico. Se debe ambientar una zona distribuida en:



6.5.3 SECUENCIA DE FABRICACIÓN

Equipado el taller con las áreas especificadas y establecidas el flujo de fabricación puede dar inicio a la producción.



6.5.3.1 DOSIFICACIÓN

Es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua y cemento que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad. La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, utilizando latas, cajones de madera, carretillas.

6.5.3.2 MEZCLADO

Para mezclar el material utilizando mezcladora se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos.

IMAGEN VI – 1

PROCESO DE MEZCLADO DE LOS MATERIALES





6.5.3.3 MOLDEADO

Obtenida la mezcla se procede a colocarla dentro del molde que se encuentra en la máquina vibro – compactadora; una vez fabricada la unidad mampostera se retira el molde de la máquina y se lleva al área de fraguado.

IMAGEN VI - 2
PROCESO DE MOLDEADO



6.5.3.4 FRAGUADO

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección, con la finalidad de que puedan fraguar sin dañarse. El período de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro.

Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto.



6.5.3.5 CURADO

Consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto.

Los bloques se deben colocar en rumbas de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire. Para curar los bloques se riega periódicamente con agua durante siete días. Se humedecen los bloques al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes.

Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua. El curado se puede realizar también sumergiendo los bloques en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días. Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permitirá utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los bloques.

6.5.3.6 SECADO Y ALMACENAMIENTO

La zona destinada para el almacenamiento de los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente.

La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con

plástico. Aunque los bloques fabricados siguiendo todas las recomendaciones, presentan una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los bloques no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final.

**IMAGEN VI – 3
PROCESO DE ALMACENAMIENTO**



6.6 FABRICACIÓN DE BLOQUES EN NICARAGUA

Los bloques de concreto constituyen el material de construcción al que más importancia se le ha otorgado en los estudios, dado que en Nicaragua la mayoría de las viviendas y otras construcciones son construidas con el sistema de mampostería confinada y en menor grado con mampostería reforzada.

De acuerdo al grado tecnológico, capacidad de producción, personal calificado y calidad de los productos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura ha clasificado a las fábricas productoras de bloques de concreto en tres categorías:



Fabricas Industriales

- Se caracterizan por poseer un sistema de producción mecanizado y/o automatizado, producción en serie con volúmenes considerables, controles de calidad de forma sistemática o periódica, buena presencia en el mercado local y ventas de regular tamaño. Todos estos aspectos permiten una calidad óptima tanto en el proceso de producción como en el producto final lo cual se puede comprobar cuando los resultados de pruebas de laboratorio indican que dichas fábricas cumplen con la resistencia mínima requerida en el **Reglamento Nacional de Construcción** que es equivalente a 780p.s.i. (55 kg/cm²).

Fabricas Semi - Industriales

- Son aquellas con una capacidad instalada tal que permita un volumen de producción de magnitud intermedia, con procesos de producción a través de maquinaria mecanizada o electromecánica, controles de calidad de forma aislada.

Fabricas Artesanales

- Se caracterizan por poseer bajos volúmenes de producción, sistema de producción basándose en maquinaria obsoleta o realizados manualmente, ningún control de calidad, ventas para la subsistencia del productor, dentro de esta categoría se pueden incluir a todas aquellas fábricas populares que en los últimos años ha aparecido producto del desempleo.



Es importante mencionar que la mala calidad del producto final se debe entre otros aspectos a:

- **Falta de atención a la materia prima**

En el caso de la arena Motastepe ésta algunas veces contiene materia orgánica (capa vegetal) y otros elementos como tobas y terrones, lo que incide en una baja en la calidad de los bloques. Por lo general algunos productores omiten el cernido de este material por los gastos extras que tal medida ocasiona. En los departamentos de León, Chinandega, Nueva Segovia y Madriz, la arena utilizada proviene principalmente de los ríos por lo que se requiere de un diseño del mortero para la realización de los bloques.

- **Mala dosificación del concreto**

Ya que producen de 28 a 32 o más bloques por bolsa, lo que indica que no se están tomando en cuenta las observaciones correspondientes a un máximo de 27 bloques por bolsa de cemento (para el caso de Managua).

- **Curado de los bloques**

Segun normas debe de ser de 28 días para poder lograr la resistencia adecuada . esta medida por lo general no esta siendo atendida por los productores ya que a los 8 días ya estan comercializando el producto.



6.6.1 CLASIFICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

El Comité Técnico de Transporte, Construcción e Infraestructura ha preparado la Norma Técnica Nicaragüense denominada **NTON 12 008 - 09 Fabricación de Bloques de Concreto**, con el objetivo de establecer los requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto que se utilizan en las construcciones civiles, así como los procedimientos para el control de calidad de los mismos, la cual aplica a los bloques que se utilizan en la construcción de obras civiles, tanto como elemento estructural para la construcción de paredes, como no estructural.

6.6.1.1 BLOQUE ESTRUCTURAL 1 (BE – 1)

Bloque hueco o sólido con características tales que permiten su uso para los sistemas constructivos de mampostería confinada y reforzada, con una resistencia de compresión mínima de 12.19 MPa (1 765 psi) con respecto al área neta y a utilizarse en la zona sísmica C del Reglamento Nacional de Construcción de Nicaragua.

6.6.1.2 BLOQUE ESTRUCTURAL 2 (BE – 2)

Bloque hueco o sólido con características tales que permiten su uso para los sistemas constructivos de mampostería confinada y reforzada, con una resistencia de compresión mínima de 7.51 MPa (1 090 psi) con respecto al área neta y a utilizarse en las zonas sísmicas A y B del Reglamento Nacional de Construcción de Nicaragua.



6.6.1.3 BLOQUE NO ESTRUCTURAL (BNE)

Bloque hueco o sólido que se utiliza en la construcción de elementos no estructurales, con una resistencia de compresión mínima de 5.04 MPa (732 psi) respecto al área neta.

6.6.1.4 BLOQUE ESPECIAL

Bloque sólido o hueco estructural que se utiliza para condiciones especiales y que debe de cumplir con requerimientos de dimensiones, resistencia y absorción aprobados por el MTI.

6.6.2 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES

Cemento

Cemento Portland o Portland Modificado, los que deben cumplir con las especificaciones ASTM C150 ó ASTM C1157, respectivamente.

Agregados

Agregado Grueso (Piedra natural o grava triturada): El agregado grueso debe cumplir con la norma ASTM C 33. Agregado Fino (Arena natural o fabricada). El agregado fino debe cumplir con la norma ASTM C 33.



Agua

El agua que se utilice para la fabricación de bloques de concreto debe ser potable o que cumpla los requisitos de ASTM C 1602.

Otros Minerales

Los bloques de concreto pueden tener otros agregados tales como cal hidratada, pigmentos colorantes, repelentes, sílice natural, entre otros, siempre que no disminuyan la resistencia y durabilidad de los mismos.

6.6.3 REQUISITOS FISICOS Y MECANICOS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

6.6.3.1 REQUISITOS FISICOS

- **DIMENSIONES DE LOS BLOQUES**

Las dimensiones nominales y reales de los bloques son los establecidos en la Tabla VI – 1.



Tabla VI - 1
Dimensiones nominales y reales de los bloques

Tipo de bloque	Largo nominal	Largo real	Ancho nominal	Ancho real	Alto nominal	Alto real
Be-1 de 10 cm	40	39	10	10	20	19
Be-1 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
Be-1 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
Be-1 de 25 cm	40	39	25	25	20	19
Be-1 de 30 cm	40	39	30	30	20	19
Be-2 de 10 cm	40	39	10	10	20	19
Be-2 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
Be-2 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
Be-2 de 25 cm	40	39	25	25	20	19
Be-2 de 30 cm	40	39	30	30	20	19
Bne de 10 cm	40	39	10	10	20	19
Bne de 15 cm	40	39	15	15	20	19



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



Ninguna de las dimensiones reales (ancho, alto y largo) podrá diferir por más o menos de 3 mm de las dimensiones reales especificadas.

Los espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques serán los siguientes:

Tabla VI - 2
Espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques

Tipo de bloque	Espesor mínimo de la pared externa (mm)	Espesor mínimo de la pared interna (mm)
BE-1 de 10 cm	25	25
BE-1 de 15 cm	25	25
BE-1 de 20 cm	30	25
BE-1 de 25 cm	35	30
BE-1 de 30 cm	40	30
BE-2 de 10 cm	25	25
BE-2 de 15 cm	25	25
BE-2 de 20 cm	30	25
BE-2 de 25 cm	35	30
BE-2 de 30 cm	40	30
BNE de 10 cm	25	25
BNE de 15 cm	25	25

• **ABSORCIÓN**

Es la propiedad del bloque para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Para determinar el porcentaje de absorción se debe realizar ensayo según ASTM C-140.



Los bloques de concreto deben cumplir con los requisitos de absorción máxima según la Tabla VI - 3:

Tabla VI - 3
Valores Máximos de absorción según tipo de bloque

Tipo de bloque	Valor máximo de un bloque (%)
Bloque BE-1	10
Bloque BE-2	12
Bloque BNE	15

- **DENSIDAD**

Es la relación entre el volumen bruto y la masa del bloque. Para determinar la densidad se debe realizar ensayo según ASTM C-140.

Los bloques se clasificarán de acuerdo con su densidad según Tabla VI - 4.

Tabla VI - 4
Clasificación de bloques de acuerdo a su densidad

Tipo de bloque	Bloque de peso ligero(kg/m3)	Bloque de peso mediano(kg/m3)	Bloque de peso normal(kg/m3)
Bloque BE-1	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BE-2	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BNE	Hasta 1680	De 1680 hasta menos de 2000	Más de 2000



6.6.3.2 REQUISITOS MECÁNICOS

- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Los bloques deben cumplir con el siguiente requisito de resistencia a la compresión a los 28 días de fabricados.

Tabla VI - 5
Valores mínimos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto

TIPO DE BLOQUE	Promedio mínimo de 3 unidades	Resistencia mínima a la compresión para una pieza individual
Bloque BE-1	13.65 MPa (1980 psi)	12.19 MPa (1765 psi)
Bloque BE-2	8.41 MPa (1220 psi)	7.51 MPa (1090 psi)
Bloque BNE	5.65 MPa (820 psi)	5.04 MPa (732 psi)

El cálculo de la resistencia se calcula sobre el área neta.

Nota: 1 MPa equivale a 10.19 kg/cm²

6.6.4 CONTROL DE CALIDAD

6.6.4.1 MUESTREO, NÚMERO DE UNIDADES

Para la determinación de la resistencia a la compresión, absorción y peso unitario (densidad) los especímenes deben ser seleccionados de acuerdo a la siguiente tabla.



Tabla VI - 6
Determinación de la muestra según tamaño de lote

Tamaño del lote	Tamaño mínimo de la muestra para	
	Dimensiones y resistencia a la compresión	Absorción, área neta y peso unitario.
0-2000	3	3
2001-10000	6	3
>10000<100000	12	6
>100000	6 unidades por cada 50000 unidades o fracción de lote	6

6.6.4.2 INSPECCIÓN VISUAL

Todos los bloques deberán estar en buen estado, libres de fisuras, quebraduras y otros defectos que pudieran interferir en la correcta colocación de la unidad o bien que influyan en la resistencia y durabilidad de las unidades. No serán objeto de devolución aquellos bloques con pequeñas quebraduras o daños menores de 25 mm inherentes a su producción o su transporte y entrega, siempre que la cantidad dañada no sea mayor del 5% del pedido.



6.6.4.3 METODO PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- **IDENTIFICACIÓN**

Cada muestra deberá ser marcada de manera que en cualquier momento pueda ser identificada.

- **APARATOS A USAR**

Máquina de prueba: deben estar equipada con dos placas de presión de acero de los cuales el superior es circular y transmite presión a la superficie del espécimen.

El otro es una placa rígida sobre el que descansará el espécimen. Si el área de presión de las placas de acero no es suficiente para cubrir el área de la muestra, planchas o platos de acero serán colocados entre estas y la muestra.

Las Placas y platos de presión de acero: la superficie de estas placas y platos deben ser plana con variaciones de no más de 0.02 mm por cada 150 mm en cualquier dimensión del plano.

El centro de la placa circular de acero del plato o plancha de acero si es usado, debe coincidir con el centro de la superficie de presión del espécimen. La placa circular de acero debe sostenerse firmemente en un sitio pero estará libre para girar en cualquier dirección. El diámetro de las caras de estas placas de acero deberá ser mayor de 15 cm y si se usan platos, el grueso de los mismos será por lo menos igual a una tercera parte de la distancia comprendida entre la orilla de la placa de acero



circular y la esquina más distante de la muestra. En ningún caso será menor de 12.5 mm.

- **MUESTRA DE PRUEBA**

Debe ser examinada dentro de las 72 horas siguientes de su entrega al laboratorio. Durante este tiempo se mantendrá a temperatura y aire normales del laboratorio.

Se prepara pasta de yeso-cemento de especiales condiciones en la resistencia, ya que deberá resistir una fuerza compresiva de 2.45 MPa (355.70 psi) cuando se prueba su resistencia en cubos de 5 cm dos horas después de su preparación (mezcla de 1:1 o 1:2 yeso-cemento, más agua suficiente para la consistencia deseada).

Esta pasta se esparce uniformemente sobre superficie no absorbente, generalmente plancha de acero, que ha sido cubierta ligeramente con aceite; se puede omitir el uso de aceite si la superficie de la plancha y la de la muestra se pueden separar sin dañar la cubierta de yeso a formar.

La muestra se coloca sobre esta pasta y se presiona manualmente hacia abajo. Una vez seca la pasta y formada la cubierta sobre los bordes superficiales de la unidad, se levanta esta y se comprueba que la cubierta está bien hecha. Si no lo está, se quita completamente de la superficie del bloque y se repite el proceso.

Los dos lados de la muestra deberán ser cubiertos formando dos superficies lisas y paralelas. El promedio del grueso de esta cubierta no deberá exceder 0.5 cm, deberá esperarse al menos 24 horas antes de verificar las pruebas de resistencia correspondiente.



6.6.4.4 PROCEDIMIENTO

- **POSICIÓN**

Las muestras deberán ser probadas con el centroide de su superficie de presión alineada verticalmente con el centro del cojinete axial de empuje a presión de la máquina de prueba.

Unidades 100% sólidas y unidades huecas especiales para usar con los huecos en posición horizontal, pueden ser probadas en la misma dirección de uso.

- **VELOCIDAD DE PRUEBA**

La carga de la primera mitad de la carga máxima esperada se hace a velocidad conveniente. A continuación, los controles de la máquina deben ajustarse para realizar un movimiento uniforme, de manera que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 y no más de 2 minutos.

- **CALCULO DEL ÁREA NETA**

El área neta se debe calcular según ASTM C140.

- **CALCULOS**

La resistencia compresiva de los bloques se tomará como máxima carga en Newton dividida entre el área neta de la unidad.

6.6.4.5 INFORME DE RESULTADOS

El informe de resultados debe contener como mínimo, la siguiente información:

1. Nombre del Laboratorio
2. Fábrica de procedencia de la muestra
3. Identificación de la muestra



4. Referencia de la norma bajo la que se realiza el ensayo
5. Resultados
6. Responsable de la realización del ensayo
7. Fecha de realización

6.6.4.6 ETIQUETADO

Los bloques estructurales BE-1 y BE-2 deben etiquetarse de tal manera que se identifique fácilmente el tipo de bloque.

Los bloques estructurales BE-1 se etiquetaran con un alto o bajo relieve que consiste en dos líneas verticales de 2 mm de radio y que cubra como mínimo la mitad del alto del bloque ubicado en uno de los extremos del mismo. Los bloques estructurales BE-2 se etiquetaran con un alto o bajo relieve que consiste en una línea vertical de 2 mm de radio y que cubra como mínimo la mitad del alto del bloque ubicado en uno de los extremos del mismo. Los bloques no estructurales BNE no requerirán de etiquetado.

6.6.4.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si el promedio y el resultado individual de resistencia a la compresión son menores que el especificado en la sección 6.6.3.2 Tabla VI - 5, se volverá a realizar según lo establecido en la sección 6.6.4.1, esta deberá realizarse en laboratorios debidamente acreditados o en laboratorios avalados por la autoridad competente. En el caso de resultar menor que lo requerido, el lote será reclasificado según los resultados obtenidos en un tipo de bloque menor, es decir si el lote muestreado es de bloques estructurales tipo BE-1, y la resistencia promedio obtenida corresponde a bloques estructurales tipo BE-2, debe reclasificarse y remarcarse.



En el caso de bloques no estructurales BNE, si la resistencia es menor que la especificada en la sección 6.6.3.2 de la presente norma, el lote será rechazado.

6.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN ROJO

6.7.1 DISEÑO DE MEZCLA

Para la fabricación de morteros, ítem desarrollado en el Capítulo V, se propusieron diseños para llegar al objetivo principal que era encontrar una relación agua - cemento óptima, capaz de cumplir con la resistencia a la compresión normada, en lo concerniente a la fabricación de bloques de concreto ligero luego de ser evaluadas las propiedades del agregado (hormigón rojo) a emplear en conjunto con el cemento, se inició el estudio de dosificación para la fabricación de los bloques, donde se determinó que la proporción a emplear sería 1:4 (1 Parte de Cemento + 4 Partes de Hormigón Rojo), donde la relación agua – cemento varían entre 1.8, 1.4 y 1.5 en dependencia de las propiedades del material de cada uno de los tres bancos en estudio respectivamente (Xiloa, La Sub-Urbana y El Varillal respectivamente).

Para efectuar los cálculos de diseño para la fabricación de bloques, se utilizó el mismo método utilizado en el diseño para cubos de mortero. A continuación se presentan las tablas de diseño por banco:



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA VI - 7				
Diseño de mezcla para bloques del banco Xiloa				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	804.18	1150.47	2.45	3.17
Relación agua – cemento = 1.8				
Volumen de lechada para 1m ³				0.672
Peso del agua para una bolsa de cemento				76.5
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)				0.015
Volumen de agua (m ³)				0.077
Volumen de lechada (m ³)				0.091
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)				0.109
Volumen de agua (m ³)				0.563
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)				312.85
Peso del agua (kg)				563.13
Peso del hormigón rojo (kg)				804.18
Corrección por absorción (kg)				25.49
Agua de mezclado (kg)				588.63
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)				0.272
Volumen de hormigón rojo (m ³)				1
Volumen de agua (m ³)				0.563
Proporciones				
Cemento				1
Hormigón rojo				3.68
Agua				2.07



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA VI - 8				
Diseño de mezcla para bloques del banco Sub - urbana				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	1161.23	1253.19	2.47	5.62
Relación agua – cemento = 1.4				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.530	
Peso del agua para una bolsa de cemento			59.5	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.060	
Volumen de lechada (m ³)			0.074	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.105	
Volumen de agua (m ³)			0.425	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			303.26	
Peso del agua (kg)			424.57	
Peso del hormigón rojo (kg)			1161.23	
Corrección por absorción (kg)			65.26	
Agua de mezclado (kg)			489.83	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.242	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.425	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			4.13	
Agua			1.75	



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”



TABLA VI - 9				
Diseño de mezcla para bloques del banco El Varillal				
Propiedades físicas	PVSS (kg/m³)	PVSC (kg/m³)	GE	% Absorción
Cemento	1150.58	1167.08	2.88	-
Hormigón rojo	10.37.77	1191.54	2.37	3.10
Relación agua – cemento = 1.5				
Volumen de lechada para 1 m ³			0.562	
Peso del agua para una bolsa de cemento			63.75	
Volumen de lechada para una bolsa de cemento				
Volumen de cemento (m ³)			0.015	
Volumen de agua (m ³)			0.064	
Volumen de lechada (m ³)			0.079	
Volumen de lechada para 1m³ de mezcla				
Volumen de cemento (m ³)			0.106	
Volumen de agua (m ³)			0.456	
Pesos de los materiales de la lechada para 1m³ de mezcla				
Peso del cemento (kg)			304.31	
Peso del agua (kg)			456.46	
Peso del hormigón rojo (kg)			1037.77	
Corrección por absorción (kg)			32.17	
Agua de mezclado (kg)			488.63	
Volumen sueltos de materiales				
Volumen de cemento (m ³)			0.255	
Volumen de hormigón rojo (m ³)			1	
Volumen de agua (m ³)			0.456	
Proporciones				
Cemento			1	
Hormigón rojo			3.92	
Agua			1.79	



6.7.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES

Una vez determinada la dosificación a emplear, se procedió a realizar cabalmente lo descrito en la sección 6.5, partiendo de la preparación del agregado (hormigón rojo), el cual consistió en el cribado a través de la malla N° 4, donde el material a emplear en la mezcla es el agregado pasante en dicho tamiz o malla. Una vez seleccionado el material se dio inicio al mezclado, utilizando los volúmenes exactos de cemento y hormigón rojo en dependencia de la proporción establecida. En el transcurso del mezclado se le incorporó la cantidad de agua óptima necesaria para que la mezcla no quede muy seca, es, decir, presente un nivel de trabajabilidad aceptable, permitiendo la fabricación de un elemento fácil de compactar, que el bloque no salga quebradizo y que contribuya al fácil desmolde.

La mezcla resultante se transportó al área de moldeo en la máquina vibrocompactadora, donde se le aplicó el tiempo y vibrado adecuado para la correcta compactación y formación de la unidad mampostera. La máquina vibrocompactadora utilizada en el proceso, tiene la capacidad de fabricar 3 bloques por vibrado. Finalmente elaborados los bloques, éstos se trasladaron con mucho cuidado al área de fraguado y curado, esencial para el éxito del producto final en cuanto a calidad estética y resistencia.

6.7.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES

Finalmente obtenido el producto, se pasa a otra etapa necesaria para respaldar la calidad del bloque y verificar si cumple o no con lo estipulado en las normativas, anteriormente detallado en la sección 6.6 del presente estudio. El ensayo de resistencia a la compresión es básico en esta investigación para saber si la dosificación empleada puede ser considerada como un diseño realmente óptimo que cumple con lo especificado. A continuación se muestran



las tablas de resultados del ensayo a compresión que se le realizó a las Unidades de Mampostería de Concreto Ligero a base de Hormigón Rojo de los diferentes bancos de materiales a sus distintas edades:

TABLA VI - 10			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO DE XILOA			
EDAD (DIAS)	CARGA DE RUPTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(lbf)	psi	Kg/cm²
7	44610	697.68	49.04
	38920	608.69	42.79
	42380	662.80	46.59
14	51340	802.93	56.44
	40670	636.06	44.71
	57590	900.68	63.31
28	54550	853.13	59.97
	62250	973.56	68.44
	58650	917.26	64.48

TABLA VI - 11			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO DE LA PISTA SUB - URBANA			
EDAD (DÍAS)	CARGA DE RUPTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(lbf)	psi	Kg/cm²
7	35870	560.99	39.43
	30900	483.26	33.47
	23700	370.66	26.06
14	40790	637.33	44.84
	51110	799.33	56.19
	56500	883.63	62.11
28	60590	947.60	66.61
	59590	931.96	65.51
	60410	944.78	66.41



TABLA VI - 12 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN ROJO DEL BANCO DE GRANADA (EL VARILLAL)			
EDAD (DÍAS)	CARGA DE RUPTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(lbf)	Psi	Kg/cm ²
7	39800	622.45	43.76
	44300	692.83	48.70
	36690	573.81	40.34
14	54080	845.78	59.45
	42500	664.68	46.72
	43270	676.72	47.57
28	60200	941.16	66.18
	54040	845.16	59.41
	71790	1122.76	78.92

Así mismo se determinó el porcentaje de absorción de las unidades de bloques, dando como resultado los siguientes datos:

Banco de Matriales	Bloque N°	Absorción (%)
El Varillal	1	7.18
	2	7.15
Promedio		7.17
Xiloa	1	10.82
	2	11.21
Promedio		11.02
La Sub-Urbana	1	9.87
	2	9.35
Promedio		9.61



6.8 COMPARACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO LIGERO Y BLOQUES DE CONCRETO CONVENCIONAL

Para realizar el análisis comparativo de las propiedades técnicas entre bloques de peso normal y los bloques de peso ligero fabricados a base de hormigón rojo, determinamos las propiedades de resistencia a la compresión a los 28 días y el porcentaje de absorción de ambas unidades de bloques.

Cabe mencionar que con el objetivo de tener los mismos patrones comparativos, tanto las unidades de bloque de concreto ligero como las unidades de bloques de concreto normal fueron fabricadas en la máquina semi - industrial UNI – PAUS. Y obtuvimos como resultados las siguientes características:

Tipo de bloque	Resistencia a la compresión a los 28 días (Kg/cm²)	% de Absorción	Peso (Kg)
Bloque de peso normal	80.61	7.40	14.50
Bloque de Hormigón Rojo de Xiloa	64.48	11.01	10.58
Bloque de Hormigón Rojo de la Sub - urbana	66.41	9.61	12.15
Bloque de Hormigón Rojo de El Varillal	78.92	7.16	11.17



6.9 ESTUDIO ECONÓMICO DE LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO Y BLOQUES DE CONCRETO CONVENCIONAL

Realizamos un análisis económico de la inversión requerida para la fabricación de elementos de mampostería empleando concreto ligero y concreto convencional.

Para el estudio económico del concreto ligero, realizamos un análisis por banco de materiales, empleando los diseños presentados anteriormente en el ítem 6.7.1.

En el caso de las unidades de bloque de concreto convencional tomamos como análisis la mezcla empleada en la fábrica UNI – PAUS para la elaboración de dichos bloques. Empleando como criterio base la cantidad de bloques fabricados por cada bolsa de cemento

Es necesario tener presente que en este estudio económico no se tomaron en cuenta el costo de agua potable y energía eléctrica empleados en la fabricación de estos bloques, esto se debe a que la fábrica por estar ubicada en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería se encuentra eximida de los pagos de estos rubros.

Cabe mencionar que otro factor que no fue tomado en cuenta en el estudio económico es el transporte de los materiales utilizados para la fabricación de las unidades de bloques, debido a que los datos proporcionados por la bloquera UNI – PAUS muestran el costo de los materiales sin incluir el transporte hacia la planta por lo tanto se decidió obviar este dato para realizar un análisis en igualdad de condiciones.



6.9.1 ANALISIS ECONOMICO DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO

TABLA VI – 14 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO CON MATERIAL DEL BANCO DE XILOA				
Concepto	U/M	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
I. Materia Prima				
Cemento	Bolsa	1	211	211
Hormigón rojo	m ³	0.176	100	17.6
II. Mano de obra				
Fiscal	Unidad	1	0.21	3.78
Albañil	Unidad	1	0.16	2.88
Ayudante	Unidad	3	0.15	8.10
III. Producción				
Bloque	Unidad	18	13.52	243.36

TABLA VI – 15 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO CON MATERIAL DEL BANCO DE LA SUB - URBANA				
Concepto	U/M	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
IV. Materia Prima				
Cemento	Bolsa	1	211	211
Hormigón rojo	m ³	0.176	54.25	9.55
V. Mano de obra				
Fiscal	Unidad	1	0.21	3.78
Albañil	Unidad	1	0.16	2.88
Ayudante	Unidad	3	0.15	8.10
VI. Producción				
Bloque	Unidad	18	13.07	235.31



TABLA VI – 16				
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO CON MATERIAL DEL BANCO DE EL VARILLAL				
Concepto	U/M	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
I. Materia Prima				
Cemento	Bolsa	1	211	211
Hormigón rojo	m ³	0.176	20	3.52
II. Mano de obra				
Fiscal	Unidad	1	0.21	3.78
Albañil	Unidad	1	0.16	2.88
Ayudante	Unidad	3	0.15	8.10
III. Producción				
Bloque	Unidad	18	12.74	229.28

6.9.2 ANALISIS ECONOMICO DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL

TABLA VI – 17				
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNIDADES DE BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL				
Concepto	U/M	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
I. Materia Prima				
Cemento	Bolsa	1	211	211
Arena	m ³	0.15	230	34.50
Material cero	m ³	0.08	528	42.24
II. Mano de obra				
Fiscal	Unidad	1	0.21	7.35
Albañil	Unidad	1	0.16	5.60
Ayudante	Unidad	3	0.15	15.75
III. Producción				
Bloque	Unidad	35	9.04	316.44

Es importante tener en cuenta que los costos unitarios de los bloques expuestos anteriormente, sean de hormigón rojo o arena convencional dependen de los precios de sus elementos constituyentes por lo tanto el costo de las unidades de mampostería pueden sufrir cambios. Cabe mencionar que los precios con los que se realizó este estudio son válidos para el mes de Mayo del año 2012.



**Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de
Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de
Hormigón Rojo”**



**CAPITULO VII:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



7.1 CONCLUSIONES

A través del estudio que realizamos llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Los tres bancos de materiales analizados cuentan con volúmenes explotables capaces de satisfacer las demandas que implicarían una producción masiva de estas unidades de bloques. Según el estudio realizado, el banco de material que tiene las mejores condiciones técnicas y económicas es “El varillal”, no obstante su localización es una desventaja para las fábricas ubicadas fuera del departamento de Granada puesto que incurriría en gastos de transporte que encarecerían los costos de producción.
2. Los bloque fabricados a base de hormigón rojo presentan una menor resistencia a la compresión respecto a los bloques de agregados de peso normal, pese a ello los bloques de concreto ligero están cumpliendo con lo estipulado en las normativas nacionales (55Kg/cm^2). Cabe mencionar que el diseño que se emplea para la fabricación de estos dos tipos de unidades de mampostería influye en su resistencia a la compresión.
3. El hormigón rojo por ser un material que está constituido por mayor cantidad de poros que la arena convencional, conlleva a que los bloques de concreto ligero tengan un mayor porcentaje de absorción que las unidades de mampostería de concreto convencional.
4. En base al análisis económico realizado es notable el incremento en los costos de fabricación de bloques a base de hormigón rojo en un 33% respecto a los bloques convencionales. Por lo tanto desde el punto de vista económico las nuevas unidades de bloques no resultan factible salvo para construcciones que pretendan aprovechar las propiedades que tienen estos bloques, entre ellas: su bajo peso y la estética que estos proporcionan a la obra final.



7.2 RECOMENDACIONES

En base al estudio investigativo que realizamos y el análisis de los resultados obtenidos, presentamos las siguientes recomendaciones:

1. Se ha demostrado que el material es apto para su utilización como agregado en la elaboración de bloques, por lo tanto es recomendable que las fábricas de unidades de mampostería pueden emplearlo como una alternativa en materias prima. Tomando en cuenta la localización que tienen estos bancos de materiales y la factibilidad económica que puedan generar.
2. Para la producción masiva de bloques que tengan como base agregados ligeros (hormigón rojo) se sugiere a las fábricas que realicen periódicamente un análisis de las propiedades físicas y mecánicas a este material para efectos de control de calidad del producto.
3. En el caso de una producción masiva de estas unidades de mampostería se sugiere realizar un estudio económico exhaustivo en el cual se lleve a cabo la actualización de los costos de sus elementos componentes así mismo que se incluyan factores determinantes en el costo de los bloques, tales como: consumo de energía eléctrica y agua potable, transporte de los materiales, gastos administrativos.
4. Respecto al proceso productivo, se requiere un estricto control en cada una de las etapas de la elaboración. Específicamente en la dosificación es necesario respetar los volúmenes de agregado y aglomerante especificados por diseño, así mismo cumplir con el contenido de agua para que la mezcla no se resulte ni muy seca que produciría el desmoronamiento del bloque recién fabricado, ni húmeda que provocaría un asentamiento y deformaciones en las dimensiones de las unidades. Otra etapa que necesita



Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



especial cuidado es el mezclado y el vibrado, se recomienda que el tiempo para llevar a cabo estos procesos sean los más uniformes posibles en todas las producciones.

5. Ejecutar un estudio para la implementación de este agregado en la elaboración de morteros para juntas, repellos y acabados con propósito de utilizarlo en un sistema constructivo donde se empleen bloques de hormigón rojo de tal manera que se puedan conservar sus propiedades.
6. Realizar un análisis estructural a una edificación a escala natural empleando esta mampostería para determinar su comportamiento ante una eventualidad sísmica. Y que este estudio constituya un punto de partida para la elaboración de normas y especificaciones para mampostería a base de agregados ligeros.



BIBLIOGRAFIA

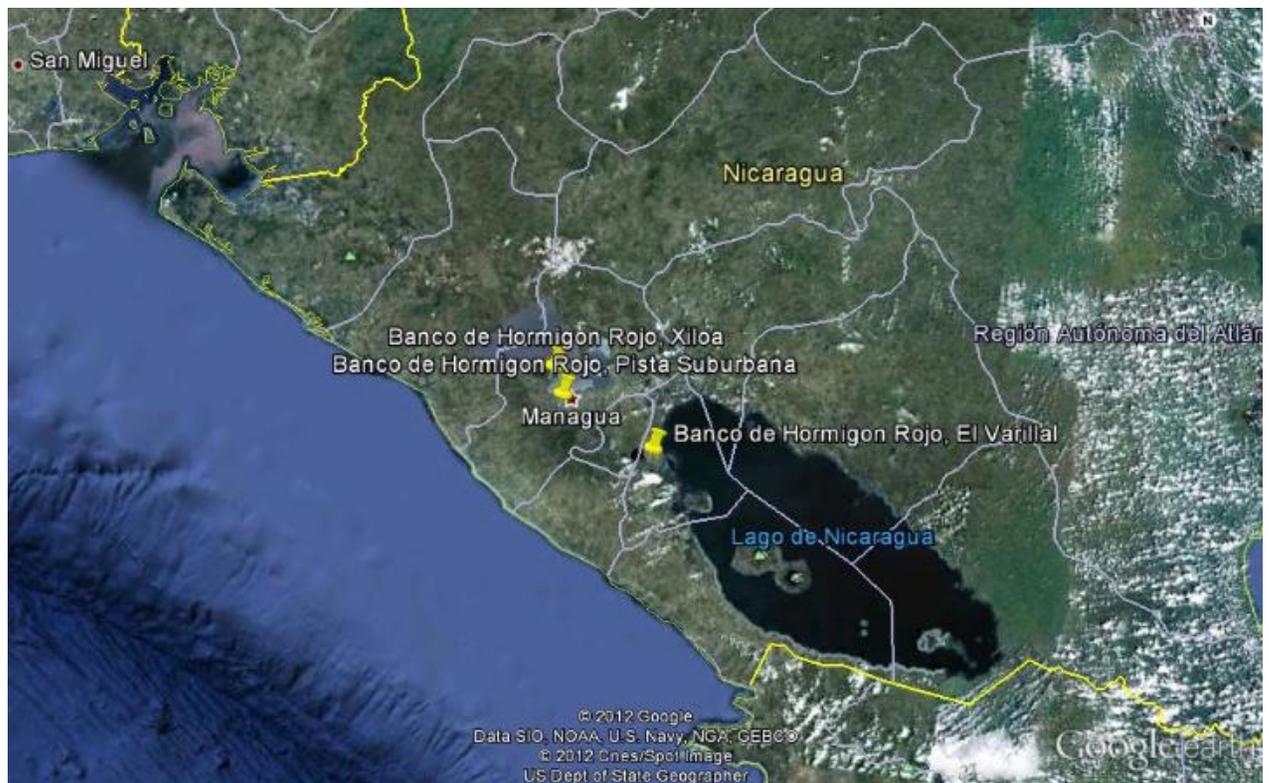
1. BOOK OF AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, A.S.T.M
2. Calderón Campos Bayardo, “Mampostería de bloques de concreto y recomendaciones para su uso en la construcción”, monografía UNAN 1976.
3. Jerez Fernández José Alfonso, “Uso de la escoria volcánica como agregado grueso para concreto”, monografía UNI 1991.
4. Manzanares Jarquin Leda,” Uso de la piedra pómez y hormigón rojo para la fabricación de elementos de mampostería”, monografía UNI 1994.
5. Matus Lazo Iván y Blanco Rodríguez Marvin, Guía para prácticas de laboratorio de Materiales de Construcción.
6. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, Fabricación de Bloque de Concreto NTON 12 008 – 9.
7. Reglamento Nacional de la Construcción, RNC – 07
8. Suarez Contreras Rene Ricardo, “Estudio sobre concretos livianos a base de agregados obtenibles en Nicaragua”, monografía UNAN 1970.



ANEXOS

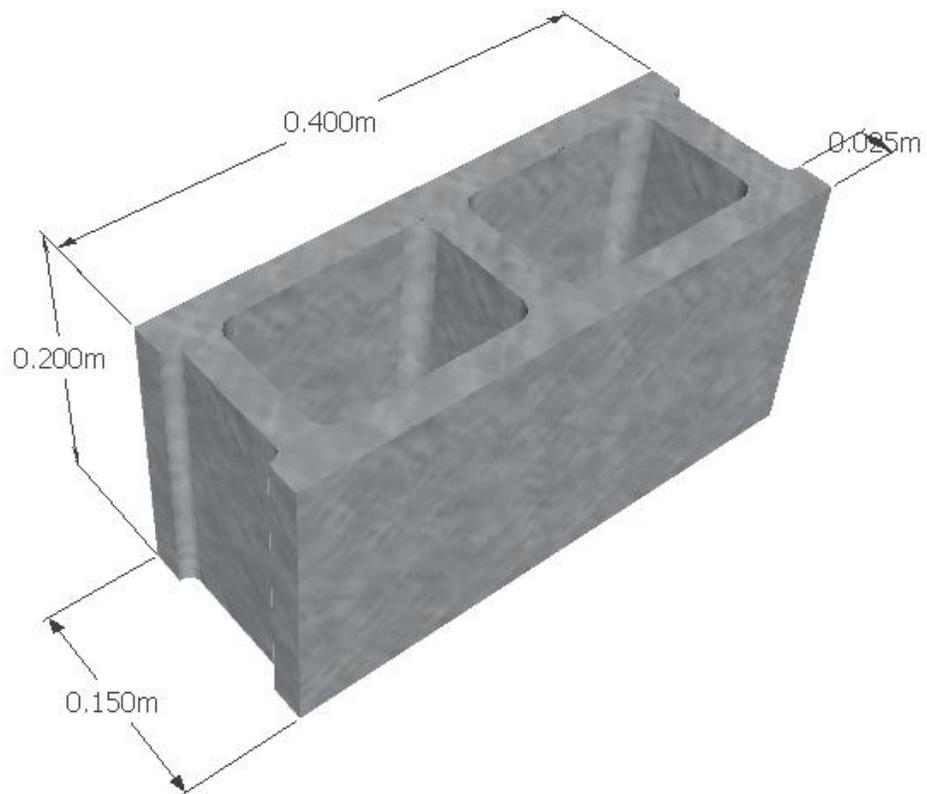


MAPA DE MACROLOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE HORMIGÓN ROJO EN ESTUDIO





DIMENSIONES DEL ESPECIMEN FABRICADO EN ESTE ESTUDIO





Estudio Técnico-Económico Comparativo de la Elaboración de Bloques de Peso Normal con Bloques Fabricados a Base de Hormigón Rojo”



Descripcion de Ensayo	Normas Aplicadas	Referencia
Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates	ASTM - C 125	Capitulo II
Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete	ASTM - C 171	
Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete	ASTM - C 143	
Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate	ASTM - C 88	Capitulo III
Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete	ASTM - C 40	
Standard Test Method for Warpage of Refractory Brick and Tile, or Deviation from Plane Surface	ASTM - C 154	
Standard Specification for Portland Cement	ASTM - C 150	
Standard Performance Specification for Hydraulic Cement	ASTM - C 1157	
Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates	ASTM - C 136	Capitulo IV
Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units	ASTM - C 331	
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate	ASTM - C 127	
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate	ASTM - C 128	
Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate	ASTM - C 29	
Standard Specification for Concrete Aggregates	ASTM - C 33	
Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete	ASTM - C 1602	Capitulo V
Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units	ASTM - C 140	
Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units	ASTM - C 90	