

**CONTROL TÉCNICO, ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL  
PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE, CAÑAVERAL, FLORIDABLANCA**

**MARIO ISAÍAS PIEDRAHITA SALAZAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

**CONTROL TÉCNICO, ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL  
PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE, CAÑAVERAL, FLORIDABLANCA**

**MARIO ISAÍAS PIEDRAHITA SALAZAR**

**Practica empresarial en la empresa Construca sa, proyecto Caminos del  
Campestre; aporte: monografía “el concreto celular”**

**Director del proyecto  
ING. DALTON MORENO GIRARDOT**

**Codirector del proyecto  
ING. CARLOS ALONSO CAMARGO**

**Tutor responsable  
ARQ. JORGE ENRIQUE RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

*A toda mi familia y a todos  
aquellos que son genuinamente  
buenos conmigo.*

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a:

**Dalton Moreno Girardot**, ingeniero civil y director del proyecto, por su valiosa colaboración e invaluable apoyo en el desarrollo de este proyecto.

**Carlos Alonso Camargo**, ingeniero civil y co-director del proyecto, por brindarme todo su conocimiento profesional durante el transcurso de la práctica empresarial.

**Jorge Enrique Rueda**, arquitecto y tutor del proyecto, residente del proyecto Caminos del Campestre, por su gran apoyo y valiosas enseñanzas.

**Hiznardo Ariza**, ingeniero civil y asesor técnico de los trabajos en concreto celular del proyecto Caminos del Campestre, por su valiosa información y accesoria suministrada para la elaboración del libro de tesis y el aporte académico presentado a la Escuela.

Empresa **CONSTRUCA SA.**, por permitirme realizar la práctica empresarial en sus instalaciones, aplicando muchos conocimientos adquiridos durante mi carrera.

Arquitecto **Jairo Sarmiento Acevedo**, por brindarme la oportunidad de realizar la práctica empresarial en la empresa a su cargo.

Ingeniero **Carlos Rueda**, por su sincero apoyo, colaboración y enseñanzas.

**Pascual Gamboa**, maestro del proyecto Caminos del Campestre, por compartir conmigo todo su apreciable conocimiento.

Ingeniero **Gustavo Viancha**, por todo el respaldo recibido desde el principio hasta el final de la practica empresarial.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.2.1 Aporte	18
2. GENERALIDADES DE CONSTRUCA SA. Y EL PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE	19
2.1 CONSTRUCA SA.	19
2.2 CAMINOS DEL CAMPESTRE	19
3. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE	20
3.1 REVISIÓN Y CONTROL DEL PRESUPUESTO Y LA PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	20
3.2 CALCULO DE COSTOS Y CANTIDADES DE OBRA	20
3.3 CONTROL TÉCNICO Y REVISIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN OBRA	21
3.4 PRODUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN CONCRETO CELULAR	21
4. APORTE – MONOGRAFÍA “EL CONCRETO CELULAR”	22
4.1 INTRODUCCIÓN	22
4.2 CONCRETO CELULAR	22
4.2.1. Concreto celular formado con espuma preformada	23

4.3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR	23
4.4 APLICACIONES PARA LOS CONCRETOS CELULARES	24
4.4.1. Densidades de 300-600 kg/m <sup>3</sup> (19-38 lbs/ft <sup>3</sup> ) logradas con cemento y espuma solamente	24
4.4.2 Densidades de 600-900 kg/m <sup>3</sup> (38-56 lbs/ft <sup>3</sup> ) logradas con arena, cemento y espuma	25
4.4.3 Densidades de 900-1200 kg/m <sup>3</sup> (56-75 lbs/ft <sup>3</sup> ) logradas con arena, cemento y espuma	25
4.4.4. Densidades de 1200-1600 kg/m <sup>3</sup> (75-100 lbs/ft <sup>3</sup> ) logradas con arena, cemento y espuma	25
4.4.5. Aplicaciones diversas	25
4.5 DISEÑO DE MEZCLAS	25
4.5.1 Cemento y Arena	26
4.5.2 Relación agua : cemento	26
4.5.3 Espuma	27
4.5.4 Fibras	27
4.5.5 Aditivos	27
4.6 PRODUCCIÓN E INSTALACIÓN	28
4.6.1 Tipos de mezclas: cemento + espuma; cemento + arena + espuma	28
4.6.2. Instalación	29
4.6.3 Curado: Curado al Aire Libre; Curado al vapor	29
4.7 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS	30
4.7.1 Resistencia - Fuerza: resistencia a la compresión, fuerza compresiva; resistencia a la tracción; resistencia al esfuerzo cortante	30
4.7.2 Contracción	30

4.7.3 Expansión	31
4.7.4 Aislamiento Acústico	31
4.7.5 Aislamiento Térmico	32
4.7.6 Resistencia al fuego	32
4.8 REDUCCIÓN DE PESO	32
4.8.1 Reducción de cargas muertas de diseño: fachadas y Muros divisorios; antepisos	33
4.8.2 Reducción de masas y cargas sísmicas	34
4.9 COSTOS DEL CONCRETO CELULAR	35
4.10 ANEXOS	36
5. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	40
AUTOR	84

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1 - <i>Proporciones de arena, cemento y espuma - por metro cúbico de concreto celular</i>	48
Tabla 2 - <i>resistencia a la compresión – densidad del concreto celular</i>	52
Tabla 3 - <i>Valores de los coeficientes conductividad térmica y transmisión térmica para el concreto celular a diferentes espesores y densidades</i>	53
Tabla 4 - <i>Comparación de los materiales de construcción y aislantes más usados</i>	54
Tabla 5 – <i>Intensidad de fuego vs. resistencia al fuego</i>	55
Tabla 6 - <i>Cantidades de concreto celular Caminos del Campestre</i>	57
Tabla 7 – <i>Comparativo de cargas producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el edificio Caminos del Campestre</i>	59
Tabla 8 - <i>Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3</i>	63
Tabla 9 – <i>Comparativo de masas para diferentes materiales producida por fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre</i>	65
Tabla 10 – <i>Masa por metro cuadrado de la edificación Caminos del Campestre utilizando distintos tipos de mampostería</i>	67
Tabla 11 - <i>Masa total utilizando distintos tipos de mampostería en el edificio Caminos del Campestre</i>	68
Tabla 12 – <i>Costo de materiales y equipos en el 2005</i>	70

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1 - <i>Vista de la pantalla de la Hoja de calculo para la dosificación del concreto celular TIGOLITH <sup>TM</sup></i>	50
Gráfico 2 – <i>Carga Kg/m<sup>2</sup> producida por el concreto celular y el ladrillo hueco en mampostería (Proyecto Caminos del Campestre)</i>	60
Gráfico 3 – <i>Porcentaje de carga de concreto celular y la mampostería hueca respecto a la carga mínima 300 Kg/m<sup>2</sup> NSR-98 para particiones y muros divisorios (Proyecto Caminos del Campestre)</i>	61
Gráfico 4 – <i>Porcentaje de carga de concreto celular y la carga mínima 300 Kg/m<sup>2</sup> NSR-98 respecto a la carga de 319,08 Kg/m<sup>2</sup> producida por mampostería hueca (Proyecto Caminos del Campestre)</i>	62
Gráfico 5 - <i>Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3</i>	63
Gráfico 6 – <i>Porcentaje de carga respecto a un antepiso en mortero 1:3, espesor 4cm</i>	64
Gráfico 7 - <i>Masas totales producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el proyecto Caminos del Campestre</i>	65
Gráfico 8 – <i>Porcentaje de Masa total producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular respecto al ladrillo hueco en el proyecto Caminos del Campestre</i>	66
Gráfico 9 - <i>Masa total utilizando distintos tipos de mampostería en el edificio Caminos del Campestre</i>	68
Gráfico 10 - <i>Porcentaje de masa total, respecto a la masa si se utilizara mampostería de ladrillo hueco H-10, edificio Caminos del Campestre</i>	69
Grafico 11 – <i>Proyecto Caminos del Campestre</i>	81
Grafico 12 – <i>Generador de espuma TIGOLITH <sup>TM</sup></i>	82

Grafico 13 – Muro en concreto celular  $e = 8 \text{ cm}$ , Proyecto Caminos del Campestre

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
ANEXO 1 - <i>Antecedentes del concreto celular y el concreto ligero</i>	41
ANEXO 2- <i>Reacciones químicas del concreto celular</i>	45
ANEXO 3 – <i>Aplicaciones diversas</i>	46
ANEXO 4 - <i>Proporciones de arena/cemento/espuma LITEBUILT®</i>	48
ANEXO 5 – <i>Hoja de calculo para la dosificación del concreto celular TIGOLITH™</i>	49
ANEXO 6 – <i>Curado al vapor del concreto celular</i>	51
ANEXO 7 – <i>Tabla relación: resistencia a la compresión – densidad del concreto celular</i>	52
ANEXO 8 - <i>Aislamiento térmico con concreto celular</i>	53
ANEXO 9 - <i>Comparación de los materiales de construcción y aislantes más usados</i>	54
ANEXO 10 – <i>Protección contra el fuego del concreto celular</i>	55
ANEXO 11 - <i>Análisis de la carga por metro cuadrado producida por el concreto celular y la mampostería de ladrillo hueco en fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre</i>	57
ANEXO 12 – <i>Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3</i>	63
ANEXO 13 – <i>Análisis de masas para diferentes materiales producida por fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre</i>	65
ANEXO 14 – <i>Análisis de masas totales de la edificación Caminos del campestre utilizando diferentes tipos de mampostería.</i>	67
ANEXO 15 – <i>Precios unitarios</i>	70



## RESUMEN

**TÍTULO:** CONTROL TÉCNICO, ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE, CAÑAVERAL, FLORIDABLANCA.\*

**AUTOR:** MARIO ISAÍAS PIEDRAHITA SALAZAR.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** CONCRETO CELULAR, CONCRETO LIVIANO, OBRA, MUROS, MEZCLAS, CONTROL TÉCNICO, CANTIDADES, AISLAMIENTO.

### DESCRIPCIÓN:

Caminos del Campestre es un proyecto residencial de la empresa CONSTRUCA SA., empresa caracterizada por ir siempre a la vanguardia de la construcción en nuestra ciudad, este proyecto presenta como novedad la utilización del concreto celular en muros divisorios, siendo la primera vez que se utiliza este sistema en la ciudad.

Este documento, aparte de mostrar generalidades del proyecto, y las labores realizadas en los seis meses de practica, pretende dar a conocer un material de construcción que ha sido ampliamente utilizado a lo largo de los años en todo el mundo, pero que hasta ahora esta haciendo su ingreso en nuestro medio, el concreto celular.

El documento incluye: características, ventajas, limitaciones, diseño de mezclas, dosificación, producción, instalación en obra y propiedades constructivas y estructurales del concreto celular hecho a base de agentes espumantes. Todo esto respaldado, en la experiencia que se tuvo en la utilización de dicho material en el proyecto Caminos del Campestre.

En Latinoamérica existe un muro invisible para el desarrollo del concreto celular, ya que, la idiosincrasia del consumidor opta por los sistemas tradicionales pesados, es por esto, que la divulgación del concreto celular debe comenzarse a partir de sus propiedades físicas y bondades económicas.

---

\* Proyecto de grado. Modalidad práctica empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director, Ingeniero Dalton Moreno Girardot

## ABSTRACT

**TITLE:** TECHNICAL CONTROL, BUDGET AND COST AND ANALYSIS OF THE “CAMINOS DEL CAMPESTRE” PROJECT, CAÑAVERAL, FLORIDABLANCA.\*

**AUTHOR:** MARIO ISAÍAS PIEDRAHITA SALAZAR.\*\*

**KEYWORDS:** CELLULAR CONCRETE, LIGHTWEIGHT CONCRETE, WORK, WALLS, MIXES, TECHNICAL CONTROL, QUANTITIES, ISOLATION.

### DESCRIPTION:

Caminos del Campestre is a residential project of the CONSTRUCA SA., company characterized for always go to the vanguard of the construction in our city, this project presents/displays as newness the use of the cellular concrete in dividing walls, being the first time that is used this system in the city.

This document, aside from showing project details, and the workings made in the six months of practice, tries to present a construction material that has been lonely used throughout the years anywhere in the world, but until now this making its enter our media, the cellular concrete.

The document includes: characteristics, advantages, limitations, mixtures design, metering, production, work installation, and constructive and structural properties of the cellular concrete made it with foaming agents. All this endorsed, in the experience that had in the use of this material in the Caminos del Campestre project .

In Latin America exists an invisible wall for the development of the cellular concrete, since, the idiosyncrasy of the consumer decides on the heavy traditional systems, is by this, that the cellular concrete spreading must begin from its physical properties and economic kindness.

---

\* Degree work. Managerial practice mode

\*\* Faculty of Engineering Physical-Mechanical. School of Civil Engineering. Director, Engineer Dalton Moreno Girardot

## **INTRODUCCIÓN**

Caminos del Campestre es un proyecto residencial de la empresa CONSTRUCA SA., empresa caracterizada por ir siempre a la vanguardia de la construcción en nuestra ciudad, este proyecto presenta como novedad la utilización del concreto celular en muros divisorios, siendo la primera vez que se utiliza este sistema en la ciudad.

Este documento, aparte de mostrar generalidades del proyecto, y las labores realizadas por mi parte en los seis meses de practica, pretende dar a conocer un material de construcción que ha sido ampliamente utilizado a lo largo de los años en todo el mundo, pero que hasta ahora esta haciendo su ingreso en nuestro medio, el concreto celular.

Tuve la fortuna de probar y experimentar con mezclas de concreto celular, aparte estuve involucrado en la producción de este en el proyecto Caminos del Campestre, apoyado en esto hice un monografía la cual tiene por objeto dar a conocer este material de manera que se convierta en una alternativa mas en la baraja de materiales usados en mampostería y otras aplicaciones.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Vigilar y controlar el desarrollo de los trabajos, en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y apego a los programas de ejecución de acuerdo con los avances, recursos asignados, rendimientos y consumos pactados en el proyecto residencial Caminos del Campestre.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar fundamentos de construcción y administración de obras en las etapas de planeamiento, ejecución, control y mantenimiento, interpretando precisamente los procesos de la edificación Caminos del campestre.
- Calcular los tiempos, cantidades y costos de la obra, para la planeación ejecución y control de los presupuestos de la misma.
- Supervisar, vigilar, controlar y revisar los trabajos realizados en obra.
- Conocer características y propiedades del concreto celular, para darle una adecuada utilización y optimizar su producción e instalación.
- Identificar los materiales, equipos y herramientas de construcción en sus características, propiedades, usos, rendimiento, almacenamiento y disposición.
- Aprender técnicas y procedimientos de construcción del sistema constructivo dual y el sistemas de placas aligeradas postensadas.

#### **1.2.1 Aporte**

Elaborar una monografía la cual incluya características, ventajas, limitaciones, diseño de mezclas, dosificación, producción, instalación en obra y propiedades constructivas y estructurales del concreto celular hecho a base de agentes espumantes. Todo esto respaldado, en la experiencia que se va tener en la utilización de dicho material en el proyecto Caminos del Campestre.

## **2. GENERALIDADES DE CONSTRUCA SA. Y EL PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE**

### **2.1 CONSTRUCA SA.**

Viendo la necesidad de desarrollar proyectos de calidad arquitectónica en la ciudad de Bucaramanga, un grupo de arquitectos constructores con una amplia experiencia en diseño, desarrollo y ejecución de proyectos arquitectónicos se reunieron para formar SPS Arquitectos con el objetivo de generar proyectos urbanísticos que llenaran la expectativa de calidad de vida de los Bumanguenses.

Por otra parte un grupo de propietarios de finca raíz se reunieron con el fin de desarrollar varios lotes ubicados en sectores estratégicos de la ciudad.

De esta unión estratégica surgen así varios proyectos en la ciudad, los cuales por una parte tienen un espíritu vanguardista en su diseño y en su tecnología de construcción y por otra toda la experiencia y respaldo de más de 20 años.

<http://www.construcasaenlinea.com/>

### **2.2 CAMINOS DEL CAMPESTRE**

El proyecto residencial Caminos del Campestre es una síntesis de diseño arquitectónico clásico y moderno unido a sistemas de construcción industrializada. Ubicado en el exclusivo sector del club Campestre en Cañaveral, cuenta con área construida igual a 7914 metros cuadrados, la cual incluye 43 apartamentos dispuestos en 12 pisos, seis niveles de sótanos para parqueaderos, y zonas sociales. El sistema constructivo es dual, con placas de entepiso postensadas y muestra como novedad la utilización del concreto celular en muros divisorios.

Ubicación: Carrera 22ª #26 – 82, Barrio La Perita, Cañaveral, Floridablanca.

### **3. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO CAMINOS DEL CAMPESTRE**

#### **3.1 REVISIÓN Y CONTROL DEL PRESUPUESTO Y LA PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO**

Durante el transcurso de la práctica se hizo un continuo control del presupuesto y la programación del proyecto. Por lo tanto era constante el calculo y el control de los gastos.

Para tal fin era necesario cuantificar las cantidades de insumos que se iban gastando y compararlas con las cantidades del presupuesto, de ahí salían las actas de obra, estas consistían en evaluar ítem por ítem el presupuesto y compararlo con lo que hasta el momento se había gastado, con el fin de controlar y corregir a tiempo cualquier desviación en el presupuesto.

Para tener un control exitoso, se hacia necesario mantener un orden, en el registro de materiales e insumos, esto se hacia mediante el kardex.

Igualmente había un control estricto sobre el alquiler de formaleta y equipos, se hacia un recuento quincenal de estos para evitar cualquier anomalía o perdida de estos.

#### **3.2 CALCULO DE COSTOS Y CANTIDADES DE OBRA**

Se hacia necesario el calculo de costos y cantidades de obra con el fin de tener un continuo control sobre el presupuesto, también fue necesario hacer este calculo, para hacer contratos de obra y solicitar insumos, como el concreto para las placas y el hierro figurado para las columnas.

Las cantidades estructurales fueron calculadas por el método de ejes y básicamente fueron cantidades de concreto y hierro estructural.

La mayoría de cantidades arquitectónicas fueron calculadas por el método de recintos, estas cantidades entre otras fueron cantidades de concreto celular en mampostería, filos, ventanas, carpintería, puntos hidráulicos y eléctricos, etc..

### **3.3 CONTROL TÉCNICO Y REVISIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN OBRA**

A fin de garantizar el cumplimiento del presupuesto y la programación, y la excelente calidad de los trabajos realizados, era necesario hacer supervisiones diarias de obra, en las cuales se evaluaban las condiciones de obra, el rendimiento de los trabajadores y el estado actual de los trabajos realizados, controlando la buena ejecución de estos.

### **3.4 PRODUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN CONCRETO CELULAR**

Se participo activamente en la puesta a punto de la mezcla de concreto celular de manera que esta fuera económica, y cumpliera con todas las condiciones de diseño, la densidad, la resistencia, la consistencia, y el acabado.

Se controlo la fundida de los muros, a manera de darle siempre un buen manejo al concreto celular procurando que prevalecieran siempre las condiciones de diseño en la mezcla y obtener altos rendimientos en el alzado de la mampostería.

## 4. APOORTE – MONOGRAFÍA “EL CONCRETO CELULAR”

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Los concretos de tipo liviano, tal como el *concreto celular* continúan ganando terreno dentro de los materiales usados tradicionalmente en la construcción. Debido a sus propiedades únicas, estos concretos empiezan a destacarse para su uso en aislamientos térmicos y acústicos en paredes y techos de todo tipo de edificaciones y residencias.

Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas; por ejemplo, reducción de las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreos. El peso que gravita sobre la cimentación de un edificio es un factor importante en el diseño del mismo especialmente hoy en día en que la tendencia es hacia la construcción de edificios cada vez más altos.

El uso y fabricación de concretos ligeros como el *concreto celular* aunque es algo novedoso, en especial en países de América Latina, no representa en ningún caso una nueva clase de material para la construcción (ANEXO 1 - *Antecedentes del concreto celular y el concreto ligero*), al ser hasta ahora recientemente introducido en nuestro medio, no es mucho el conocimiento que se tiene de este material, esta monografía pretende dar a conocer características, propiedades, usos producción del *concreto celular*, así como ventajas respecto a otros materiales, con el fin de introducir el *concreto celular*, el cual por sus propiedades promete llegar a reemplazar cada vez mas a los materiales tradicionales.

### 4.2 CONCRETO CELULAR

Se conoce como *concreto celular*, el mortero o concreto que posee en su masa cementante burbujas distribuidas uniformemente, es decir, celdas o células no intercomunicadas y homogéneas, ya sean estas celdas de aire u otro gas.

Hay dos métodos principales para la fabricación de *concreto celular*, el método químico y el método de añadir espuma preformada, en el primero la idea es ocasionar una reacción química controlada, por lo general se utilizan métodos como añadir el polvo de aluminio o polvo de zinc, en el segundo previamente se produce espuma, la cual se le añade a la mezcla.

#### **4.2.1. Concreto celular formado con espuma preformada**

Este es actualmente el mas utilizado, y el que trataremos acá en esta monografía. El *concreto celular* se crea incluyendo una multitud de microburbujas en una mezcla a base de cemento. Esto se logra mezclando un agente químico Espumador con agua, y generando espuma con la dilución, generalmente utilizando aire comprimido. La espuma se mezcla entonces con la lechada de arena/cemento/agua utilizando instalaciones convencionales para mezclar hormigón o concreto premezclado.

El *concreto celular* se comporta igual que el concreto denso pesado ordinario en la mayoría de los aspectos, tales como el curado. Sin embargo al adicionarle algún sistema que permite su disminución en la densidad, se torna un tanto mas delicado para su fabricaron que un concreto o mortero convencional, es necesario tener en cuenta los procesos químicos que suceden al interior del concreto, por ejemplo: Existen 2 reacciones químicas, que son necesarias tener en cuenta (ANEXO 2- *Reacciones químicas del concreto celular*) y que son un poco diferentes en un concreto convencional.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR**

El concreto celular tiene una buena resistencia mecánica, junto con un alto valor aislante, en una amplia gama de densidades.

Algunas de las ventajas de usar el concreto celular son:

- Construcción rápida y relativamente simple, en especial cuando es prefabricado.
- Buenas características de aislamiento térmico que proporcionan ventajas de ahorro de energía, lo que reduce los costos de funcionamiento (calefacción/aire acondicionado).
- Con los concretos compuestos celulares y ligeros los resultados son costos de construcción más bajos, y edificios con diseños más eficientes.
- Gran reducción de los costos de transporte, manejo y manipulación.
- Reducciones de peso del 10% al 87% comparado con el concreto estándar pesado, dependiendo de las proporciones y de los materiales de la mezcla La

reducción significativa del peso total da lugar a ahorros en marcos, hierros, pies o pilas estructurales. Tales ahorros son a menudo un múltiplo del costo del material mismo.

- Se transporta económicamente, ya que se requieren de grúas con capacidades más bajas y se reduce la mano de obra.
- El uso del concreto celular en construcciones prefabricadas o hincadas permite reducir el tamaño de las grúas, requiere de una mano de obra mínima para la erección y hace la obra más maleable.
- El concreto celular se puede aserrar a mano, escultar y penetrar con clavos y tornillos.
- El concreto celular es sumamente fácil de tender y alisar, y se puede colocar en obras en espesores de hasta sólo 40 mm (1½").
- Gran capacidad de aislamiento acústico.
- Es autonivelante, no requiere de vibrado.

#### **4.4 APLICACIONES PARA LOS CONCRETOS CELULARES**

La utilización de concreto ligero en edificios y construcciones se está haciendo cada vez más extensa. A continuación se presentan algunas de las aplicaciones típicas actualmente en uso:

##### **4.4.1. Densidades de 300-600 kg/m<sup>3</sup> (19-38 lbs/ft<sup>3</sup>) logradas con cemento y espuma solamente**

Este material se utiliza en azoteas y pisos como aislante térmico y acústico y se aplica en suelos rígidos (o sea en sí no es un material estructural). Se utiliza para canchas de tenis y rellenos ínterespaciales entre capas de ladrillos en paredes subterráneas, aislamiento en bloques vacíos y cualquier otra situación de relleno donde se requieren propiedades elevadas de aislamiento.

#### **4.4.2 Densidades de 600-900 kg/m<sup>3</sup> (38-56 lbs/ft<sup>3</sup>) logradas con arena, cemento y espuma**

Se emplean para la fabricación de bloques y paneles precolados/premoldeados para paredes de revestimiento o divisorias, losas para cielos rasos (techos falsos), capas de aislamiento térmico y acústico en edificios residenciales y comerciales de varios pisos. El concreto celular en esta gama de densidades es también ideal para aplicación de relleno densificante.

#### **4.4.3 Densidades de 900-1200 kg/m<sup>3</sup> (56-75 lbs/ft<sup>3</sup>) logradas con arena, cemento y espuma**

Este material se utiliza en bloques y paneles de concreto para las capas externas de edificios, así como en paredes divisorias, losas de concreto para techos y pisos.

#### **4.4.4. Densidades de 1200-1600 kg/m<sup>3</sup> (75-100 lbs/ft<sup>3</sup>) logradas con arena, cemento y espuma**

Este material se utiliza en paneles prefabricados de cualquier dimensión para usos comerciales e industriales, la colada en obra de paredes, ornamentos de paisajismo, y otras aplicaciones donde un concreto estructural liviano representa una ventaja.

#### **4.4.5. Aplicaciones diversas**

Ver (ANEXO 3 – *Aplicaciones diversas*)

### **4.5 DISEÑO DE MEZCLAS**

De acuerdo al uso y aplicación que se le va a dar se define la densidad , ya sea para antepisos, muros divisorios, o elementos estructurales. Las proporciones de la mezcla están definidas por la densidad a diseñar, por lo tanto hay que jugar con las cantidades de cemento, arena, espuma y agua.

No existe un diseño estandarizado como en el concreto convencional, ya que el agente espumante, y el mecanismo de generar espuma varia de entre las empresas productoras, por lo tanto, cada empresa encargada de la producción de *concreto celular*, se encarga de la asistencia técnica y consta de una serie de tablas, software, u hojas de cálculo, de su propiedad para obtener proporciones y dosificar las mezclas. (ANEXO 4 - *Proporciones de arena/cemento/espuma LITEBUILT®*), (ANEXO 5 – *Hoja de calculo para la dosificación del concreto celular TIGOLITH™*)

#### **4.5.1 Cemento y Arena**

Las proporciones de cemento y arena vienen de la relación cemento : arena, ej: 1:1, 1:2 , y a su vez esta relación depende de la densidad final de concreto celular esperada. En el ANEXO 4 y el ANEXO 5, se pueden apreciar tablas que relacionan la relación cemento:arena con la densidad del *concreto celular*. Las cantidades de cemento y arena, pueden darse en peso o en volumen, siendo este ultimo mas conveniente, en especial para la cantidad de arena.

#### **4.5.2 Relación agua : cemento**

La cantidad de agua que se le debe agregar a la mezcla depende del contenido de humedad de la arena, pero en promedio se utiliza entre 40-45 litros (85-90 pintas) de agua por cada 100 kg (222 lbs) de cemento. Se puede agregar agua adicional como contenido de la espuma, hasta llevar la relación agua : cemento a un máximo de 0,6. Por lo general, cuando se aumenta la cantidad de espuma, por ejemplo para las densidades más ligeras, se puede reducir entonces la cantidad de agua.

La relación agua : cemento debería ser tan baja como sea posible para evitar un encogimiento innecesario en los moldes; sin embargo, se debe recordar que si en primera instancia la cantidad de agua que se le añade al cemento y arena es demasiado baja, la humedad necesaria para hacer una mezcla maleable se va a extraer de la espuma cuando se agrega ésta, destruyendo así parte de la espuma, lo que resulta ser una manera costosa de agregarle agua a la mezcla.

Se deberían realizar pruebas para cualquier mezcla particular que se requiera a fin de obtener un concreto celular que tenga una consistencia cremosa y fluida.

### 4.5.3 Espuma

La producción de espuma se realiza mediante una maquina, llamada generador de espuma, las características de esta maquina difieren de acuerdo al fabricante, en ella se mezcla el agente espumante con agua a fin de producir espuma, tiene un temporizador el cual permite controlar el tiempo de expulsión de espuma.

La proporción de espuma depende de la densidad de concreto celular a diseñar, en el ANEXO 5 se puede ver un ejemplo.

La cantidad de espuma se da en volumen, y dependiendo del caudal de la manguera del generador de espuma, esta cantidad se convierte a tiempo por ejemplo:

Si para determinada mezcla se tiene una cantidad de espuma de 80 litros, y la manguera expulsa 2 litros por segundo de espuma, se requieren 40 segundos para despedir los 80 litros.

### 4.5.4 Fibras

Se pueden incluir en la mezcla fibras de materiales sintéticos como el polipropileno, con el fin de mejorar de mejorar propiedades del *concreto celular*, sin modificar los métodos de mezclado y colocación.

Al incluir fibras, se reduce los esfuerzos intrínsecos (perdida de plasticidad, asentamiento plástico, contracciones térmicas rápidas).

Para su empleo se debe manejar una dosificación de 1 Kg. De fibra por un m<sup>3</sup> de concreto a fundir.

### 4.5.5 Aditivos

Al igual que el concreto normal, se pueden incluir aditivos, pero los resultados no se dan siempre en las mismas proporciones que para este, por lo tanto, si se quiere ganar alguna característica o propiedad mediante la inclusión de aditivos, es conveniente previamente realizar pruebas, a fin de encontrar la dosis optima del aditivo a utilizar.

En algunas ocasiones debido a las reacciones químicas del *concreto celular* ver ANEXO 2, se hace necesario a fin de ganar resistencia temprana utilizar un aditivo acelerante, para evitar que la mezcla sufra asentamientos considerables. El uso

de un acelerante, también permite desencofrar mas rápido, dándole mayor rotación a la formaleta.

## **4.6 PRODUCCIÓN E INSTALACIÓN**

La producción de concreto celular, se realiza en instalaciones convencionales para mezclar concreto tradicional, mezcladoras o trompos, o en camiones de concreto premezclado, dependiendo de la capacidad del generador de espuma.

### **4.6.1 Tipos de mezclas**

Existen dos mezclas principales que constituyen la mayoría de las construcciones con *concreto celular*.

#### **- Cemento + Espuma**

Mientras que la mezcladora de cemento o el camión de concreto premezclado está en movimiento, se introducen el agua y el cemento y se mezclan hasta lograr una mezcla completamente homogénea. Una vez que se logra la mezcla de base, se puede inyectar la cantidad necesaria de espuma en la revolvedora y se sigue mezclando hasta que la espuma esté completamente envuelta en la masa integral. En ese momento, la mezcla está lista para ser descargada en los moldes o en cualquier sitio en que se deba vaciar.

Aunque es posible obtener mezclas homogéneas de cemento, se recomienda la adición de un poco de arena (aproximadamente un 25%) para evitar que se formen grumos. Así mismo, es importante mezclar el cemento y el agua antes de inyectar la espuma.

#### **- Cemento + Arena + Espuma**

En esta situación, el agua, el arena y el cemento se agregan en la mezcladora en este mismo orden y se mezclan bien hasta obtener un mortero homogéneo antes de agregar la espuma.

Si se utiliza mortero premezclado, es solo agregarle la espuma al camión y esperar que esta quede completamente mezclada con el mortero, formando una masa integral.

#### **4.6.2. Instalación**

Se realiza de la misma manera que con un concreto convencional, con la diferencia que en el concreto celular se debe tener cuidado de no manipularlo de una manera brusca, ya que se puede romper la estructura celular, una vez producido no se puede revolver, por tal razón no se debe vibrar, además no lo requiere debido a su propiedad autonivelante

La estructura de las burbujas de la espuma del concreto celular es sumamente fuerte y puede soportar ser bombeada a alturas sorprendentemente altas sin perder el aire atrapado. La bomba más apropiada para este propósito es una bomba "exprimidora". En algunas situaciones, una bomba con abastecimiento por tornillo también es satisfactoria.

#### **4.6.3 Curado**

El *concreto celular* se tiene un comportamiento igual en el aspecto del curado al concreto tradicional, sin embargo para ganar resistencia el *concreto celular* se puede curar al vapor, en cámaras de presión, llamadas autoclaves.

##### **- Curado al Aire Libre**

Este es probablemente el método más popular y fácil de curar el concreto. Es un sistema lento pero aceptable que permite una rotación promedio de las formaletas cada 24 horas, dependiendo de la temperatura ambiente.

##### **- Curado al vapor**

Ver (ANEXO 6 – *Curado al vapor del concreto celular*)

## **4.7 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS**

### **4.7.1 Resistencia - Fuerza**

#### **- Resistencia a la compresión, fuerza compresiva**

La resistencia a la compresión del Concreto Compuesto Ligero y Celular está influenciada por muchos factores; tales como la densidad, la edad, el contenido de humedad, las características físicas y químicas de los materiales componentes y las proporciones de las mezclas. Por ello es aconsejable mantener constantes las proporciones de las mezclas, los tipos de cemento y arena y cualquier otro material para aumentar el volumen, así como los métodos de producción. Existe una relación entre la densidad y la resistencia ver (ANEXO 7 – *tabla relación: resistencia a la compresión – densidad del concreto celular*), por lo que cualquier cambio en los factores arriba mencionados hará variar la relación de manera considerable.

#### **- Resistencia a la tracción**

Dependiendo del método de curado, la resistencia a la tracción del concreto con espuma puede ser de hasta 0,25 de su resistencia a la compresión, con una deformación de cerca del 0,1% en el momento de ruptura.

#### **- Resistencia al esfuerzo cortante**

Generalmente la resistencia al esfuerzo cortante varía del 6% al 10% de la resistencia a la compresión. Raramente se requiere de refuerzos contra los esfuerzos cortantes en unidades para pisos y techos.

### **4.7.2 Contracción**

El Concreto Celular al igual que todos los materiales de cemento, pasa por un fenómeno de contracción durante el período de fraguado. El grado de contracción depende de varios factores, como por ejemplo el tipo de cemento, el tipo de curado, la dimensión y la calidad de la arena, la cantidad de cemento en la

mezcla, la densidad del concreto con espuma, así como la relación agua : cemento.

La mayor parte de la contracción ocurre durante los primeros 28 días, después de los cuales es insignificante. Durante los primeros 28 días, si las condiciones de fabricación del concreto con espuma se controlan bien, la contracción se puede mantener a menos de un 0,1%.

Este hecho es de particular importancia ya que las grietas en paredes, a menudo causadas por movimientos en los cimientos, frecuentemente se atribuyen al encogimiento del concreto. Si ocurre una grieta después de los primeros 28 días después de vaciar el concreto, es prácticamente imposible que se deba a la contracción.

#### **4.7.3 Expansión**

El coeficiente de expansión lineal del Concreto Celular esta en el mismo orden que el del concreto normal, o sea de 0,000009 por grado centígrado (0,000005 por grado Fahrenheit). Este factor se hace importante cuando se utiliza el Concreto Celular en superficies grandes de losas para techos que están expuestas al calor y al frío.

#### **4.7.4 Aislamiento Acústico**

El Concreto Celular tiene una capacidad elevada de absorción acústica. Por lo general, el concreto denso tiende a reflejar el ruido, mientras que el Concreto Celular absorbe los sonidos. Sin embargo, la transmisión acústica por paredes convencionales, en la mayoría de la gama de frecuencias audibles, podría ser un 2-3% más alta comparado con el concreto denso. En la mayoría de los casos esta ligera desventaja es académica, ya que por lo general las paredes se revocan y/o se pintan. Esto a su vez hace que una pared refleje el sonido de la misma manera que el concreto denso. Por otra parte, el Concreto Aireado Celular absorbe los sonidos de baja frecuencia, por lo que a menudo se utiliza como capa aislante en losas de concreto estructural, para restringir la transmisión del ruido de un piso a otro en edificios residenciales o comerciales de varios pisos.

#### **4.7.5 Aislamiento Térmico**

El aislamiento térmico es una de las características más extraordinarias del Concreto Celular.

Debido a su estructura celular, el Concreto Aireado ofrece una transmisión muy baja de calor. Esto significa que en la mayoría de los casos, no se necesita usar aislamiento adicional en pisos y paredes.

El alto coeficiente de aislamiento térmico del material se hace importante a medida que se ahorra energía reduciendo los requisitos de calefacción y de aire acondicionado, proporcionando mayor comodidad en una amplia gama de condiciones climáticas. El (ANEXO 8 - *Aislamiento térmico con concreto celular*) muestra la relación entre la conductividad térmica y varias densidades.

El rendimiento térmico del *concreto celular* reduce considerablemente la condensación de la humedad atmosférica, que resulta de cambios en la temperatura ambiente. El *concreto celular* es completamente no-tóxico.

En muchas partes del mundo, se requiere que las viviendas y edificios nuevos tengan paredes y techos aislados a fin de conservar energía. El (ANEXO 9 - *Comparación de los materiales de construcción y aislantes más usados*) demuestra el valor económico superior de usar concreto celular con espuma comparado con los demás materiales aislantes que generalmente se emplean.

#### **4.7.6 Resistencia al fuego**

El concreto celular es no combustible y gran parte de sus resistencia a los efectos del fuego se atribuyen a la fuerte proporción de agua que contiene en su estructura la cual tiene que ser eliminada de el antes de que se presente la falla de mortero concreto celular. Ver (ANEXO 10 – *Protección contra el fuego del concreto celular*)

#### **4.8 REDUCCIÓN DE PESO**

Sin duda alguna una de las ventajas mas importantes del concreto celular, es su peso liviano, el cual permite reducir cargas muertas de diseño y por ende masa de la edificación.

#### 4.8.1 Reducción de cargas muertas de diseño

##### - Fachadas y Muros divisorios

La densidad del concreto celular, es relativamente menor a la de otros materiales, comúnmente utilizados en mampostería, por lo tanto se tendrá menor carga por metro cuadrado, concerniente a fachadas y muros divisorios. Aparte al ser muros de macizos se requiere un espesor menor, respecto a otros materiales, por ejemplo un muro en concreto celular de 8 centímetros, equivale a un muro de ladrillo hueco H-10 (10 centímetros de espesor), aparte el muro de ladrillo hueco requiere friso, y el de *concreto celular* no; por lo tanto aparte de ser mas pesados los muros en mampostería hueca, requieren mas espacio, razón por la cual se logran ahorros considerables en carga al utilizar concreto celular.

Se hizo un análisis de carga por metro cuadrado en el proyecto “Caminos del Campestre” Floridablanca, Santander ver (ANEXO 11 - *Análisis de la carga por metro cuadrado producida por el concreto celular y la mampostería de ladrillo hueco en fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre*) con el fin de comparar la carga producida por diferentes materiales utilizados en mampostería.

Viendo la tabla 7 y el gráficos 2, se observa que la carga producida por la mampostería hueca de ladrillo H-10 (319,08 kg/m<sup>2</sup>) es un poco mayor a la carga mínima (300 kg/m<sup>2</sup>) de la NSR-98 (Carga mínima si no se realiza un análisis de carga detallado), mientras que la carga producida por muros de 8 centímetros concreto celular de densidades 800 y 1100 kg/m<sup>3</sup>, es 120,84 y 166,2 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, carga mucho menor a la mínima de la norma y a la del ladrillo H-10.

Se ve claramente en los gráficos 3 y 4 la disminución de carga, al utilizar *Concreto Celular* densidad = 800 Kg/m<sup>3</sup> (este es el concreto que se utilizó en el proyecto Caminos del Campestre). Se alcanzan reducciones de alrededor del 60% respecto a la carga mínima de la NSR-98 y la carga si se utilizara mampostería hueca; si se utiliza *Concreto Celular* densidad = 1100 Kg/m<sup>3</sup>, también se tiene un ahorro en carga significativo logrando reducciones de alrededor del 45% respecto a la carga mínima de la NSR-98 y a la carga si se utilizara mampostería hueca. Sin duda esta gran reducción de la carga muerta de diseño, se traduce en diseños mas económicos, con un menor cuantía de hierros.

## - Antepisos

Para la Aplicación de los antepisos se utiliza generalmente una densidad de 500 kg/m<sup>3</sup> de concreto celular, densidad mucho menor que los 2100 kg/m<sup>3</sup> de mortero 1:3, material comúnmente utilizado en los antepisos.

La descripción de los antepisos de *concreto celular* se da en el (ANEXO 3 - *Aplicaciones diversas*)

Se puede ver en el (ANEXO 12 – *Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3*) que utilizar concreto celular de densidad 500 Kg/m<sup>3</sup> se logra una reducción de carga del 76% respecto al mortero 1:3.

Se comprueba una de las mayores ventajas del *Concreto Celular*, al ser un material liviano, reduce las cargas muertas de diseño, lo que conlleva a diseños mas económicos, esta reducción significativa, puede dar lugar a ahorros en secciones, marcos, hierros, zapatas, y pilas estructurales.

### 4.8.2 Reducción de masas y cargas sísmicas

Otra de las ventajas que ofrece el concreto celular, respecto a otros materiales comúnmente usados en mampostería es el hecho que por ser un material liviano, se tienen menor masas en la edificación, por lo tanto el edificio tendrá un mejor desempeño sísmico.

Asiendo un análisis de masas producidas únicamente por la mampostería en el proyecto (Caminos del Campestre) ver (ANEXO 13 – *Análisis de masas para diferentes materiales producida por fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre*) Se aprecia la reducción en masa, cuando se utiliza *concreto celular*. Si se utilizan muros de 8 centímetros de concreto celular, de densidades 800 y 1100 kg/m<sup>3</sup>, se logra una reducción de masa respecto a utilizar muros de ladrillo H-10 de aproximadamente el 65% y 45% respectivamente.

Pero la masa de la mampostería es solo un parte de la masa total del edificio, para saber la incidencia de utilizar concreto celular en la masa total de la edificación, dato mas relevante que el anterior, se realizo un análisis de masas totales ver (ANEXO 14 – *Análisis de masas totales de la edificación Caminos del campestre utilizando diferentes tipos de mampostería*), en el se encontró que al utilizar muros de 8 centímetros de concreto celular, de densidades 800 y 1100 kg/m<sup>3</sup>, se tiene una masa total de edificación de aproximadamente 5700 y 6000 toneladas respectivamente. Si se utiliza mampostería de ladrillo hueco H-10, la masa total del edificio es cerca de 7300 toneladas; Utilizando concreto celular, se logro ahorrar mas de 1000 toneladas de masa de la edificación en el proyecto Caminos del Campestre, eso es cerca del 20% de la masa si se utilizara mampostería hueca (Ver gráficos 9 y 10). Este ahorro se Ahorro se ve reflejado en un diseño

mas económico, ya que por ejemplo el tamaño de la cimentación es directamente proporcional al peso de la edificación, por lo tanto si la masa se reduce en un 10% el tamaño de esta también. En lugares como Ciudad de Méjico, debido a las pobres condiciones de suelo, se ha venido utilizando cada vez mas el *concreto celular*, a fin de hacer mas livianas las construcciones, para no tener que hacer cimientos muy grandes.

En cuanto al comportamiento sísmico se sabe que las fuerzas sísmicas son proporcionales a las masas de la edificación, y se disminuyen las masas, disminuirán estas fuerzas, en el Edificio Caminos del campestre que se alcanzan reducciones en masa por utilizar *concreto celular* del 20%, se tendrá un cortante sísmico en la base (método de la fuerza horizontal equivalente) un 20% menor. Esto conlleva a diseños mas eficientes y económicos. En el mundo se esta tomando cultura de hacer cada vez mas livianas las edificaciones, a fin de que estas tengan mejores desempeños.

#### **4.9 COSTOS DEL CONCRETO CELULAR**

Los precios unitarios del concreto celular en todo lo concerniente a producción, mampostería y antepisos, así como los precios unitarios de frisos, mampostería de arcilla y antepisos de mortero. Se pueden observar en el ANEXO 15 – Precios unitarios.

Observando los costos en el ANEXO 15 se puede observar que no hay diferencia entre el concreto celular hecho totalmente en obra y el concreto celular hecho con concreto premezclado, esto radica en que aunque son mas costosos los materiales (el mortero), en el concreto celular hecho con mortero premezclado se tiene un mayor rendimiento con este, por lo tanto los costos por mano de obra y equipos son menores. Hay que tener en cuenta que no todos los generadores de espuma están en capacidad de abastecer un camión de concreto premezclado, por esto muchas veces la utilización de mortero premezclado en la fabricación de concreto celular no es posible.

Comparando el costo de un muro en ladrillo hueco de arcilla H-10 (sin friso), comúnmente utilizado en muros divisorios, con su equivalente en concreto celular un muro macizo de 8 centímetros hecho in-situ (siempre al ser macizo el muro de concreto celular requiere menos espesor para desempeñar la misma función que un muro de mampostería hueca) se ve que el costo del muro en concreto celular es casi el doble que el muro en mampostería hueca, la razón es por que el costo de los materiales, equipos y mano de obra es mayor. El costo de los materiales es mayor, ya que el muro macizo en concreto celular requiere refuerzo, por lo tanto hay que adicionarle el costo de la malla electrosoldada, (se utilizan mallas de calibre pequeño). El costo de los equipos es mayor ya que el muro macizo en

concreto celular requiere formaleta, y el costo de la mano de obra es mayor, ya que este cubre la armada y desarmada de la formaleta, y la fundida del muro.

Sin embargo si se utiliza una buena formaleta en el muro macizo de concreto celular se puede ahorrar el friso, por lo cual un muro macizo de 8 centímetros de concreto celular, es alrededor de 25% mas barato que el muro en ladrillo H-10 ya frisado. Razón por la cual se hace importante para el constructor invertir en una buena formaleta si va a utilizar la alternativa del concreto celular.

Existe otra alternativa que son los muros en bloque prefabricado de concreto celular ver (ANEXO 3 – Aplicaciones diversas), son una muy buena opción, ya que al ser prefabricados tienen muy buenos acabados y no requieren friso, además tienen un excelente rendimiento. Comparándole costo de un muro de este tipo de (bloque prefabricado en concreto celular de 12,5\*25\*25 centímetros) y el costo de su equivalente en mampostería de arcilla hueca de (Ladrillo H-12), se puede ver que costo del primero cercano a la mitad del segundo. El inconveniente radica en la escasa o nula producción de estos bloques en regiones como América Latina.

Otra de las aplicaciones que es comúnmente usada son los antepisos ver (ANEXO 3 – Aplicaciones diversas), su uso se ha difundido ya que el costo de un antepiso en concreto celular es cercano al costo de su similar en mortero, razón por la cual cada vez mas constructores adoptan esta opción ya que les significa mayores ventajas, sin aumentar los costos.

El gran ahorro al utilizar concreto celular no esta en la mampostería directamente, si no en la estructura; como ya se vio en los anteriores capítulos es mucho mas liviano que la mampostería tradicionalmente usada, además requiere menos espesores, esto conlleva a menores masas y cargas, haciendo diseños mas económicos, logrando ahorros significativos en secciones y en aceros.

#### **4.10 ANEXOS**

Ver ANEXOS (1 al 15)

## 5. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- El principal aliado en el control de gastos en una obra es el orden, se debe mantener un orden en el manejo de entradas y salidas, teniendo sistemas para registrar estas, y soportándolas con recibos y archivos guardados apropiadamente.
- La reprogramación de actividades es muy importante en cualquier obra debido a que las circunstancias que afectan el proyecto tanto internas como externas, no permiten el correcto avance de lo planeado.
- El concreto celular es una alternativa nueva en nuestro medio, la cual espera que cada vez mas constructores conozcan sus ventajas y propiedades a fin de su utilización.
- La principal ventaja del concreto celular es que al ser un material liviano, reduce cargas y masas en las edificaciones.
- Mundialmente se esta generando una cultura de construir edificaciones livianas, ya que estas además de significar diseños mas económicos, son mas eficientes en especial ante un sismo.
- La utilización del concreto celular es muy joven en nuestro país, la mayoría de insumos y equipos son importados, y es poca la gente en nuestro medio que conoce del tema. Hace falta difundir conocimiento para favorecer e inducir su utilización.
- Por lo general la gente es reacia al cambio, por esta razón y el poco conocimiento que se tiene en el tema, el afianzamiento del concreto celular como material de construcción en nuestro medio puede ser bastante demorado.

## 6. RECOMENDACIONES

- Es indispensable implementar técnicas de planeación y control, indispensables en el control del avance real con lo programado.
- Mantener un orden en el control de entradas y salidas, en la obra, teniendo sistemas dinámicos, rápidos y fáciles de utilizar para registrar cualquier movimiento.
- Tener un orden en el archivo de recibos, planos y documentos a fin de facilitar y agilizar el control.
- Realizar charlas y seminarios a fin de difundir entre la gente y en especial en los constructores la utilización del concreto celular.
- Ya que los muros en concreto celular requieren formaleta, se recomienda tener en cuenta a esta a la hora de diseñarlos, con el fin de darle una mejor utilización y tener mejores rendimientos.
- A la hora de mezclar se recomienda medir el caudal de espuma a fin de garantizar las condiciones de diseño y el buen resultado final del producto.
- Adoptar prontamente la cultura de hacer cada vez mas livianas las edificaciones, para que estas sean mas económicas y eficientes.
- Tener la mente abierta a nuevos materiales y nuevas técnicas de construcción, ya que en muchas ocasiones, permiten mayores ventajas y ahorros.

## BIBLIOGRAFÍA

LIGHTWEIGHT CONCRETE. 1963  
Editorial Limusa - Wiley S.A. 1967

LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO EN LA OBRA PRIVADA Y PUBLICA  
Carlos Suárez Salazar - Editorial Limusa 1997

MANUAL TÉCNICO CONCRETO AIREADO ULTRALIVIANO LITEBUILT  
Pan pacific group of companies 2005 pan pacific management resources pty ltd

KINNIBURGH, W. 1948: A Work study in block laying, National Building study  
technical paper N°1 Londres. Her Majesty's stationery office.

CONCRETO CELULAR  
Artículo revista *Entrepreneur* en español, Méjico, Julio 2001

EN BUSCA DE UN HOGAR SEGURO  
Reportaje Periódico el diario de hoy, El Salvador, Diciembre 2002

NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO  
RESISTENTE NSR-98  
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

# ANEXOS

## **ANEXO 1 - Antecedentes del concreto celular y el concreto ligero**

Aun cuando el concreto ligero se ha hecho ya 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 empleo 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 44mt, del 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 a usado mucho como agregado de peso ligero. Antes de la ultima guerra mundial, el concreto 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 o 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 empleo durante los primeros años se destino exclusivamente a la fabricación de bloques. Las mejoras de sus propiedades condujeron al desarrollo de unidades reforzadas, de suerte que hoy en día más de la mitad de la producción de concreto aireado en Suecia, se hace en esta forma. No fue sino por el año de 1950 se introdujo en Inglaterra el concreto aireado para elementos de carga y por casi diez años no se tenía más que una sola fábrica dedicada únicamente a la producción de bloques, actualmente en Gran Bretaña existen por lo menos veinte fabricas.

En Gran Bretaña el concreto ligero se fabricaba con escoria de termoeléctricas a base de carbón, pero la gran aceptación del material obligo a que la demanda creciera acabando con las pocas existencias que habían de polvo de ceniza, a raíz de esto se implemento el concreto ligero a base de espumas jabonosas que permitieran el encapsulamiento del aire, por tanto, la industria del concreto esta basada en gran parte en una reorientación radical de las provisiones disponibles

de materiales, para ser seguido presumiblemente por una reorganización de los precios base en la industria. En el pasado, la disponibilidad de varios materiales como la escoria de hulla y el carbón retardaron el desenvolvimiento de otro tipo de agregado como es el de la adición de espuma.

En Alemania a raíz de la segunda guerra mundial provocó un agotamiento de agregado como la piedra pómez a las industrias productoras de bloques y precolados y por el uso acrecentado del concreto colado in-situ como la industria (Schüttbeton) que se ha hecho en la Alemania occidental y en otros países, sufrió una gran crisis debido al abastecimiento del material de cantera, por lo tanto tubo una gran acogida la iniciación de agregados a base de espuma. Una cantidad limitada de arcilla expandida también se esta fabricando por un proceso de espuma cerca de Hamburgo, basándose en un proceso Danés. La ampliación de la producción de agregado ligero en Alemania con la adopción de técnicas ya probadas y desarrolladas en Inglaterra se encuentra también en activo desarrollo, a demás, se dispone de un volumen considerable de productos precolados y curados en autoclave, procedente de un buen numero de fabricas de concreto aireado o espumado que trabajan con asistencia técnica sueca.

En Francia, la mayor parte de producción de agregado de peso ligero existe en torno a la industria de hierro de la provincia de Alsacia; las escorias espumosas se están produciendo por medio de la utilización de métodos y normas Británicas.

En los Estados Unidos de Norteamérica el desarrollo en gran escala del concreto ligero fue más rápido que en ninguna otra parte, debido principalmente a que el enorme tamaño de este país origina altos costos de transporte para mover materiales pesados a través de grandes distancias para llegar a los sitios de las obras; este factor también debe ser aumentado al de los costos de la mano de obra relativamente altos. Aunque no parece haber escasez de agregados estos se encuentran a distancias considerables de los centros de prefabricados; es entonces cuando resulta más económico el uso de agregados a base de espumas producidos en la misma planta. Estos factores han conducido al desenvolvimiento más tecnificado del uso del concreto celular.

En cierta forma el desarrollo de todos los tipos de concretos ligeros y principalmente el de base de espuma en los países de Europa oriental y Asia esta supeditado a los mismos factores que en los Estados Unidos de Norteamérica, en ellos también se tienen grandes distancias de transportes, grandes necesidades por satisfacer en tiempos relativamente cortos y una gran variedad de materias primas tanto naturales como artificiales. El desarrollo del concreto ligero en esos países esta favorecido en gran parte por las políticas de inversión de capitales, las cuales no requieren forzosamente que el capital invertido obtenga buenas utilidades. A demás de las necesidades normales de nuevos edificios tanto en uso industrial como para habitación en estas grandes áreas subdesarrolladas, existen en Europa oriental una gran escasez de habitaciones y construcciones en general,

debido a los efectos de la guerra. Por ello, tanto la producción de agregados de peso ligero (principalmente escorias espumosas y arcillas expandidas) como la de concreto aireado o celular a tomado gran auge, de manera que ahora se efectúa en gran escala.

El desarrollo de nuevos tipos de concretos ligeros como el celular, y el uso creciente de tales materiales de construcción se ve reflejado, y al mismo tiempo alentado y ayudado, por el trabajo de investigadores de muchas "instituciones de investigación" en todo el mundo. En Gran Bretaña, se inicio este trabajo en el "Building Research Station", donde Lea, Parker, Newman, Nurse, Bessey y otros llevaron a cabo una serie de estudios experimentales sobre la manufactura y propiedades del concreto celular y de otros agregados de peso ligero. Estas investigaciones fueron, en realidad, ampliadas al uso del concreto ligero para fines estructurales por Thomas, pero con la guerra dicho trabajo tubo que ser suspendido para continuarse muchos años después. Entre tanto, la "Building Research Station" y algunos otros centros de investigación, habían logrado el uso de nuevos tipos de agregados hecho con las cenizas de polvos combustibles, cuyo desecho era un problema para las plantas termoeléctricas.

En los Estados Unidos de Norte América las investigaciones precursoras hechas por el "National Bureau of Standards", sobre las propiedades del material de un gran número de agregados de peso ligero de distintos tipos y de los concretos ligeros hechos con tales agregados fueron seguidas por los laboratorios de la "Portland Cement Association", de Chicago, en donde Shideler y otros investigadores realizaron programas de investigación sobre la aplicación estructural de estos materiales. A ellos se unieron también otros investigadores que trabajaron en laboratorios de varias universidades Norteamericanas, entre quienes figuran primeramente Richart y Jensen, de Illinois, seguidos por otros investigadores de las universidades de Texas, Ohio y Oregon. Estas personas se ocuparon principalmente de estudiar el comportamiento de varios tipos de particulares de concretos con agregados de peso ligero.

En Alemania las investigaciones se han concentrado principalmente en los concretos aireados espumosos o celulares. Entre los primeros principalmente el "Instituto de Investigaciones de la Industria del Cemento" en Düsseldorf. Y el "Instituto de Investigación de las Escorias" en Rheinhausen.

En la Unión Soviética las investigaciones sobre el concreto ligero son llevadas a cabo principalmente por los institutos de investigación de la construcción Leningrado y Moscú, aunque últimamente el interés de las Repúblicas más recientemente desarrolladas en la federación se observa en las publicaciones que tratan de los materiales locales; en especial, del tipo de arcillas sinterizadas. El uso de concreto espumado para tableros muy grandes y las consecuentes dificultades para proporcionar autoclave o hornos de secado de tamaño adecuado, han sido los temas de investigación en una escala industrial.

las normas locales sobre las construcciones y adecuaciones en concreto celular en algunos países no están totalmente definidas, por lo tanto se debe tener cuidado a la hora de fijar manuales y códigos muy rígidos, ya que, no permiten la aplicación del concreto celular en estructuras que aparentemente sean impropias, lo mismo que las normas no deben ser lo suficientemente flexibles ya que esto ocasiona el deterioro de las estructuras y por ende la no aceptación del producto.

El desarrollo del concreto celular en Latinoamérica a alcanzado un buen nivel de aceptación y de producción, en Brasil el concreto celular a alcanzado un auge importante en monumentos y estatuas ostentosas de gran tamaño y poco peso, así mismo, es utilizado en viviendas de nivel social alto para la fabricación de muros aislantes térmicos y acústicos, existen aproximadamente siete empresas dedicadas a estos propósitos. En Argentina el concreto celular a sido implementado a través de bombas generadoras de espuma y en la construcción de bloques de gran tamaño y poco peso, en plantas de prefabricados como Ardal (firma Alemana constituida en Argentina), además fabricantes de equipos como: ISOCROM, el cual, ha adelantado tecnología propia en equipos espumantes. En Venezuela se emplea el concreto celular para vivienda industrializada, losas de pavimentación y rellenos, el concreto celular en este país, pese a que es más económico, es vendido más costoso que el concreto normal, ya que, son explotadas sus propiedades físicas como aislantes térmicos o acústicos y la auto nivelación, existe actualmente Concrecel Venezuela que distribuye concreto para fundir in-situ, y Geomateriales y Obras Civiles Rhen C.A. Que distribuye bombas generadoras de espuma con tecnología Colombiana. En México Cemex trabaja el concreto celular vendiéndolo como concreto móvil para ser colado in -situ y es utilizado para aliviar cargas muertas en estructuras, ya que, las condiciones del suelo así lo exigen, así mismo la empresa COMIMSA (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales) investiga y crea nuevas tendencias aplicando el concreto celular en construcciones sociales industrializadas y su novedoso sistema de muros IZADOS Y SOLDADOS IN SITU, con tecnología Colombiana, obteniendo un alto nivel de tecnología e innovación. En Colombia la empresa Concretos Celulares Ltda. lleva realizando investigaciones hace quince años, tanto así que ha desarrollado la maquinaria completa para diferentes usos de bombas generadoras de espumas, aditivos y mezcladoras, se han exportado más de 55 unidades para generar concreto celular, los países que solicitan más nuestra maquinaria son Venezuela, México Y Brasil.

En Colombia se han realizado diferentes tipos de obras entre ellos vivienda social totalmente en concreto celular, rellenos para acometidas en tuberías, soportes geotécnicos, pavimentaciones y rellenos.

En Latinoamérica existe un muro invisible para el desarrollo del concreto celular, ya que, la idiosincrasia del consumidor opta por los sistemas tradicionales pesados, es por esto, que la divulgación del concreto celular debe comenzarse a partir de sus propiedades físicas y bondades económicas.

## **ANEXO 2- Reacciones químicas del concreto celular**

Existen 2 reacciones químicas en el *concreto celular*, que son necesarias tener en cuenta y que son un poco diferentes en un concreto convencional:

**Reacción primaria** , la cual, consta (hidrólisis, hidratación y una carbonatación), estos procesos iniciales son fundamentales, en la hidrólisis, por ejemplo, el concreto convencional a base de cemento Pórtland interactúa con el agua para dar formación a los diferentes compuestos como los aluminatos y los silicatos, en el concreto a base de polvo de aluminio, estas reacciones involucran mas procesos que son diferentes a los de un concreto convencional, aunque en si esta compuesto de lo mismo, ambos concretos presentan a la larga diferencias, que estructuralmente varían, por ejemplo la disminución de la resistencia final.

**Reacción secundaria** , la cual, involucra una deshidratación, calor de hidratación y una exudación, por ejemplo: en un concreto convencional es diferente la deshidratación en 3 horas a la deshidratación que sufre un concreto a base de espuma preformada, la cual es mayor y por lo tanto se deben tener ciertos cuidados en esta etapa, ya que su deficiencia, causa:

1. Una contracción por secado , que a la larga generara grietas.
2. Una deficiencia estructural , en donde posiblemente se tendrán diferencias elevadas entre una muestra y otra, un grado de temperatura junto con un litro mas de agua en su curado son suficientes par que se presenten tales diferencias, esto es explicable, ya que el concreto de espuma preformada involucra relaciones de agua / cemento, mucho mas elevadas que las de un concreto convencional, además, el curado del concreto convencional, esta basado en el entrapamiento del producto, mientras que en concretos celulares, este proceso difiere, ellos necesitan agua controlada administrada por un tiempo preciso a una temperatura ideal.

## **ANEXO 3 – Aplicaciones diversas**

### **Losas para Suelos de Pavimento Rígido (Antepisos)**

Consisten en una capa de concreto celular debajo de baldosas cerámicas, pavimentos de mármol, baldosas de cemento etc. Generalmente se utiliza una densidad de  $500 \text{ kg/m}^3$  ( $31 \text{ lbs/ft}^3$ ), lograda con cemento y espuma solamente, para ganar propiedades de aislamiento térmico y acústico, y al mismo tiempo cargar lo menos posible la estructura.

El espesor mínimo recomendado para una losa de este tipo es de 40 mm ( $1\frac{1}{2}$ ").

Antes de vaciar el material sobre el piso existente, se debería mojar la superficie, sin embargo, se debe tener cuidado de no dejar áreas grandes con agua, que afectarán el contenido de humedad del concreto celular.

### **Losas para Suelos de Pavimento Elástico**

Esta aplicación es para pisos cubiertos con alfombra, parquet de madera, baldosines de vinilo o linóleo, etc. Debido a que con frecuencia el material de pavimentación se pega directamente a la capa del piso, la densidad más apropiada es de  $1100 \text{ kg/m}^3$  ( $69 \text{ lbs/ft}^3$ ), utilizando una relación de arena:cemento de 2:1. El pavimento se tiende al igual que para pavimentos rígidos, con la excepción de que se tiene que tener cuidado de alisar la superficie a mano o con una flotadora 24 horas después de colar

### **Aislante Térmico para Azoteas**

La densidad ideal para este propósito es  $500 \text{ kg/m}^3$  ( $31 \text{ lbs/ft}^3$ ) que se obtiene con cemento y espuma solamente. El valor del coeficiente de transmisión térmico K para estas circunstancias se puede obtener de la Tabla 3. El espesor mínimo no debe ser menor de 40 mm ( $1\frac{1}{2}$ "). Se recomienda mojar la superficie antes de vaciar el concreto.

### **Relleno Interespacial**

Para estos usos, la densidad normal es de aproximadamente  $400 \text{ kg/m}^3$  ( $25 \text{ lbs/ft}^3$ ) lograda con cemento y espuma solamente. Las cavidades se deberían rellenar en fases sucesivas, con un espesor de sólo 600-700 mm (2 ft) a la vez, permitiendo que transcurran por lo menos 12 horas entre cada colada.

## **Bloques ligeros de albañilería**

El Concreto celular es un material ideal para producir bloques livianos de mampostería / albañilería, reduciendo o eliminando la necesidad de curados con autoclaves. La densidad que se emplea varía entre  $600 \text{ kg/m}^3$  ( $38 \text{ lbs/ft}^3$ ) y  $1100 \text{ kg/m}^3$  ( $69 \text{ lbs/ft}^3$ ) dependiendo de la resistencia mecánica necesaria, o alternativamente, de la cantidad deseada de aislamiento térmico.

## **Paneles prefabricados**

La densidad normal adoptada para este tipo de uso varía entre  $1200 \text{ kg/m}^3$  ( $75 \text{ lbs/ft}^3$ ) y  $1600 \text{ kg/m}^3$  ( $100 \text{ lbs/ft}^3$ ). La densidad seleccionada generalmente depende de la resistencia necesaria y de las dimensiones (o sea espesor, etc.).

Cuando se emplean paneles de varias capas (paneles sandwich), que utilizan tanto concreto denso pesado como Concreto Celular, se recomienda colar primero el concreto normal en el molde y seguir inmediatamente con el concreto celular, para que el enlace entre ambos materiales sea homogéneo.

#### **ANEXO 4 - Proporciones de arena/cemento/espuma LITEBUILT®**

Litebuilt, es una empresa australiana del Pan pacific group of companies, la cual se dedica a la producción de concretos celulares "Concreto aireado LITEBUILT®". La siguiente es una tabla de esta empresa.

**Tabla 1- Proporciones de arena, cemento y espuma - por metro cúbico de concreto celular**

Densidad Kg/m <sup>3</sup>	3:1		2:1		1:1		Cemento solamente Kg
	Arena	Cemento	Arena	Cemento	Arena	Cemento	
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1600	1148	383	-	-	-	-	-
1400	1005	335	-	-	-	-	-
1200	861	287	756	378	-	-	-
1100	790	263	693	347	-	-	-
1000	-	-	630	315	-	-	-
900	-	-	567	284	412	412	-
800	-	-	-	-	366	366	-
700	-	-	-	-	320	320	581
600	-	-	-	-	275	275	498
500	-	-	-	-	-	-	415
400	-	-	-	-	-	-	332
300	-	-	-	-	-	-	249

**Nota:** Contenido de Agua = 0.4 to 0.5 litros por Kg cemento LITEBUILT® - Pan pacific group of companies

## **ANEXO 5 – Hoja de calculo para la dosificación del concreto celular TIGOLITH <sup>TM</sup>**

Tigolith es una empresa costarricense dedicada a la producción del concreto celular.

En el proyecto “Caminos del Campestre” Floridablanca, Santander, La accesoria técnica concerniente al concreto celular, fue brindada por el Ingeniero *Hiznardo Ariza*, y utilizo una hoja de calculo para la dosificación de las mezclas hecha por Tigolith, empresa a la cual el brinda Accesorio Técnico.

En esta hoja los datos de entrada son: densidad requerida de Concreto Celular en c.c., relación cemento arena, ej: 1:1, 1:2 etc., relación agua cemento, volumen a producir; los datos de salida son: kilos y litros de cemento, kilos y litros de Arena, cantidad de agua total en litros, cantidad de agua Inicial en litros, cantidad de espuma en litros, tiempo de producción de espuma en segundos y minutos, densidad en húmedo del concreto celular.

A continuación se muestra una vista de la pantalla de esta hoja de calculo.

**Gráfico 1 - Vista de la pantalla de la Hoja de calculo para la dosificación del concreto celular TIGOLITH™**

<b>THIGOLITH</b>		Modelo		ANGLE ROCK								
COLOMBIA	COSTA RICA	GEA - P 250 S		CONTRACTORS S.A.								
	NICARAGUA			SAN JOSÉ - COSTA RICA								
<a href="mailto:thigolith@yahoo.com.cr">thigolith@yahoo.com.cr</a>												
<b>CONCRETO CELULAR ( C.C. )</b>												
PROPORCIONES DE CEMENTO : ARENA - SUGERIDAS												
RELACION CEMENTO ARENA	DENSIDAD CONCRETO											
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
1 : 0	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
1 : 1	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
1 : 2	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
1 : 3	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

<b>DISEÑO DE MEZCLAS.</b>	
DENSIDAD REQUERIDA DE C.C. - Seca	500 K / m <sup>3</sup>
RELACION CEMENTO	1,00
ARENA	0,13
RELACION AGUA / CEMENTO	0,30
VOLUMEN A PRODUCIR	0,15 m <sup>3</sup>

<b>RESULTADOS</b>					
	Para 1 m <sup>3</sup>		Para 0,15 m <sup>3</sup>		
CANTIDAD DE CEMENTO	383 Kilos	294,7 Litros	57 Kilos	44,2 Litros	
CANTIDAD DE ARENA	48 Kilos	29,0 Litros	7 Kilos	4,4 Litros	
CANTIDAD DE AGUA TOTAL	115 Litros		17 Litros		
CANTIDAD DE AGUA INICIAL	73 Litros		11 Litros		
CANTIDAD DE ESPUMA	791 Litros		119 Litros		
DENSIDAD EN HÚMEDO	580 K / m <sup>3</sup>				
TIEMPO DE PRODUCCIÓN ESPUMA	396 Segundos	6,6 Minutos	59 Segundos	1,0 Minutos	
CONSTANTE A	2,00				
CONSTANTE B	1,30				
CONSTANTE C	1,65				

esoria Técnica : Ing. HIZNARDO ARIZA H. Colombia E-mail : hiznardoariza@hotmail.com

## **ANEXO 6 – Curado al vapor del concreto celular**

Cuando las losas y los paneles premoldeados de Concreto Celular se hacen en condiciones de fábrica para obtener una rotación relativamente rápida de los moldes, podría hacerse económico inducir una resistencia temprana del hormigón calentando al vapor la parte inferior de los moldes por medio de unas cámaras de presión llamadas autoclaves, de allí el nombre de “*Concreto Aereado Autoclavado*”. Esto eleva la temperatura del concreto y resulta en una fuerza superior.

La razón por la cual se aplica el vapor por la parte inferior es para evitar de aumentar la temperatura de modo que pudiera crear celdas pequeñas de aire comprimido con suficiente presión para fracturar la cáscara de cemento alrededor de la celda. Debido al peso del concreto sobre las capas inferiores este fenómeno no ocurre, y para cuando aumente la temperatura en la cara superior, el cemento ya habrá adquirido suficiente fuerza para resistir a la explosión de las celdas, evitando así que la losa o el panel tenga una superficie rugosa.

Dependiendo del tipo de cemento que se emplea en la mezcla, el curado al vapor no se empieza sino por lo menos cinco horas después de vaciarlo; y aun así en este caso, el aumento en temperatura se controla bien y no debería exceder los 70°C (160° F). El grado de curado al vapor depende del clima, pero en regla general se puede subdividir en 2 horas para aumentar la temperatura, 4 horas para mantener la temperatura y 2 horas para reducir la temperatura paulatinamente a fin de evitar choques térmicos.

**ANEXO 7 – Tabla relación: resistencia a la compresión – densidad del concreto celular**

**Tabla 2 - resistencia a la compresión – densidad del concreto celular**

<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600			
<b>Relación Arena:Cemento</b>	0:1	0:1	0:1	0:1	1:1	1:1	1:1	1:1	2:1	2:1	2:1	3:1	3:1	3:1	
<b>Mpa a los 7 Días</b>	0.3	0.8	2.0	3.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.4	2.2	3.8	3.0	4.0	8.0	10.0
<b>Mpa a los 28 Días</b>	0.7	2.0	3.5	4.0	2.0	3.5	4.5	5.0	3.2	5.2	8.5	7.0	10.0	12.0	18.0

*LITEBUILT® - Pan pacific group of companies*

**ANEXO 8 - Aislamiento térmico con concreto celular**

**Tabla 3 - Valores de los coeficientes conductividad térmica y transmisión térmica para el concreto celular a diferentes espesores y densidades**

Densidad de Concreto kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	Valor de Resistencia 100mm	K a Espesores Determinados de Concreto			
			50mm	100mm	150mm	200mm
300	0.065	1.54	1.03	0.58	0.40	0.30
400	0.080	1.25	1.21	0.69	0.46	0.37
500	0.095	1.05	1.38	0.80	0.56	0.43
600	0.115	0.87	1.57	0.93	0.67	0.52
700	0.130	0.76	1.23	0.89	0.63	0.47
800	0.150	0.66	1.37	1.00	0.71	0.54
900	0.175	0.57	1.52	1.13	0.81	0.61
1000	0.205	0.48	1.69	1.27	0.94	0.70
1100	0.230	0.43	1.82	1.39	1.02	0.78
1200	0.270	0.37	2.02	1.55	1.15	0.98
1400	0.346	0.43	2.31	1.83	1.39	1.08
1600	0.436	0.28	2.06	2.10	1.63	1.29

$\lambda$  = Coeficiente de Conductividad Térmica  
K = Coeficiente de Transmisión Térmica

LIGHTWEIGHT CONCRETE

**ANEXO 9 - Comparación de los materiales de construcción y aislantes más usados**

**Tabla 4 - Comparación de los materiales de construcción y aislantes más usados**

<b>Material</b>	<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Kcal/m<sup>2</sup>h°C</b>	<b>Costo Relativo por m<sup>3</sup> colocado</b>	<b>Espesor (m) para que K = 0,70</b>	<b>Costos para el mismo valor K de 0,70Kcal/m<sup>2</sup>h°C</b>
Mármol	2700	2.9	-	3.5	-
Concreto	2400	1.3	2.92	1.58	40
Ladrillo hueco de arcilla	2000	0.8	3.4	0.97	34
Concreto Celular	1600	0.5	2.52	0.61	15.7
Concreto Celular	400	0.08	1	0.097	1
Corcho expandido	100	0.03	8.72	0.036	3.2
Lana mineral	100	0.032	5.8	0.040	2.37
Poliestireno expandido	25	0.030	3.56	0.036	1.31
Poliuretano expandido	35	0.022	11.72	0.026	3.1

LITGHTWEIGHT CONCRETE

## **ANEXO 10 – Protección contra el fuego del concreto celular**

El objeto principal del diseño de protección contra el fuego consiste en asegurar que, una vez se halla iniciado un incendio, la rapidez con la cual se extienda y la dirección de propagación sean tan limitados que permitan dar tiempo suficiente para que los ocupantes puedan escapar y para que el equipo de extinción de incendios actúe efectivamente evitando que el fuego alcance una magnitud que ocasione daños irreparables o que se extienda a las propiedades vecinas. Un miembro estructural en un edificio es un miembro definido tal como un muro, columna o viga. La columna trabaja como un elemento de soporte mientras que un muro de carga sirve para el doble propósito de soportar la carga encima de él y contra una barrera de propagación del suelo. Los edificios se clasifican de acuerdo al carácter potencial de producción de calor que poseen sus materiales constitutivos y su contenido normal. Este término se denomina "carga de fuego" y se define como la cantidad de calor en kilo caloría que se produciría con una combustión completa de cada metro cuadrado de piso, suponiendo un valor calorífico para los materiales en general de 4444 k. Cal/Kg. Las cargas de fuego varían de 135,800 a más de 542,000 k.cal/m<sup>2</sup> la resistencia al fuego de los elementos estructurales pueden igualarse con las cargas de fuego de los edificios, tal y como lo muestran las relaciones dadas en la Tabla 5 – *Intensidad de fuego vs resistencia al fuego*

**Tabla 5 – Intensidad de fuego vs. resistencia al fuego**

INTENSIDAD DEL FUEGO k.cal/m <sup>2</sup>	RESISTENCIA AL FUEGO (HORAS)
135.80	0.50
271.50	1.00
407.30	1.05
543.00	2.00

Un elemento estructural que tenga una baja resistencia al fuego, puede, en muchas ocasiones mejorarse en este aspecto en condiciones adecuadas. Por ejemplo, la resistencia al fuego de dos horas para un muro de tabique de 11.4cm de espesor, puede elevarse a seis horas con la aplicación de mortero ó de un recubrimiento en bloques de concreto celular.

Las estructuras reticulares, en acero estructural y las aleaciones de aluminio no resisten mucho tiempo la acción del fuego ya que cuando la temperatura alcanza 550°C en el acero o bien de 200 o 250°C en el aluminio la resistencia de estos materiales se torna tan reducida que ya no pueden seguir soportando las cargas de diseño. Esto sucede generalmente en los primeros minutos de un incendio. Sin embargo, con una protección adecuada contra el fuego, se les podrá dar virtualmente cualquier cantidad de resistencia al fuego.

**ANEXO 11 - Análisis de la carga por metro cuadrado producida por el concreto celular y la mampostería de ladrillo hueco en fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre**

Para evaluar la carga por metro cuadrado ejercida por fachadas y muros divisorios de *Concreto Celular*, primero se calculo las cantidades en m<sup>3</sup> de Concreto, estas cantidades fueron calculadas por el método de recintos, a continuación se muestra la (Tabla 6 - Cantidades de concreto celular *Caminos del Campestre*) cuadro en el cual se aprecian las cantidades de concreto utilizadas en los muros.

**Tabla 6 - Cantidades de concreto celular Caminos del Campestre**

<b>EDIFICIO CAMINOS DEL CAMPESTRE</b>				
<b>CONCRETO FACHADA Y MUROS DIVISORIOS</b>				
<b>Piso</b>	<b>Sector</b>	<b>Vol Parcial (m3)</b>	<b>Num de Sectores</b>	<b>Vol Total (m3)</b>
<b>1</b>	Apt 101 / Hall de Acceso	16,19	1	16,19
	admón. / portería / Local	10,75	1	10,75
	Apt 102	11,74	1	11,74
	Zona Social	10,9	1	10,9
	Muros Perimetrales	28,42	1	28,42
				<b>Subtotal</b>
<b>2</b>	Apt 201 / 204	13,2	2	26,4
	Apt 202 / 203	12,58	2	25,16
	Muros Perimetrales	26,65	1	26,65
	Hall Acceso Aptos	0,18	1	0,18
				<b>Subtotal</b>
Piso tipo <b>3 a 10</b> Son 8	Pt 01 / 04	12,03	16	192,48
	Pt 02 / 03	12,32	16	197,12
	Hall Acceso Aptos	1,16	8	9,28
				<b>Subtotal</b>
Pent-House <b>11</b> Piso1	Ph 01 / 04	12,2	2	24,4
	Ph 02 / 03	13,44	2	26,88
	Hall Acceso Aptos	1,16	1	1,16
				<b>Subtotal</b>
Pent-House <b>12</b> Piso2	Ph 01 / 04	14,11	2	28,22
	Ph 02 / 03	14,85	2	29,7
	Apt 1201	4,94	1	4,94
				<b>Subtotal</b>
			<b>Total</b>	<b>592,18</b>

Luego teniendo el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ) de concreto de fachadas y muros divisorios de cada sector, multiplicamos por la densidad del concreto celular en kilogramos por metro cúbico ( $Kg/m^3$ ) y dividimos en el área del sector en metros cuadrados ( $m^2$ ), así obtenemos la carga en kilogramos por metro cuadrado ( $Kg/m^2$ ).

Con el fin de comparar la carga producida por el *concreto celular* con la carga producida por la mampostería de ladrillo hueco, material comúnmente utilizado, se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito, teniendo en cuenta que el cálculo del volumen de concreto celular fue hecho para muros de 8 centímetros de espesor, equivalente a utilizar muros de ladrillo hueco H-10, por lo tanto un muro macizo de 8 centímetros de concreto celular, equivale a un muro de 10 centímetros de ladrillo hueco, a parte el muro de ladrillo hueco requiere 1 ½ centímetros de friso a cada lado, por consiguiente el muro queda de 13 centímetros de espesor. Por esta razón el volumen de concreto previamente calculado para muros de 8 centímetros, se multiplica por el factor (13/8) para conocer el volumen de ladrillo hueco, luego se multiplica por la densidad que sería igual a:

$$Densidad = 1300Kg / m^3 * \left(\frac{10}{13}\right) + 2100kg / m^3 * \left(\frac{3}{10}\right) \cong 1500kg / m^3$$

1300  $kg/m^3$  es la densidad de la mampostería hueca, y 2100  $kg/m^3$  es la densidad del friso (estos son los valores mínimos tomados de la NSR-98 Capítulo B. Cargas), y dividimos en el área del sector en metros cuadrados ( $m^2$ ), así obtenemos la carga en kilogramos por metro cuadrado ( $Kg/m^2$ ).

Los resultados del análisis se muestran en la (Tabla 7 – *Comparativo de cargas producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el edificio Caminos del Campestre*), se hizo el análisis para concreto celular de densidades 800  $Kg/m^3$  y 1100  $Kg/m^3$ , y mampostería de ladrillo hueco densidad igual a 1500  $Kg/m^3$ , en el edificio se está utilizando *Concreto Celular* con una densidad igual a 800  $Kg/m^3$ .

En las dos últimas filas de la tabla Anexo 11.2 se aprecia el porcentaje de carga de cada material, respecto a la carga mínima según la NSR-98 de 300  $kg/m^2$  (carga mínima de diseño si no existe cálculo alguno), y una carga de 319,08  $Kg/m^2$  para el caso específico de mampostería hueca en el edificio “Caminos del Campestre”.

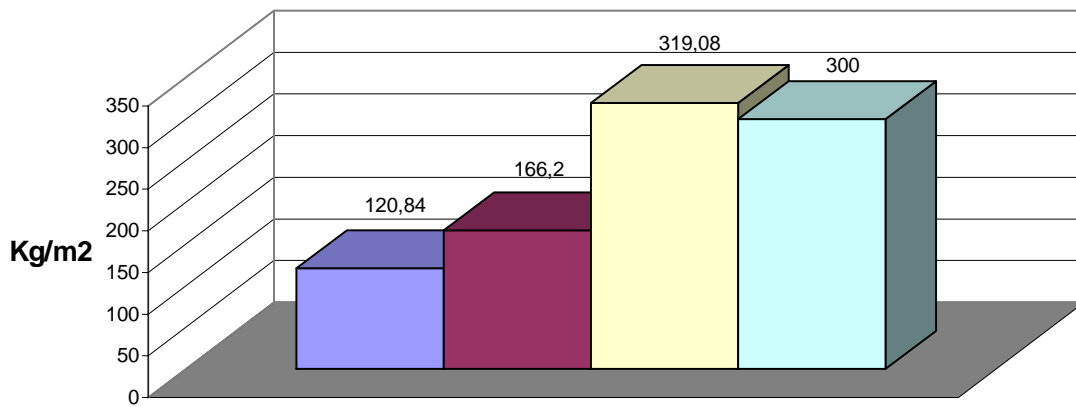
Tabla 7 – Comparativo de cargas producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el edificio Caminos del Campestre

Piso	Sector	CONCRETO en masa y carga			Muro en Concreto Celular e = 8 cm ; D = 800 Kg/m <sup>3</sup>		Muro en Concreto Celular e = 8 cm ; D = 1100 Kg/m <sup>3</sup>		Ladrillo Ladrillo Hueco L-18 D = 1800 Kg/m <sup>3</sup>	
		Vol Pared (m <sup>3</sup> )	Vol Total (m <sup>3</sup> )	Area (m <sup>2</sup> )	Masa (Kg)	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )	Masa (Kg)	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )	Masa (Kg)	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )
1	Apr 01 / Hall de Acceso Admos /parten / Local	10.10	10.10	60.20	12002.00	140.00	17000.00	201.00	24001.00	207.20
		10.70	10.70	60.70	6000.00	61.00	11000.00	200.00	22000.00	40.00
	Apr 102	11.74	11.74	67.00	6000.00	140.10	12014.00	100.70	24001.70	27.10
	Dors fondo	10.00	10.00	60.00	6700.00	62.00	11000.00	141.00	20000.00	27.00
	Muros Particiones	20.40	20.40		22701.00		21002.00		60002.00	
	Subtotal	70.00	70.00	410.00	62000.00	140.00	60000.00	200.00	10000.00	20.00
	Apr 201/204	12.20	20.40	210.00	21100.00	0.00	20000.00	100.00	60000.00	20.00
	Apr 202/203	12.00	20.10	184.00	20100.00	20.70	27000.00	140.00	60000.00	27.00
	20000	20.00	20.00		21000.00		20000.00		60000.00	
	Hall Acceso/2000	0.10	0.10	0.00	440.00		100.00		600.00	
2	Subtotal	70.00	70.00	400.00	62000.00	140.00	60000.00	100.00	10000.00	20.00
		Ph 01 /04	12.00	102.40	1000.00	10000.00	0.00	21700.00	100.00	40000.00
	Ph 02 /02	12.00	107.10	1000.00	10000.00	0.00	21000.00	100.00	40000.00	20.00
	Hall Acceso Acceso	1.10	0.20	0.00	740.00		1000.00		1000.00	
	Subtotal	200.00	2100.00	21000.00	21000.00	100.00	40000.00	100.00	60000.00	20.00
	Ph 01 /04	12.20	24.40	210.00	10000.00	6.70	20000.00	100.00	60000.00	20.00
	Ph 02 /02	12.00	20.00	210.00	21000.00	0.00	20000.00	100.00	60000.00	20.00
	Hall Acceso Acceso	1.10	1.10	0.00	600.00		1200.00		2400.00	
	Subtotal	62.40	400.00	400.00	40000.00	0.00	67000.00	100.00	11000.00	20.00
	Ph 01 /04	14.11	20.20	140.00	22000.00	40.00	21000.00	210.00	60000.00	40.00
Ph 02 /02	14.00	20.70	140.00	22000.00	40.71	21000.00	200.00	60000.00	40.00	
Apr 201	40.4	40.4	60.00	2400.00	70.00	6000.00	100.00	10000.00	20.00	
Subtotal	60.00	200.00	200.00	20000.00	100.00	20000.00	200.00	10000.00	20.00	
Total Paredes		600.10		67000.00		140.00		60000.00		
Porcentaje (%) sobre la carga máxima de la NSR-98 - 300 kg/m <sup>2</sup> *						40.3				
Porcentaje (%) sobre la carga producida por la muerriy del ladrillo hueco						27.9				
Pr = PROMEDIO = Σ (Carga Sector ii (Kg/m <sup>2</sup> )) / Σ (Pi)										

\* Según la NSR- 98 Capítulo B.3: Cargas Muertas, si no se realiza un análisis de carga detallado de divisiones y particiones, se puede utilizar un mínimo de 300 Kg/m<sup>2</sup>.

Los gráficos 2,3 y 4 salen de la Tabla 7

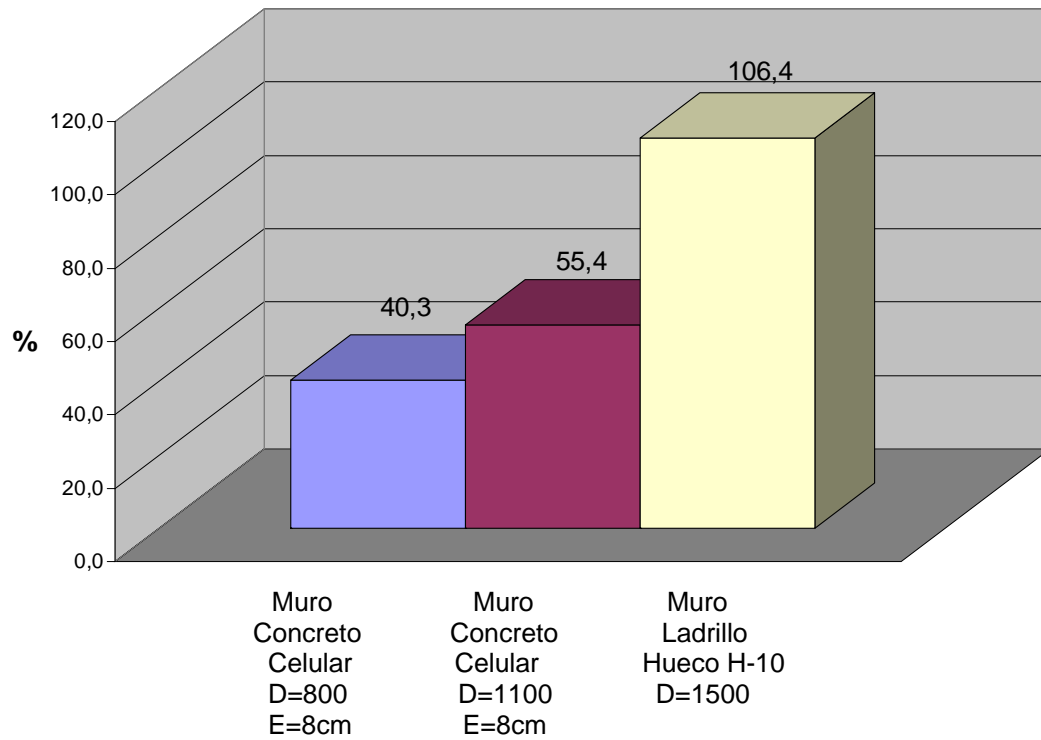
**Gráfico 2 – Carga  $\text{Kg/m}^2$  producida por el concreto celular y el ladrillo hueco en mampostería (Proyecto Caminos del Campestre)**



D = Densidad en  $\text{Kg/m}^3$

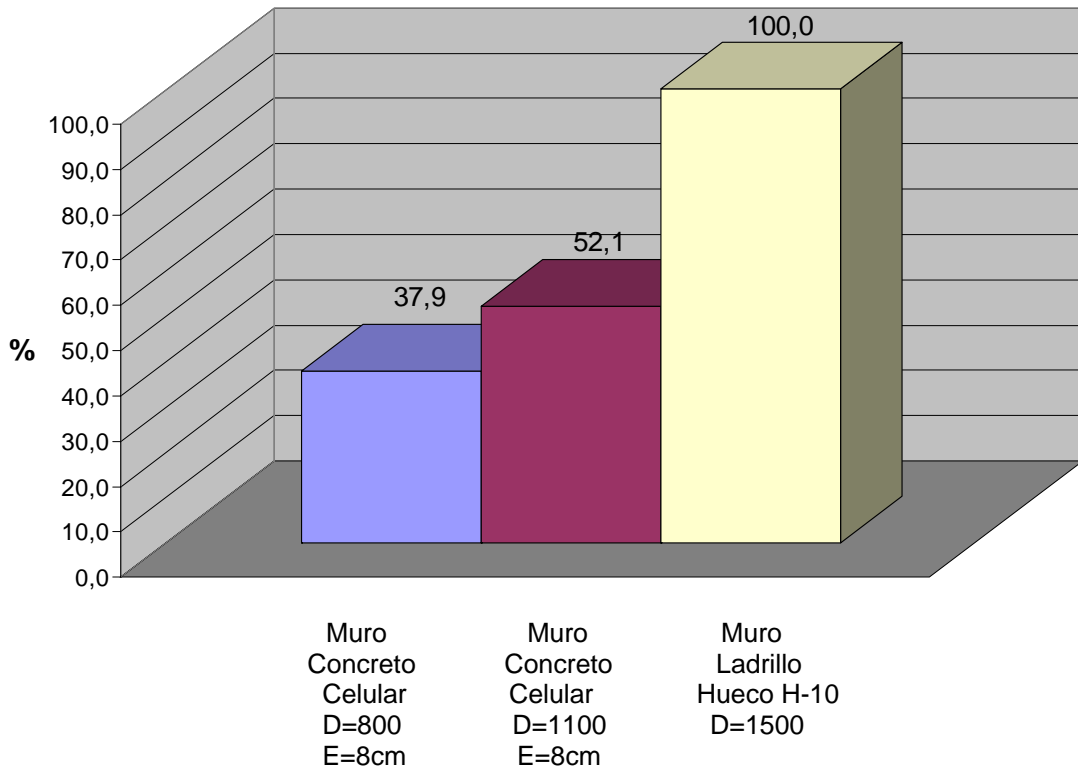
\* Carga mínima si no se realiza ningún análisis NSR-98

**Gráfico 3 – Porcentaje de carga de concreto celular y la mampostería hueca respecto a la carga mínima 300 Kg/m<sup>2</sup> NSR-98 para particiones y muros divisorios (Proyecto Caminos del Campestre)**



D = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>

**Gráfico 4 – Porcentaje de carga de concreto celular y la carga mínima 300 Kg/m<sup>2</sup> NSR-98 respecto a la carga de 319,08 Kg/m<sup>2</sup> producida por mampostería hueca (Proyecto Caminos del Campestre)**



D = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>

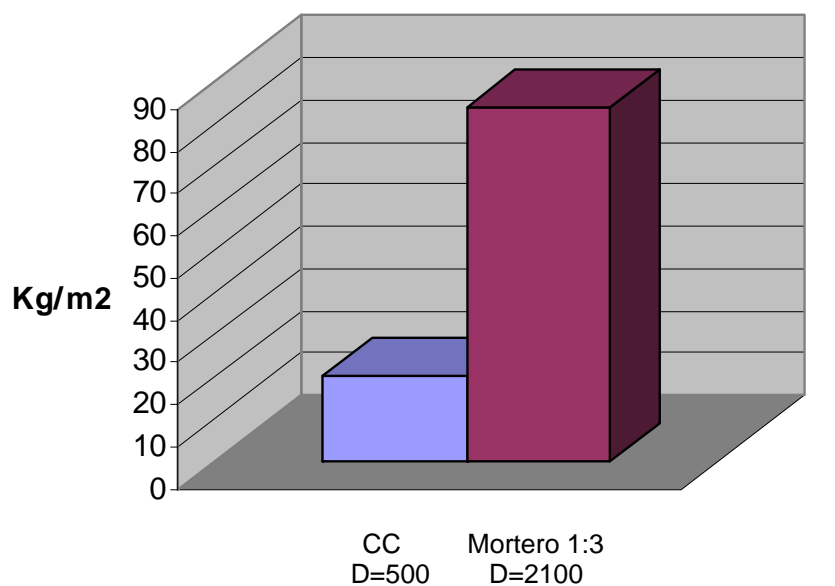
**ANEXO 12 – Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3**

Si se utiliza el espesor generalmente usado de 4 centímetros se tiene:

**Tabla 8 - Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3**

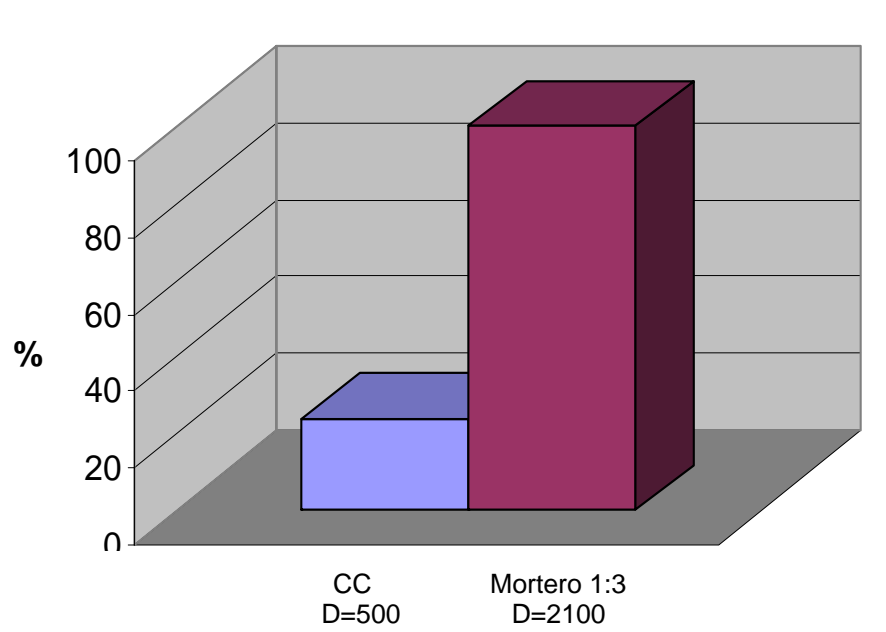
Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )
Concreto Celular	500	0,04	20
Mortero 1:3	2100	0,04	84

**Gráfico 5 - Carga en Kg/m<sup>2</sup> producida por un antepiso de 4 cm de concreto celular y mortero 1:3**



D = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>

**Gráfico 6 – Porcentaje de carga respecto a un antepiso en mortero 1:3, espesor 4 cm**



D = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>

**ANEXO 13 – Análisis de masas para diferentes materiales producida por fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre**

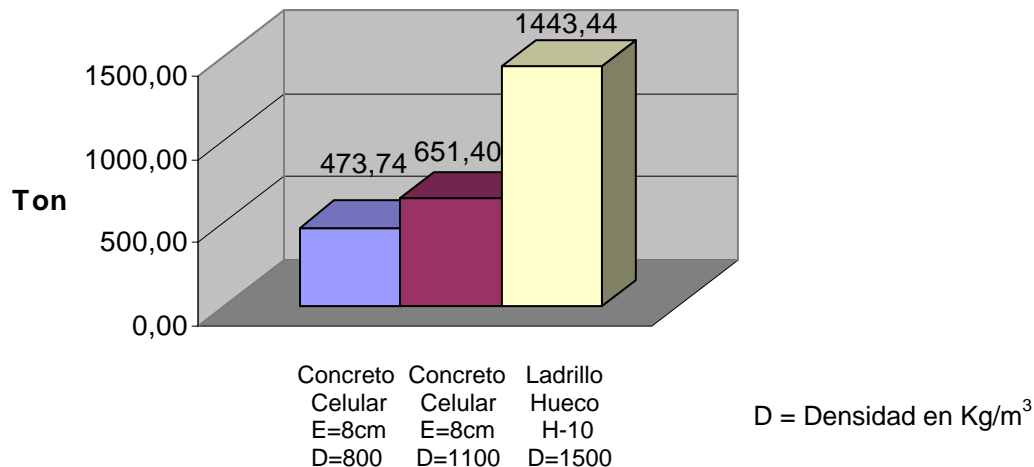
A continuación se muestra un cuadro comparativo de masas producida por fachadas y muros divisorios para diferentes materiales usados en mampostería, esto calculado para el caso específico del proyecto Caminos del Campestre, Santander Floridablanca.

**Tabla 9 – Comparativo de masas para diferentes materiales producida por fachadas y muros divisorios en el proyecto Caminos del Campestre**

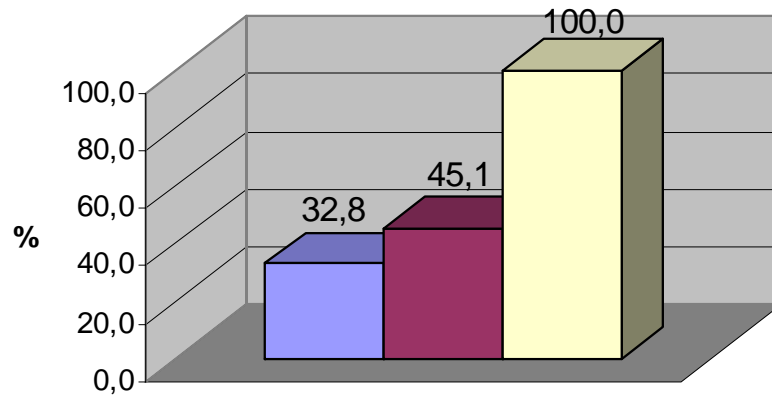
Comparativo de masas de mampostería Edificio Caminos del Campestre			Concreto Celular e = 8cm D = 800 kg/m <sup>3</sup>	Concreto Celular e = 8cm D = 1100 kg/m <sup>3</sup>	Mamp Ladrillo Hueco H-10 D = 1500 kg/m <sup>3</sup>
Piso	Vol Parcial Conc. Cel. (m <sup>3</sup> )	Vol Total Conc. Cel. (m <sup>3</sup> )	Masa (Ton)	Masa (Ton)	Masa (Ton)
Piso 1	78,00	78,00	62,40	85,80	190,13
Piso 2	78,39	78,39	62,71	86,23	191,08
Piso 3-10	49,86	398,88	319,10	438,77	972,27
Piso 11	52,44	52,44	41,95	57,68	127,82
Piso 12	62,86	62,86	50,29	69,15	153,22
<b>Total</b>		<b>592,18</b>	<b>473,74</b>	<b>651,40</b>	<b>1443,44</b>
% de masa total respecto a la masa total del ladrillo hueco			<b>32,8</b>	<b>45,1</b>	<b>100,0</b>

De la anterior tabla se desprenden los siguientes gráficos:

**Gráfico 7 - Masas totales producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el proyecto Caminos del Campestre**



**Gráfico 8 – Porcentaje de Masa total producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular respecto al ladrillo hueco en el proyecto Caminos del Campestre**



Concreto Celular E=8cm D=800	Concreto Celular E=8cm D=1100	Ladrillo Hueco H-10 D=1500
------------------------------	-------------------------------	----------------------------

D = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>

**ANEXO 14 – Análisis de masas totales de la edificación Caminos del campestre utilizando diferentes tipos de mampostería.**

La masa de la mampostería es solo un porcentaje de la masa total de la edificación, para evaluar la incidencia sobre el total de la masa se hizo un análisis a groso modo donde se utilizan los distintos tipos de mampostería, el análisis se muestra en la Tabla 10 –*Masa por metro cuadrado de la edificación Caminos del Campestre utilizando distintos tipos de mampostería*, la masa por metro cuadrado para cada mampostería, fue tomada de la Tabla 7 – *Comparativo de cargas producida por fachadas y muros divisorios de concreto celular y ladrillo hueco en el edificio Caminos del Campestre*

Teniendo la masa total por metro cuadrado, y el área total de la edificación Caminos del Campestre (7974 m<sup>2</sup>) podemos calcular la masa total de la edificación, el resultado, se muestra en la tabla 11- *Masa total utilizando distintos tipos de mampostería en el edificio Caminos del Campestre.*

**Tabla 10 –Masa por metro cuadrado de la edificación Caminos del Campestre utilizando distintos tipos de mampostería**

Tipos de mamposteria	Concreto Celular e = 8cm D = 800 kg/m3	Concreto Celular e = 8cm D = 1100 kg/m3	Mamp Ladrillo Hueco H-10 D = 1500 kg/m3
Descripcion	Masa por metro cuadrado (Kg/m2)	Masa por metro cuadrado (Kg/m2)	Masa por metro cuadrado (Kg/m2)
Placa de entepiso	400	400	400
Elementos verticales	100	100	100
Mamposteria*	120,84	166,2	319,08
Acabados	100	100	100
<b>Total</b>	<b>720,84</b>	<b>766,2</b>	<b>919,08</b>

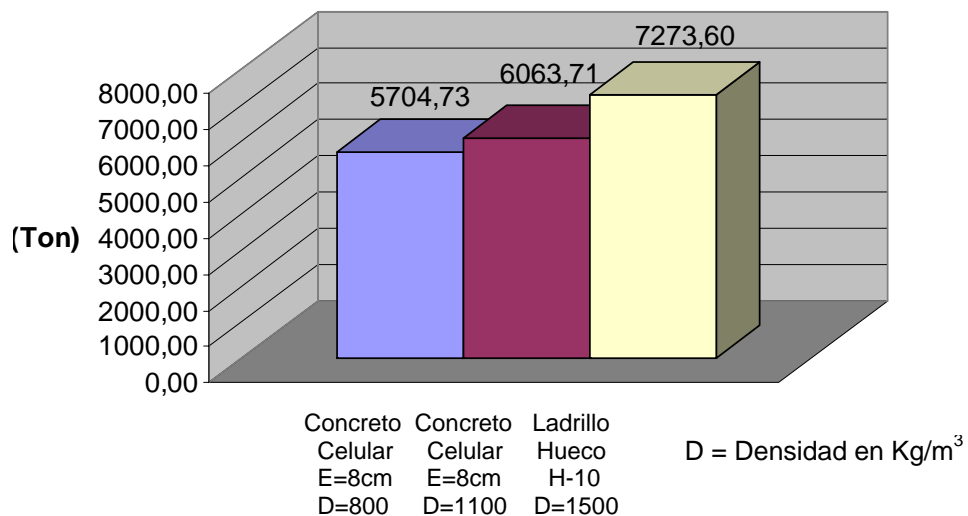
\*La masa por metro cuadrado de mampostería fue tomada de la tabla 7

**Tabla 11 - Masa total utilizando distintos tipos de mampostería en el edificio Caminos del Campestre**

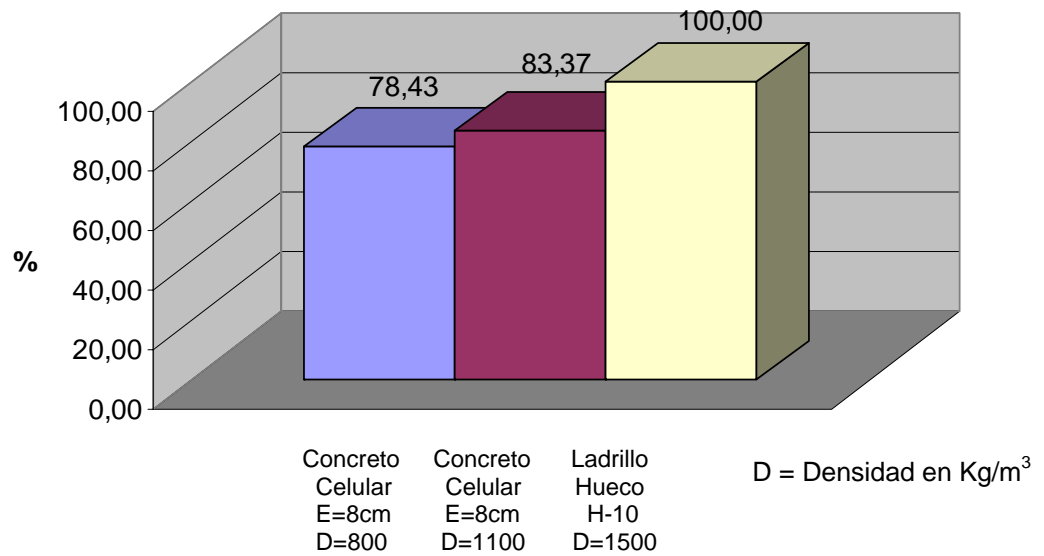
Tipos de mamposteria	Concreto Celular e = 8cm D = 800 kg/m <sup>3</sup>	Concreto Celular e = 8cm D = 1100 kg/m <sup>3</sup>	Mamp Ladrillo Hueco H-10 D = 1500 kg/m <sup>3</sup>
Total de masa (ton)	5704,73	6063,71	7273,60
Porcentaje de masa total, respecto a la masa si se utilizara mamposteria de ladrillo hueco H-10	78,43	83,37	100,00

De la tabla 11 se desprenden los gráficos 9 y 10

**Gráfico 9 - Masa total utilizando distintos tipos de mampostería en el edificio Caminos del Campestre.**



**Gráfico 10 - Porcentaje de masa total, respecto a la masa si se utilizara mampostería de ladrillo hueco H-10, edificio Caminos del Campestre.**



## ANEXO 15 – Precios unitarios

El calculo de los precios unitarios fue hecho con los costos mostrados en la tabla 12 – *Costo de materiales y equipos en el 2005*, los costos de materiales, equipos y mano de obra están en pesos y son para el área de Bucaramanga, Santander.

**Tabla 12 – Costo de materiales y equipos en el 2005**

***** Decripcion *****	Und	Precio
Cemento	Bulto 50 Kg	7000
Arena	M3	22000
Mezcladora 9 FT3 -> 0.25 M3 1 1/2 BULTOS -> 0.1 M3	6 HORAS	70000
Bloque cemento prefabricado 11,5*19*39	UND	530
Espumante	600 LT	12800
Generador de espuma	6 HORAS	48000
Fibra	KG	10000
Ladrillo H-10 9*19*39	UND	500
Ladrillo H-12 11*19*39	UND	700
Ladrillo H-15 14*19*39	UND	900
Mortero 1:2 premezclado	M3	228752
Acelerante	200 LT	500000
Malla electrosoldada 0.6/2.4 mt 4*4 mm 20*15 cm	UND	3573

\*\*\*\*\*  
**DESCRIPCION**  
**CONCRETO CELULAR 1:2 EN PESO HECHO EN OBRA**  
**CON ACELERANTE DENSIDAD 800 - 1000 KG/M3**  
 \*\*\*\*\*

**UND: M3**

***** Descripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio (%)	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Cemento	KG	252,00	3,00	259,56	140,00	36338,40
Arena	M3	0,31	8,00	0,33	22000,00	7246,80
Espumante	LTS	665,00	0,00	665,00	21,33	14186,67
Fibra	KG	1,00	0,00	1,00	10000,00	10000,00
Acelerante	LTS	2,00	0,00	2,00	2500,00	5000,00
**** EQUIPOS ****						
Mezcladora 9 FT3 -> 0.25 M3 1 1/2 BULTOS -> 0.1 M3	H	2,50	0,00	2,50	11666,67	29166,67
Generador de espuma	H	2,50	0,00	2,50	8000,00	20000,00
Herramienta menor	GLB	1,00				3686,47
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra 1 oficial + 2 ayudante	HC	2,50	0,00	2,50	9750,00	24375,00
<b>Costo Directo</b>						<b>150000,00</b>

\*\*\*\*\*

**DESCRIPCION**

\*\*\*\*\*

**CONCRETO CELULAR 1:0,25 HECHO EN OBRA  
CON ACELERANTE DENSIDAD 500 -700 KG/M3****UND: M3**

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio (%)	Cant total	Precio	Valor total
<b>**** MATERIALES ****</b>						
Cemento \$8000 Bulto 50 Kg	KG	350,00	3,00	360,50	140,00	50470,00
Arena	M3	0,05	8,00	0,06	22000,00	1259,28
Espumante \$12800 600 LT	LTS	791,00	0,00	791,00	21,33	16874,67
Fibra	KG	1,00	0,00	1,00	10000,00	10000,00
Acelerante	LTS	2,00	0,00	2,00	2500,00	5000,00
<b>**** EQUIPOS ****</b>						
Mezcladora 9 FT3 -> 0.25 M3 1 1/2 BULTOS -> 0.1 M3	H	2,50	0,00	2,50	11666,67	29166,67
Generador de espuma	H	2,50	0,00	2,50	8000,00	20000,00
Herramienta menor	GLB	1,00				3854,39
<b>**** MANO DE OBRA ****</b>						
Mano de obra 1 oficial + 2 ayudante	HC	2,50	0,00	2,50	9750,00	24375,00
					<b>Costo Directo</b>	<b>161000,00</b>

\*\*\*\*\*  
**DESCRIPCION**  
**CONCRETO CELULAR CON ACCELERANTE**  
**Y MORTERO PREMEZCLADO 1:2**  
**DENSIDAD 800 - 1000 KG/M3**  
**UND: M3**  
 \*\*\*\*\*

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Mortero premezclado 1:2	M3	0,44	0,00	0,44	228752,00	100650,88
Espumante	LTS	665,00	0,00	665,00	21,33	14186,67
Fibra	KG	1,00	0,00	1,00	10000,00	10000,00
Acelerante	LTS	2,00	0,00	2,00	2500,00	5000,00
**** EQUIPOS ****						
Generador de espuma	H	1,33	0,00	1,33	8000,00	10666,67
Herramienta menor	GLB					1495,79
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra 1 oficial + 1 ayudante	HC	1,33	0,00	1,33	6750,00	9000,00
<b>Costo Directo</b>						<b>151000,00</b>

\*\*\*\*\*  
**DESCRIPCION**  
**BLOQUE PREFABRICADO CONCRETO CELULAR**  
**12,5\*25\*25**  
**UND: UND**  
 \*\*\*\*\*

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Bloque 12,5*25*25	CM3	5532,00	0,00	5532,00	0,13	724,69
**** EQUIPOS ****						
Formaleta	H	0,02	0,00	0,02	1000,00	19,00
Herramienta menor	GLB	1,00				4,31
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra 1 ayudante	HC	0,02	0,00	0,02	3000,00	57,00
<b>Costo Directo</b>						<b>805,00</b>

\*\*\*\*\* DESCRIPCION \*\*\*\*\*  
**MURO LADRILLO ARCILLA H-10 9\*19\*39** **UND: M2**

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Ladrillo H -10 9*19*39	UND	12,50	0,00	12,50	500,00	6250,00
Mortero 1:4	M3	0,02	0,00	0,02	133000,00	1995,00
**** EQUIPOS ****						
Herramienta menor	GLB	1,00				210,00
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra albañilería	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
<b>Costo Directo</b>						<b>11830,00</b>

\*\*\*\*\* DESCRIPCION \*\*\*\*\*  
**MURO LADRILLO ARCILLA H-12 11\*19\*39** **UND: M2**

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Ladrillo H -12 11*19*39	UND	12,50	0,00	12,50	700,00	8750,00
Mortero 1:4	M3	0,02	0,00	0,02	133000,00	2660,00
**** EQUIPOS ****						
Herramienta menor	GLB	1,00				215,00
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra albañilería	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
<b>Costo Directo</b>						<b>15000,00</b>

\*\*\*\*\* DESCRIPCION \*\*\*\*\*  
**MURO LADRILLO ARCILLA H-15 14\*19\*39** **UND: M2**

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Ladrillo H -15 14*19*39	UND	12,50	0,00	12,50	900,00	11250,00
Mortero 1:4	M3	0,03	0,00	0,03	133000,00	3325,00
**** EQUIPOS ****						
Herramienta menor	GLB	1,00				210,00
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra albañilería	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
<b>Costo Directo</b>						<b>18160,00</b>

\*\*\*\*\* DESCRIPCION \*\*\*\*\*  
**MURO BLOQUE CONCRETO CELULAR 12,5\*25\*25** **UND: M2**

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Bloque cemento 12,5*25*25	UND	16,00	0,00	16,00	805,00	12880,00
Mortero 1:4	M3	0,02	0,00	0,02	133000,00	2394,00
**** EQUIPOS ****						
Herramienta menor	GLB	1,00				98,75
**** MANO DE OBRA ****						
Mano de obra albañilería	HC	0,17	0,00	0,17	6750,00	1127,25
<b>Costo Directo</b>						<b>16500,00</b>

\*\*\*\*\*

**DESCRIPCION**  
**FRISO MORTERO 1:3**

\*\*\*\*\*

UND: M2

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
------------------------	-----	----------	-------------	------------	--------	-------------

## \*\*\*\* MATERIALES \*\*\*\*

Mortero 1:3 hecho en obra	M3	0,03	5,00	0,03	149000,00	4693,50
---------------------------	----	------	------	------	-----------	---------

## \*\*\*\* EQUIPOS \*\*\*\*

Herramienta menor Aprox 5% valor mortero	GLB	1,00				231,50
---	-----	------	--	--	--	--------

## \*\*\*\* MANO DE OBRA \*\*\*\*

Mano de obra albañilería 1 oficial + 1 ayudante	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
--	----	------	------	------	---------	---------

Costo Directo **8300,00**

\*\*\*\*\*

**DESCRIPCION**  
**MURO LADRILLO ARCILLA H-10 9\*19\*39**  
**CON FRISO MORTERO 1:3**

\*\*\*\*\*

UND: M2

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
------------------------	-----	----------	-------------	------------	--------	-------------

Muro ladrillo H-10 9*19*39	M2	1,00	0,00	1,00	11830,00	11830,00
-------------------------------	----	------	------	------	----------	----------

Friso Mortero 1:3	M2	2,00	0,00	2,00	8300,00	16600,00
-------------------	----	------	------	------	---------	----------

Herramienta menor	GLB	1,00				95,00
-------------------	-----	------	--	--	--	-------

Costo Directo **28525,00**

\*\*\*\*\*

**DESCRIPCION**  
**MURO LADRILLO H-12 11\*19\*39**  
**CON FRISO MORTERO 1:3**

\*\*\*\*\*

UND: M2

***** Decripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
------------------------	-----	----------	-------------	------------	--------	-------------

Muro ladrillo H-12 11*19*39	M2	1,00	0,00	1,00	15000,00	15000,00
--------------------------------	----	------	------	------	----------	----------

Friso Mortero 1:3	M2	2,00	0,00	2,00	8300,00	16600,00
-------------------	----	------	------	------	---------	----------

Herramienta menor	GLB	1,00				95,00
-------------------	-----	------	--	--	--	-------

Costo Directo **31695,00**

\*\*\*\*\*

**DESCRIPCION**

\*\*\*\*\*

**MURO LADRILLO H-15 14\*19\*39  
CON FRISO MORTERO 1:3**

**UND: M2**

***** Descripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
Muro ladrillo H-15 14*19*39	M2	1,00	0,00	1,00	18160,00	18160,00
Friso Mortero 1:3	M2	2,00	0,00	2,00	8300,00	16600,00
Herramienta menor	GLB	1,00				95,00
<b>Costo Directo</b>						<b>34855,00</b>

\*\*\*\*\*  
**DESCRIPCION**  
**MURO CONCRETO CELULAR 1:2 HECHO EN OBRA**  
**CON ACELERANTE Y MALLA ELECTROSOLDADA**  
**DENSIDAD = 800 -1000KG/M3 E = 8 cm**  
 \*\*\*\*\*

**UND: M2**

***** Descripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Concreto Celular 1:2 Hecho en obra con acelerante	M3	0,08	2,00	0,08	150000,00	12240,00
Malla electrosoldada fy=420Mpa 0.6/2.4 mt 4*4 mm 20*15 cm	UND	0,69	0,00	0,69	3573,00	2481,09
**** EQUIPOS ****						
Modulo de 1,20*0,40 \$315 diarios * 4 = \$1260/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	1260,00	1260,00
Corbatas de 0,08 \$28 diarios * 2 = \$56/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	56,00	56,00
Pines \$25 diarios * 4 = \$100/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	100,00	100,00
Chapetas \$24 diarios * 8 = \$192/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	192,00	192,00
Alineador de 1,5m \$165 diaros * 1 = \$165/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	165,00	165,00
Mordazas alineadoras \$90 diaros * 3 = \$270/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	270,00	270,00
Paral corto de 2,8m \$60 diaros * 1 = \$60/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	60,00	60,00
Herramienta menor	GLB	1,00				240,91
**** MANO DE OBRA ****						
1 Oficial + 1 ayudante Armada	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
1 Oficial + 3 ayudante Fundida	HC	0,24	0,00	0,24	12750,00	3060,00

**Costo Directo**      **23500,00**

\*\*\*\*\*  
**DESCRIPCION** \*\*\*\*\*  
**MURO CONCRETO CELULAR 1:2 PREMEZCLADO**      **UND: M2**  
**CON ACELERANTE Y MALLA ELECTROSOLDADA**  
**DENSIDAD = 800 -1000KG/M3 E = 8 cm**

***** Descripcion *****	Und	Cantidad	Desperdicio	Cant total	Precio	Valor total
**** MATERIALES ****						
Concreto Celular 1:2 Premezclado con acelerante	M3	0,08	2,00	0,08	151000,00	12321,60
Malla electrosoldada fy=420Mpa 0.6/2.4 mt 4*4 mm 20*15 cm	UND	0,69	0,00	0,69	3573,00	2481,09
**** EQUIPOS ****						
Modulo de 1,20*0,40 \$315 diarios * 4 = \$1260/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	1260,00	1260,00
Corbatas de 0,10 \$35 diarios * 2 = \$70/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	70,00	70,00
Pines \$25 diarios * 4 = \$100/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	100,00	100,00
Chapetas \$24 diarios * 8 = \$192/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	192,00	192,00
Alineador de 1,5m \$165 diarios * 1 = \$165/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	165,00	165,00
Mordazas alineadoras \$90 diarios * 3 = \$270/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	270,00	270,00
Paral corto de 2,8m \$60 diarios * 1 = \$60/dia	DIA	1,00	0,00	1,00	60,00	60,00
Herramienta menor	GLB	1,00				230,31
**** MANO DE OBRA ****						
1 Oficial + 1 ayudante Armada	HC	0,50	0,00	0,50	6750,00	3375,00
1 Oficial + 3 ayudante Fundida	HC	0,17	0,00	0,17	12750,00	2125,00
<b>Costo Directo</b>						<b>22650,00</b>



**ANEXO 16 – Fotos**

**Foto 1 – Proyecto Caminos del Campestre**



**Foto 2 – Generador de espuma TIGOLITH™**



**Foto 3 – Muro en concreto celular e = 8 cm, Proyecto Caminos del Campestre**



**AUTOR**

**Correo: [mariopiedrahita@gmail.com](mailto:mariopiedrahita@gmail.com)**