

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ELABORACIÓN DE HORMIGONES CON ARCILLA
EXPANDIDA PARA EL ALIGERAMIENTO DE ELEMENTOS
ESTRUCTURALES”**

Por:

MANUEL FERNÁNDEZ ARENAS

Trabajo de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Noviembre de 2008
TARIJA - BOLIVIA**

Vo.Bo

.....
Ing. Gonzalo Gandarillas Martínez
PROFESOR GUÍA

.....
Lic. Efraín Torrejón Tejerina
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
Ing. Marlene Simons Sánchez
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Luís Alberto Yurquina Flores

.....
Ing. Arturo Dubravic Alaiza

.....
Ing. Víctor Mostajo Rojas

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

El presente trabajo está dedicado con mucho cariño a mis padres; Ernesto Fernández Sánchez y a mi madre Juana Arenas de Fernández por su sacrificio su presencia, apoyo y cariño. A mi hermana; Lidia Roxana Fernández, por su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos y amigos, a quienes llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida, a mis docentes, a la empresa de Cementos SOBOCE; Ing. Martín Jurado, amigos, que de una manera u otra aportaron con su ayuda para la realización del presente trabajo, También un especial agradecimiento al Ing. Gonzalo Gandarillas por su buena disponibilidad y ayuda, a mis tribunales por el apoyo prestado y sus consejos.

Un especial agradecimiento a: Miguel Angel Zegada De La Quintana, Edil Otondo Gomez, quienes fueron mis compañeros de carrera y con los que realice mis ensayos en el laboratorio, gracias por su ayuda y colaboración, solo me resta decir que la unión hace la fuerza, les deseo prosperidad y que Dios los bendiga.

PENSAMIENTO:

“Ser excelente es ejercer nuestra libertad y ser responsables de cada una de nuestras acciones”

(Anónimo)

ÍNDICE

Dedicatorias
Agradecimientos
Pensamiento
Resumen

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

	Página
1.- Antecedentes	1
2.- Planteamiento del problema.....	3
3.- Justificación	4
4.- Hipótesis	5
5.- Objetivos	5
5.1.- Objetivos Generales	5
5.2.- Objetivos Específicos	6
6.- Alcance	6
6.1.- Información disponible y existente.....	6
6.2.- Resultados propuestos	7

CAPÍTULO I
MARCO DE REFERENCIA

	Página
1.1.- Fundamento teórico	8
1.1.1.- El hormigón elaborado con Arcilla Expandida.....	8
1.1.1.1.- Materiales componentes del hormigón.....	9
1.1.1.1.1.- Cemento Pórtland	9
1.1.1.1.2.- Agregados	10
1.1.1.1.2.1.- Bolitas de Arcilla Expandida	10
1.1.1.1.2.2.- Agregado fino	10
1.1.1.1.3.- Agua.....	10
1.1.1.2.- Clasificación del hormigón elaborado con Arcilla Expandida	11
1.1.1.2.1.- Por su consistencia.....	11
1.1.1.2.2.- Por su resistencia	11
1.1.1.3.- Propiedades del hormigón liviano elaborado con Arcilla Expandida.....	11

CAPÍTULO II
EQUIPO Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

2.1.- Equipos	12
2.1.1.- Descripción de los equipos empleados	12
2.2.- Características de la muestra	13
2.2.1.- Características del cemento El Puente	13
2.2.2.- Determinación de las características de los agregados	13
2.2.2.1.- Ubicación de las canteras.....	13
2.2.2.1.1.- Cantera Narváez.....	13
2.2.2.2.- Características del agregado fino	14

	Página
2.2.2.2.1.- Tamaño máximo del agregado fino	14
2.2.2.2.2.- Porcentaje de finos.....	14
2.2.2.2.3.- Granulometría y módulo de finura	14
2.2.2.2.4.- Peso específico y absorción	16
2.2.2.2.5.- Peso unitario suelto y compactado.....	16
2.2.2.3.- Características de la Arcilla Expandida	17
2.2.2.3.1.- Tamaño máximo de las bolitas de Arcilla Expandida	19
2.2.2.3.2.- Granulometría y modulo de finura.....	20
2.2.2.3.3.- Peso específico y absorción	22
2.2.2.3.4.- Peso Unitario suelto y compactado.....	22
2.2.2.4.- Características del agua	23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍAS DE DOSIFICACIÓN Y ANÁLISIS

3.1.- Técnicas de análisis	24
3.1.1- Criterios de cambio del agregado grueso por las bolitas de arcilla expandida	24
3.1.2- Dosificación basada en el código ACI 211.1.74.....	24
3.1.2.1.- Diseño de mezclas de hormigones con Arcilla Expandida.....	26
3.1.2.1.1.- Cantidad de agua.....	26
3.1.2.1.2.- Relación agua/cemento	27
3.1.2.1.3.- Contenido de cemento	27
3.1.2.1.4.- Cantidad de agregado fino	28
3.1.2.1.5.- Volumen Aparente del agregado grueso (Arcilla Expandida).....	28
3.1.2.1.6.- Cantidad de Arcilla Expandida.....	28
3.1.2.1.7.- Resumen de los resultados para la dosificación en condición seca	29
3.1.3.- Control de asentamiento	29

3.1.4.- Elaboración de las probetas de hormigón con Arcilla Expandida.....	29
3.1.5.- Curado de probetas	30
3.2.- Resultados	31
3.2.1.- Densidad del hormigón resultante.....	31
3.2.2.- Resistencia a compresión.....	33
3.2.3.- Graficas de la relación agua - cemento vs. Resistencia.....	36
3.3.- Determinación de la resistencia característica del hormigón.....	40
3.3.1.- Determinación empírica del modulo de elasticidad.....	40
3.4.- Aplicaciones del hormigón elaborado con corcilla expandida	42
3.4.1.- Aislamiento térmico.....	43
3.4.2.- Hormigones elaborados con arcilla expandida para uso estructural	43
3.5.- Determinación de costos.....	45

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- Conclusiones.....	48
4.2.- Recomendaciones.....	52
4.3.-Bibliografía	54

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características del agua.....	23
Cuadro 2. Nivel de control de calidad	25
Cuadro 3. Resumen de los resultados para la dosificación en condición seca	29
Cuadro 4. Control de asentamiento.....	29
Cuadro 5. Tabla de dosificación corregida para 10 probetas.....	30
Cuadro 6. Densidad del hormigón resultante para una relación $a/c=0.45$	31
Cuadro 7. Densidad del hormigón resultante para una relación $a/c=0.50$	31
Cuadro 8. Densidad del hormigón resultante para una relación $a/c=0.55$	32
Cuadro 9. Resistencia a la compresión para una relación $a/c=0.45$	33
Cuadro 10. Resistencia a la compresión para una relación $a/c=0.50$	34
Cuadro 11. Resistencia a la compresión para una relación $a/c=0.55$	35
Cuadro 12. Determinación de la Resistencia Característica	40
Cuadro 13. Valores del Modulo de Elasticidad del hormigón con Arcilla Expa.....	41
Cuadro 14. Clases de resistencia y aplicaciones.....	42
Cuadro 15. Determinación de Costos para una relación $a/c=0.45$	45
Cuadro 16. Determinación de Costos para una relación $a/c=0.50$	46
Cuadro 17. Determinación de Costos para una relación $a/c=0.55$	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.- Cálculo de volúmenes	
- Fig. 1.- Dimensiones de una probeta	
ANEXO 2.- Porcentaje de finos	
ANEXO 3.- Peso Específico del Agregado Fino.....	
ANEXO 4.- Peso Unitario del Agregado Fino	
ANEXO 3.- Peso Específico de la arcilla expandida	
ANEXO 4.- Peso Unitario de la arcilla expandida.....	
ANEXO 5.- Dosificación según ACI 211.1.74	
• Datos iniciales	
• Tabla 1.- Cantidad de agua de agua de mezclado	
• Relación Agua/Cemento	
• Contenido de cemento.....	
• Tabla 2.- Volumen aparente del agregado grueso	
• Peso de la arcilla expandida	
• Calculo de volúmenes efectivos.....	
• Peso del agregado fino	
- Para una relación $a/c=0.45$	
- Para una relación $a/c=0.50$	
- Para una relación $a/c=0.55$	
• Materiales para un metro cúbico en condición seca.....	

- Cantidad de materiales para un metro cúbico corregidos por humedad
- Mezcla de prueba para 1.5 probetas
- Cantidad de materiales para un metro cúbico para la mezcla definitiva
.....
- Mezcla de prueba para 10 probetas

ANEXO 6.- Reporte de fotografías