

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO”
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN
TRABAJO DIRIGIDO

“ESTUDIO DE AGREGADOS
ALTERNATIVOS PARA LA ELABORACIÓN
DE HORMIGONES EN EL TRAMO
VILLAMONTES – ENTRE RÍOS”

Por:

HENRY P. ROMERO FLORES

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

Noviembre del 2010

TARIJA – BOLIVIA

V° B°

Ing. Percy Bernardino Mier Tapia
TUTOR DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Luis Alberto Yurquina
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TEGNOLOGÍA

MSc. Lic. Marlene Hoyos M.
DIRECTORA "PET"

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Moisés Perales Avilés

Ing. Laura Karina Soto Salgado

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

DEDICATORIA:

Dedicado a mi madre Gregoria a mi padre Eusebio que no se encuentra con migo, a mis hermanos Agustín, Himel y Enrique, a mi esposa Benita y a mi hijita Adriana que me da la fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por haberme dado la vida y la fortaleza para poder seguir adelante y así poder concluir con este proyecto de grado.

RESUMEN

El objetivo del presente Proyecto de Grado es el Estudio de otros Agregados Alternativos para la elaboración de Hormigones, que no provengan de Ríos y Quebradas o de algún curso de agua que contengan Materiales de canto rodado, estos materiales serán extraídos de Canteras de Cerros, se vio la necesidad de estudiar estos materiales debido a la escases y difícil obtención de materiales de buena calidad ya que en el sector mencionado en el Proyecto de Grado es difícil la obtención de estos Agregados para la elaboración de Hormigones.

El presente estudio se dividió en 4 Capítulos los mismos que están ordenados de una manera secuencial, para comprender con facilidad el desarrollo y las metas que se han arribado en el trabajo.

En el Capítulo I, se dan a conocer los Antecedentes del sector de estudio como también su descripción la ubicación y el estado en el que se encuentran estas canteras, la Justificación de porque se está realizando el Proyecto de Grado, Objetivos del Trabajo a realizar como también el Alcance al que se pretende llegar con este trabajo.

En el Capítulo II, se habla sobre las características de los Hormigones su composición, las características de cada uno de los materiales de los que está compuesto el Hormigón, sus propiedades Físicas y Mecánicas, sus especificaciones.

También se explican los ensayos necesarios que se deben realizar a los agregados, como también a los Hormigones, sus valores máximos y mínimos de resistencias de acuerdo a las especificaciones, Los tipos de Hormigones que existen y sus conceptos básicos.

En el Capítulo III, se indica todo lo referente a los Áridos para Hormigones, su Explotación y Métodos para la Explotación, Prescripciones y Ensayos, condiciones Físicas y Químicas de los Áridos sus Ensayos y Especificaciones, la Metodología de extracción de los Áridos.

En el Capítulo IV, se dan a conocer los resultados de los Ensayos realizados a los Hormigones como también a los Áridos, la ubicación de las Canteras de Áridos para

su extracción y estudio, se dará a conocer también el análisis del estado de estas Canteras.

En el Capítulo V, se encuentran las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de Agregados Alternativos para Hormigones.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACION	3
1.3 SITUACION PROBLEMICA	4
1.3.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	4
1.3.2 OBJETO DEL ESTUDIO	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 ALCANCE.....	6
1.5.1 ALCANCE POR CAPÍTULOS	6

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS HORMIGONES

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS	9
2.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HORMIGÓN.....	10

	Página
2.2 COMPOSICIÓN DE LOS HORMIGONES.....	11
2.2.1 CEMENTO	11
2.2.1.1 Clasificación.....	11
2.2.1.2 Cemento Portland.....	13
2.2.1.3 Sello “IBNORCA” de Calidad Cemento el Puente.....	16
2.2.1.4 Clasificación y Especificaciones.....	16
2.2.1.4.1 Cemento El Puente Especial (Tipo IP – 30).....	17
2.2.1.4.2 Cemento El Puente Alta Resistencia (Tipo IP – 40).....	18
2.2.1.5 Plantas de “SOBOCE”	18
2.2.1.5.a Planta Emisa en Oruro.....	18
2.2.1.5.b Planta Warnes en Santa Cruz	18
2.2.1.5.c Planta El Puente en Tarija	19
2.2.1.5.d Planta Fancesa en Sucre	19
2.2.1.5.e Planta San Roque en La Paz.....	19
2.2.1.5.f Planta en Viacha en La Paz.....	19
2.2.1.5.g Cemento “Viacha” Tipo Portland I – 30 (NB – 011/95).....	21
2.2.1.5.hCemento “Viacha - Estándar” Tipo IP - 30 Resistencia Normal (NB - 011/95).....	21
2.2.1.5.i Cemento “Viacha-Especial” Tipo IP-40 Alta Resistencia (NB-011/95) .	22
2.2.2 Los Áridos.....	23
2.2.2.1 Agregado Grueso	23
2.2.2.1.1 Composición	24
2.2.2.1.2 Calidad	25
2.2.2.1.3 Granulometría	25

	Página
2.2.2.1.4 Tamaño.....	26
2.2.2.2 Agregado Fino.....	26
2.2.3 AGUA PARA MEZCLAS DE HORMIGÓN	30
2.2.3.1 Características del Agua.....	31
2.2.3.1.1 Agua de Mezclado.....	31
2.2.3.1.2 Agua de Curado.....	35
2.2.3.1.3 Agua de Lavado de los Agregados.....	36
2.2.3.2 Calidad del Agua.....	36
2.2.3.3 Características Físico-Químicas.....	39
2.3 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS HORMIGONES	40
2.3.1 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO.....	41
2.3.1.1 Trabajabilidad o Manejabilidad	41
2.3.1.1.1 Factores de que Depende la Manejabilidad	42
2.3.1.1.2 Medición de la Trabajabilidad	44
2.3.1.2 Segregación del Hormigón.....	47
2.3.1.3 Exudación o Sangrado del Hormigón	48
2.3.2 PROCESO DE FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO	49
2.3.3 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO	52
2.3.3.1 Resistencia.....	52
2.3.3.1.1 Relación Agua/Cemento	52
2.3.3.1.2 Naturaleza de la Resistencia del Hormigón	53
2.3.3.1.3 Factores que Inciden en la Resistencia	54
2.3.3.1.4 Medida de la Resistencia.....	61

	Página
2.4 TIPOS DE HORMIGONES.....	66
2.5 DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	67
2.5.1 Criterios Básicos	67
2.5.2 Datos de Entrada	68
2.5.2.1 Resistencia.....	69
2.5.2.2 Consistencia	69
2.5.2.3 Áridos.....	71
2.5.2.4 Otros Datos de Partida	72
2.5.2.5 Dosificación de Agua.....	72
2.6 PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE ÁRIDOS	73
2.6.1 Granulometría	74
2.6.2 Curva Granulométrica de Referencia.....	74
2.6.3 Módulo Granulométrico.....	75
2.6.4 Método de La Peña.....	76
2.6.5 Método de Fuller	79
2.7 FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO DEL HORMIGÓN	80
2.7.1 Conceptos Básicos	80
2.7.2 Temperatura del Hormigón Fresco	83
2.7.3 Tratamiento Térmico del Hormigón Colocado en Obra	83
2.7.4 Hormigonado en Tiempo Caluroso.....	85
2.7.4.1 Precauciones Necesarias	85
2.7.4.2 Hormigonado con Tratamiento Térmico de los Componentes	86
2.8 CURADO DEL HORMIGÓN	86

	Página
2.8.1 Importancia del Curado del Hormigón	86
2.8.2 Tipos de Curado	90
2.8.2.1 Curado en Condiciones Extremas	90
2.8.2.1.1 Curado en Tiempo Frío	91
2.8.2.1.2 Curado en Tiempo Caluroso	96
2.9 RECOMENDACIONES GENERALES DE CURADO	97
2.9.1 SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EH – 91	97
2.9.2 SEGÚN ACI 308	98

CAPÍTULO III

ÁRIDOS DE CANTERA PARA HORMIGONES

3.1 Historia.....	103
3.1.1 Tipos de Minas.....	105
3.1.1.1 Canteras.....	105
3.1.1.2 Cortas	105
3.2 Explotación a Cielo Abierto de Materiales de Construcción	106
3.2.1 Que es una Cantera.....	106
3.2.1.1 Definición.....	106
3.2.1.2 Como se Explota una Cantera	106
3.2.1.3 Fases de la Explotación de una Mina a Cielo Abierto	122
3.2.1.3.1 Destape.....	122
3.2.1.3.2 Extracción o Arranque	126

	Página
3.2.1.3.3 Transporte Interno	129
3.2.1.3.4 Clasificación.....	131
3.3 Áridos para Hormigones	132
3.3.1 Exploración del Subsuelo.....	134
3.3.1.1 Método de Exploración	134
3.3.2 Tamaño del Árido	135
3.3.3 Prescripciones y Ensayos	136
3.3.4 Condiciones Físico – Químicas.....	137
3.3.5 Condiciones Físico – Mecánicas.....	139
3.3.6 Granulometría y Coeficiente de Forma.....	140
3.3.7 Almacenamiento	141
3.4 Estudio y Metodología Para la Extracción de Áridos	142
3.4.1 Objetivo.....	142
3.4.2 Metodología en Campo.....	142
3.4.2.1 Excavación	143
3.4.2.2 Cuarteo	144
3.4.3 Metodología en Laboratorio.....	146
3.4.3.1 Gradación de los Agregados	146
3.4.3.1.1 Objetivo.....	146
3.4.3.1.2 Equipo	147
3.4.3.2 Peso Específico y Absorción de los Agregados.....	147
3.4.3.2.1 Objetivo.....	147
3.4.3.2.2 Equipo de Agregado Grueso	147

	Página
3.4.3.2.3 Equipo de Agregado Fino	147
3.4.3.3 Desgaste del Agregado Grueso – Máquina de los Ángeles	148
3.4.3.3.1 Objetivo.....	148
3.4.3.3.2 Equipo	148

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	151
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS YACIMIENTOS O CANTERAS EN EL ÁREA DE ESTUDIA	151
4.3 ESTUDIO VISUAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE LAS CANTERAS	155
4.4 DIAGNÓSTICO DE LAS ZONAS ESTUDIADAS	158
4.5 VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS CANTERAS.....	160
4.6 ESTUDIO DE LOS AGREGADOS PARA HORMIGONES.....	160
4.6.1 Grava	160
4.6.1.1 Granulometría	161
4.6.1.2 Peso Específico	162
4.6.1.3 Paso Unitario.....	164
4.6.1.4 Desgaste de los Ángeles.....	165
4.6.2 Arena	167
4.6.2.1 Granulometría – Tamiz N° 200.....	168
4.6.2.2 Peso Específico	170
4.6.2.3 Método de Dosificación	172
4.6.2.3.1 Dosificación	174

	Página
4.6.2.4 Extracción y Ensayo de Probetas	179
4.6.2.5 Descripción y Características de los Agregados a utilizar	184
4.7 ENSAYOS	184
4.7.1 Granulometría	184
4.7.2 Desgaste de los Ángeles.....	185
4.7.3 Ensayo de Compresión.....	186
4.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS	187
4.8.1 Resultado de los Ensayos	187
4.8.2 Control de Resistencia del Hormigón y Curva Edad – Resistencia	195
4.8.3 Procedimiento de Proyección a los 28 Días	205
4.8.4 Evaluación de los Resultados Arrojadados por los Ensayos de Rotura y las Curvas Edad vs. Resistencia	205

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	208
5.2 RECOMENDACIONES	209
BIBLIOGRAFÍA	211

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1.....	22
Tabla 2.2.....	25
Tabla 2.3.....	26
Tabla 2.4.....	26
Tabla 2.5.....	29
Tabla 2.6.....	38
Tabla 2.7.....	39
Tabla 2.8.....	60
Tabla 2.9.....	65
Tabla 2.10.....	65
Tabla 2.11.....	70
Tabla 2.12.....	71
Tabla 2.13.....	73
Tabla 2.14.....	74
Tabla 2.15.....	75
Tabla 2.16.....	77
Tabla 2.17.....	79
Tabla 2.18.....	80
Tabla 2.19.....	84

	Página
Tabla 2.20.....	91
Tabla 2.21.....	92
Tabla 2.22.....	92
Tabla 2.23.....	94
Tabla 2.24.....	95
Tabla 2.25.....	96
Tabla 3.1.....	137
Tabla 3.2.....	140
Tabla 3.3.....	146
Tabla 4.1.....	167
Tabla 4.2.....	167
Tabla 4.3.....	172
Tabla 4.4.....	175
Tabla 4.5.....	175
Tabla 4.6.....	176
Tabla 4.7.....	176
Tabla 4.8.....	177
Tabla 4.9.....	177
Tabla 4.10.....	178
Tabla 4.11.....	178
Tabla 4.12.....	187
Tabla 4.13.....	188
Tabla 4.14.....	189

	Página
Tabla 4.15.....	190
Tabla 4.16.....	191
Tabla 4.17.....	192
Tabla 4.18.....	193
Tabla 4.19.....	194
Tabla 4.20.....	197
Tabla 4.21.....	199
Tabla 4.22.....	201
Tabla 4.23.....	203
Tabla 4.24.....	205

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1.....	31
Figura 2.2.....	46
Figura 2.3.....	51
Figura 2.4.....	56
Figura 2.5.....	59
Figura 2.6.....	61
Figura 2.7.....	62
Figura 2.8.....	76
Figura 2.9.....	78
Figura 2.10.....	82
Figura 2.11a.....	88
Figura 2.11c.....	89
Figura 2.12.....	90
Figura 3.1.....	108
Figura 3.2.....	109
Figura 3.3.....	110
Figura 3.4.....	111
Figura 3.5.....	112
Figura 3.6.....	113
Figura 3.7.....	114
Figura 3.8.....	115
Figura 3.9.....	116

	Página
Figura 3.10.....	117
Figura 3.11.....	118
Figura 3.12.....	119
Figura 3.13.....	120
Figura 3.14.....	121
Figura 3.15.....	124
Figura 4.1.....	198
Figura 4.2.....	198
Figura 4.3.....	200
Figura 4.4.....	200
Figura 4.5.....	202
Figura 4.6.....	202
Figura 4.7.....	204
Figura 4.8.....	204

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 2.1.....	14
Fotografía 2.2.....	16
Fotografía 2.3.....	45
Fotografía 3.1.....	103
Fotografía 3.2.....	104
Fotografía 3.3.....	105
Fotografía 3.4.....	107
Fotografía 3.5.....	122
Fotografía 3.6.....	125
Fotografía 3.7.....	126
Fotografía 3.8.....	126
Fotografía 3.9.....	127
Fotografía 3.10.....	128
Fotografía 3.11.....	128
Fotografía 3.12.....	129
Fotografía 3.13.....	130
Fotografía 3.14.....	130
Fotografía 3.15.....	131
Fotografía 3.16.....	132
Fotografía 3.17.....	144
Fotografía 3.18.....	145
Fotografía 3.19.....	146

	Página
Fotografía 3.20.....	149
Fotografía 4.1.....	152
Fotografía 4.2.....	153
Fotografía 4.3.....	153
Fotografía 4.4.....	154
Fotografía 4.5.....	154
Fotografía 4.6.....	155
Fotografía 4.7.....	156
Fotografía 4.8.....	156
Fotografía 4.9.....	157
Fotografía 4.10.....	157
Fotografía 4.11.....	158
Fotografía 4.12.....	159
Fotografía 4.13.....	159
Fotografía 4.14.....	160
Fotografía 4.15.....	161
Fotografía 4.16.....	180
Fotografía 4.17.....	180
Fotografía 4.18.....	181
Fotografía 4.19.....	182
Fotografía 4.20.....	182
Fotografía 4.21.....	183
Fotografía 4.22.....	183

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Tabla 6.1.a.....	213
Tabla 6.1.b.....	213
Tabla 6.1.c.....	214
Tabla 6.1.d.....	214
Tabla 6.1.e.....	215
Tabla 6.1.f.....	215
Tabla 6.1.g.....	216
Tabla 6.1.h.....	216

