

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



**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CEMENTO BOLIVIANO EN LAS
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EMPLEADOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

CRISTHIAN DANIEL BEJARANO ARENAS

GESTIÓN 2015
TARIJA – BOLIVIA

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

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA
Y VIAS DE COMUNICACIÓN.

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CEMENTO BOLIVIANO EN LAS
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EMPLEADOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

CRISTHIAN DANIEL BEJARANO ARENAS

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar por el grado académico de licenciatura en ingeniería civil.

GESTIÓN 2015
TARIJA – BOLIVIA

.....
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

.....
M.Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

.....
M. Sc. Ing. Jhonny Orgaz F.

.....
M. Sc. Ing. Luis Alberto Yurquina

.....
M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado

ADVERTENCIA:

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto únicamente responsabilidad del autor

DEDICATORIA:

El presente estudio lo dedicó a mi madre LUCIA ARENAS ROJAS, a mi padre JUAN CARLOS BEJARANO ALARCON, a mis hermanos RAUL MARCELO y KARLA CELESTE y a mi hijo LUCAS FABIAN que en momentos de flaqueza me impulsaron a seguir adelante y ser en todo momento mi fortaleza.

AGREDECIMIENTO:

A Dios por ser el amigo que nunca me ha fallado.

Al Sr. Carlos Subía por los consejos y ayuda dada en cada momento.

A Seila Claudia Avila Sandoval por estar siempre conmigo sobre todo en los momentos más difíciles.

A todas las personas que de alguna forma me ayudaron a llevar adelante el presente estudio.

PENSAMIENTO:

“Es duro fracasar, pero es todavía peor no haber intentado nunca triunfar”

Theodore Roosevelt

ÍNCICE GENERAL

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción.....	Pág. 1
1.2	Planteamiento del Problema.....	Pág. 2
1.2.1	Situación Problemática.....	Pág. 2
1.2.2	Problema.....	Pág. 2
1.3	Objetivos de la Investigación.....	Pág. 2
1.3.1	Objetivo General.....	Pág. 2
1.3.2	Objetivo Especifico.....	Pág. 3
1.4	Hipótesis.....	Pág. 3
1.4.1	Variables.....	Pág. 3
1.5	Unidad de Estudio y Decisión Maestral.....	Pág. 4
1.5.1	Unidad de Estudio.....	Pág. 4
1.5.2	Población.....	Pág. 5
1.5.3	Muestra.....	Pág. 5
1.5.4	Muestreo.....	Pág. 6
1.6	Métodos y Técnicas Empleadas.....	Pág. 5
1.6.1	Metodología.....	Pág. 6
1.6.2	Técnicas Empleadas.....	Pág. 7
1.6.3	Planteamiento.....	Pág. 7
1.7	Alcance de la Investigación.....	Pág.10
1.8	Justificación.....	Pág. 11
1.8.1	Académica.....	Pág. 11
1.8.2	Teórica.....	Pág. 11
1.8.3	Metodológica.....	Pág.11
1.8.4	Practica.....	Pág. 12

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción y Características de los Pavimentos Hidráulico.....	Pág. 13
2.2 Elementos que Constituyen los pavimentos rígidos y sus funciones.....	Pág. 14
2.3 Tipificación y principales características de los pavimentos de concreto Hidráulico.....	Pág. 15
2.4 Losas de Concreto hidráulico Simple.....	Pág. 16
2.5 Concreto Hidráulico para Pavimentos Rígido.....	Pág. 16
2.6 Factores que afectan en las Propiedades del Concreto Hidráulico.....	Pág. 17
2.7 Influencia del Cemento en el Concreto Hidráulico para Pavimento Rígido.....	Pág. 17
2.8 Ensayos del Hormigón empleados en el Pavimento Rígido.....	Pág. 18
2.9 Especificaciones Técnicas del Pavimento Rígido	Pág.25
2.10 Componentes del Hormigón.....	Pág.29
2.11 Dosificación del Hormigón.....	Pág.37

CAPÍTULO III – DOSIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN

3.1 Caracterización de los Agregados.....	Pág. 45
3.1.1 Agregado Grueso.....	Pág. 45
3.1.2 Agregado Fino.....	Pág. 51
3.2 Cemento.....	Pág. 56
3.3 Dosificación del Hormigón.....	Pág. 61
3.4 Fabricación de Moldes.....	Pág. 67
3.5 Determinación de las Propiedades físicas del Hormigón.....	Pág. 74

CAPÍTULO IV- COMPARACIÓN E INFLUENCIA DEL CEMENTO EN LA PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

4	Correlación entre la resistencia a Compresión y Resistencia a Flexión a los 28 días de edad.....	Pág.82
4.1	Análisis de la Influencia del cemento en las Resistencia a Flexión.....	Pág. 83
4.2	Análisis de la Influencia de los Cementos en la Trabajabilidad de la Mezcla de Concreto Hidráulico.....	Pág. 87
4.3	Influencia de las Propiedades de Resistencia y Trabajabilidad por efecto del Cemento.....	Pág. 91
4.4	Resultados de la Resistencia a Compresión con cada Cemento.....	Pág. 91
4.5	Análisis Económico.....	Pág. 94

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones y Recomendaciones.....	Pág. 97
	Bibliografía.....	Pág.101
	Anexos.....	Pág. 102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Muestreo de Cementos.....	Pág. 6
Cuadro 2	Cementos de Bolivia.....	Pág.7
Cuadro 3	Procedencia de Componentes del Hormigón.....	Pág. 8
Cuadro 4	Tabla de Asentamiento en el cono de Abrams.....	Pág. 19
Cuadro 5	Resistencia para tipo de Hormigón.....	Pág. 21
Cuadro 6	Norma para Cementos.....	Pág. 26
Cuadro 7	Agua – Sustancias Perjudiciales.....	Pág. 26
Cuadro 8	Grava – Granulometría.....	Pág. 27
Cuadro 9	Grava – Sustancias Perjudiciales... ..	Pág. 27

Cuadro 10	Arena – Granulometría.....	Pág. 27
Cuadro 11	Arena – Sustancias Perjudiciales.....	Pág. 28
Cuadro 12	Asentamiento de la mezcla para Pavimento Rígido.....	Pág. 28
Cuadro 13	Porcentaje aproximado de los constituyentes del Concreto.....	Pág. 30
Cuadro 14	Compuestos del Cemento Portland.....	Pág. 31
Cuadro 15	Métodos para Determinar la Finura.....	Pág. 32
Cuadro 16	Selección de la resistencia del hormigón fck y fcm.....	Pág. 38
Cuadro 17	Selección del asentamiento.....	Pág. 39
Cuadro 18	Selección del tamaño máximo del agregado.....	Pág. 39
Cuadro 19	Estimación del agua de mezclado y el contenido de aire.....	Pág. 40
Cuadro 20	Requerimiento de Agua de Mezclado sin aire.....	Pág. 40
Cuadro 21	Resistencia en función a la razón agua/cemento.....	Pág. 41
Cuadro 22	Requerimiento de agua de mezclado con aire.....	Pág. 41
Cuadro 23	Volumen del agregado seco y compactado.....	Pág. 42
Cuadro 24	Peso seco y Volumen Absoluto.....	Pág. 43
Cuadro 25	Granulometría Agregado Grueso.....	Pág. 46
Cuadro 26	Planilla de resultados del PU suelto grava.....	Pág. 47
Cuadro 27	Planilla de Resultados de PU Compactado grava.....	Pág. 48
Cuadro 28	Planilla de Resultados del Peso Específico Grava.....	Pág. 49
Cuadro 29	Método de Desgaste en función a la Granulometría de la Grava.....	Pág. 50
Cuadro 30	Planilla de Resultado del Desgaste.....	Pág. 51
Cuadro 31	Planilla de Resultados de la Granulometría	
Cuadro 32	del agregado Fino.....	Pág. 52
	Planilla de Resultados del PU suelto del agregado fino.....	Pág. 53
Cuadro 33	Planilla de Resultados del PU compactado del agregado fino.....	Pág. 54
Cuadro 34	Planilla de Resultados del Peso Específico del Agregado fino.....	Pág. 55
Cuadro 35	Planilla de Resultados del Equivalente de arena.....	Pág. 56
Cuadro 36	Planilla de Resultados del Peso Específico de cada Cemento..	Pág. 57

Cuadro 37	Relación de Finura entre Método Blaine y Tamiz.....	Pág. 58
Cuadro 38	Planilla de Resultados del Módulo de Finura de cada Cemento.....	Pág. 59
Cuadro 39	Planilla de Resultados de Consistencia de cada Cemento.....	Pág. 60
Cuadro 40	Planilla de Resultados del Tiempo de Fraguado de cada Cemento.....	Pág. 61
Cuadro 41	Características Físicas del Agregado Grueso.....	Pág. 62
Cuadro 42	Características Físicas del Agregado Fino.....	Pág. 62
Cuadro 43	Características Físicas de Cemento El Puente SOBOCE.....	Pág. 63
Cuadro 44	Características Físicas del Cemento Fancesa FABOCE.....	Pág. 63
Cuadro 45	Características Físicas del Cemento Coboce COBOCE.....	Pág. 64
Cuadro 46	Dosificación con Cemento El Puente.....	Pág. 64
Cuadro 47	Proporciones de Mezcla con Cemento El Puente.....	Pág. 65
Cuadro 48	Dosificación con Cemento Fancesa.....	Pág. 65
Cuadro 49	Proporciones de mezcla con Cemento Fancesa.....	Pág. 66
Cuadro 50	Dosificación Con Cemento Coboce.....	Pág. 66
Cuadro 51	Proporciones de Mezcla con Cemento Coboce.....	Pág. 67
Cuadro 52	Asentamiento del Cono para Diferentes tipos de vibrados y compactación.....	Pág. 69
Cuadro 53	Resistencias a 7, 14 y 28 días a Compresión con Cemento FANCESA.....	Pág. 70
Cuadro 54	Resistencia de 7, 14 y 28 días de Compresión con Cemento EL PUENTE.....	Pág. 70
Cuadro 55	Resistencia de 7, 14 y 28 días a Compresión con Cemento COBOCE.....	Pág. 71
Cuadro 56	Tiempo de Fraguado de la mezcla con cemento FANCESA....	Pág. 73
Cuadro 57	Tiempo de fraguado de la mezcla con cemento EL PUENTE..	Pág. 73
Cuadro 58	Tiempo de fraguado de la mezcla con cemento COBOCE.....	Pág. 73
Cuadro 59	Resistencias a 7, 14 y 28 días a Compresión con cemento FANCESA.....	Pág. 76

Cuadro 60	Resistencias a 7, 14 y 28 días a Compresión con cemento EL PUENTE.....	Pág. 77
Cuadro 61	Resistencias a 7, 14 y 28 días a Compresión con cemento COBOCE.....	Pág. 78
Cuadro 62	Resistencia a Flexión a los 28 días con Cemento Fancesa.....	Pág. 81
Cuadro 63	Resistencia a Flexión a los 28 días con Cemento El Puente....	Pág. 81
Cuadro 64	Resistencia a Flexión a los 28 días con Cemento Coboce.....	Pág. 81
Cuadro 65	Análisis de los Pesos Específicos de cada Cemento.....	Pág. 82
Cuadro 66	Comparación de Resultados de la Finura de los Cementos.....	Pág. 83
Cuadro 67	Tiempo de Fraguado de cada Cemento.....	Pág. 85
Cuadro 68	Relación a/c con cada Cemento.....	Pág. 86
Cuadro 69	Resultados de la Prueba del Concreto Fresco.....	Pág. 88
Cuadro 70	Resistencias a la Compresión de cada cemento a los 28 días...	Pág. 92
Cuadro 71	Evolución de las Resistencias a Compresión a Diferentes Edades de cada Cemento.....	Pág. 93
Cuadro 72	Precios actualizados de los Materiales utilizados en el Hormigón.....	Pág. 94
Cuadro 73	Cantidad de material utilizado para 1 m ³ de Hormigón empleado en Pavimento Rígido.....	Pág. 95
Cuadro 74	Precio Total de Materiales para ½ Km. de Pavimento rígido macizo.....	Pág. 95

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	Pág. 46
Gráfica 2	Curva Granulométrica y Control Granulométrica.....	Pág. 52
Gráfica 3	Correlación entre la resistencia a Flexión y Compresión.....	Pág. 82
Gráfica 4	Comparación de Resultados de Las Finuras de los Cementos..	Pág. 84
Gráfica 5	Influencia de la finura del cemento en la resistencia a flexión del concreto.....	Pág. 85

Gráfica 6	Influencia del tiempo de fraguado en la resistencia.....Pág. 86
Gráfica 7	Influencia de la relación Agua/ Cemento en la Resistencia.....Pág. 87
Gráfica 8	Influencia de la Finura del Cemento en el Asentamiento de Mezcla.....Pág. 89
Gráfica 9	Influencia de la Finura en la relación Agua/ Cemento.....Pág. 90
Gráfica 10	Influencia de la relación a/c en el Asentamiento de la Mezcla.Pág. 90
Gráfica 11	Relación entre Propiedades del Pavimento Rígido por efecto del cemento.....Pág. 91
Gráfica 12	Resistencia Promedio Compresión con Diferentes Cementos..Pág. 92
Gráfica 13	Curva de evolución de resistencia a Compresión en testigos con diferentes Cementos.....Pág. 93
Gráfica 14	Costo Total para la Elaboración de 500 m de Pavimento Rígido macizo con distintos cementos Bolivianos.....Pág. 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	VARIABLES de la Investigación.....Pág. 3
Figura 2	Unidades de Estudio.....Pág. 4
Figura 3	Población y Muestra de la Investigación.....Pág. 5
Figura 4	Sección Transversal típica de un Pavimento Rígido.....Pág. 14
Figura 5	Factores que afectan las Propiedades del Hormigón.....Pág. 17
Figura 6	Componentes del Concreto Hidráulico.....Pág. 29
Figura 7	Abaco del tiempo de fraguado vs Temperatura.....Pág. 23

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1	Planteamiento de la Investigación.....Pág. 8
Esquema 2	Selección del número de muestras p/ Investigación.....Pág. 9
Esquema 3	Tamaño de la muestra p/ Caracterización de componentes.....Pág. 10
Esquema 4	Desarrollo de la Investigación.....Pág. 44

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1	Ensayo de Abrams.....	Pág. 19
Imagen 2	Ensayo de Compresión.....	Pág. 21
Imagen 3	Ensayo de Viga a Flexión.....	Pág. 23
Imagen 4	Acopio de Áridos material Chancado.....	Pág. 45
Imagen 5	Tamizado del Agregado Grueso.....	Pág. 45
Imagen 6	Material para PU del Agregado Grueso.....	Pág. 47
Imagen 7	Material y Equipo para el Peso específico Grava.....	Pág. 48
Imagen 8	Máquina del Desgaste los Ángeles.....	Pág. 50
Imagen 9	Granulometría agregado Fino.....	Pág. 51
Imagen 10	Equipo de PU suelto para el agregado fino.....	Pág. 53
Imagen 11	Picnómetro para el ensayo de Peso Específico del agregado fino.....	Pág. 54
Imagen 12	Instrumentos para el ensayo de Equivalente de Arena.....	Pág. 55
Imagen 13	Distintos Cementos que existen en Bolivia.....	Pág. 56
Imagen 14	Frasco Le Chatelier para peso específico del Cemento.....	Pág. 57
Imagen 15	Finura del cemento por el Tamiz N°200.....	Pág. 58
Imagen 16	Aparato Vicat para ensayo de Consistencia.....	Pág. 60
Imagen 17	Moldes para ensayos a compresión y Flexión.....	Pág. 68
Imagen 18	Mezcladora de Hormigón.....	Pág. 68
Imagen 19	Revenimiento mediante el cono de Abrams.....	Pág. 69
Imagen 20	Varillado y Compactación Manual de la Mezcla de Hormigón.....	Pág. 72
Imagen 21	Curado de los Especímenes.....	Pág. 74
Imagen 22	Rotura de Testigos de Hormigón a Compresión.....	Pág. 75
Imagen 23	Prensa Hidráulica para todo tipo de rotura.....	Pág. 75
Imagen 24	Equipo de Flexión.....	Pág. 80
Imagen 25	Montaje de la viga en el Equipo de Flexión.....	Pág. 80