

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y
CIENCIAS DE LOS MATERIALES



**“DETERMINACIÓN DE LA RETRACCIÓN POR SECADO DEL
HORMIGÓN UTILIZANDO CEMENTO EL PUENTE EN LA CIUDAD DE
TARIJA”**

NIEVES TASTACA CARLOS ANDRES

CIV 502-PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

SEMESTRE 1 - 2022

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y
CIENCIAS DE LOS MATERIALES

**“DETERMINACIÓN DE LA RETRACCIÓN POR SECADO DEL
HORMIGÓN UTILIZANDO CEMENTO EL PUENTE EN LA CIUDAD DE
TARIJA”**

NIEVES TASTACA CARLOS ANDRES

CIV 502-PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

SEMESTRE 1 - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Delfín Armando Nieves Miranda que en paz descanse y Sandra Tastaca Cruz por darme su bendición a diario, haberme formado con reglas y algunas libertades para hacerme caer en cuenta de cómo obrar en el transcurso de la vida, actitudes y acciones que me motivaron constantemente para alcanzar mis objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRUDUCCIÓN

1.1.- Antecedentes históricos	1
1.2.- Planteamiento del problema.....	2
1.3.- Formulación de hipótesis	5
1.4.- Justificación del estudio.....	6
1.5.- Objetivo	7
1.5.1.- Objetivo general.....	7
1.5.2.- Objetivos específicos	7
1.6.- Metodología de la investigación	8
1.6.1.- Tipo y enfoque de la investigación.....	8
1.6.2.- Descripción de equipos e instrumentos	8
1.6.3.- Métodos y técnicas de investigación	10
1.6.4.- Selección de variables.....	10
1.6.5.- Tamaño de la muestra	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Componentes del hormigón.....	13
2.1.1.- Cemento.....	13

2.1.2.- Agua.....	15
2.1.3.- Áridos	18
2.2.- Reología del hormigón.....	22
2.2.1.- Retracción del hormigón.....	22
2.3.- Influencia del curado y condiciones del almacenaje.....	34
2.4.- Modelos predictivos de la retracción	34
2.4.1.- Modelo ACI 209-92.....	34
2.4.2.- Modelo Bažant-Baweja B3.....	37
2.4.3.- Modelo CEB MC90-99.....	39
2.4.4.- Modelo GL 2000.....	40

CAPÍTULO III
DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1.- Realización de los ensayos	43
3.2.- Fabricación del hormigón	43
3.2.1.- Materiales	43
3.2.2.- Dosificación.....	43
3.2.3.- Equipo.....	43
3.2.4.- Preparación del hormigón.....	44
3.3.- Elaboración de probetas.....	45

3.3.1.- Molde.....	45
3.3.2.- Llenado de probetas.....	45
3.3.3.- Desmolde.....	46
3.3.4.- Curado de probetas.....	47
3.4.- Mediciones.....	47
3.4.1.- Resistencia a compresión.....	47
3.4.2.- Retracción por secado.....	47
3.5.- Indicadores ambientales.....	47
3.5.1.- Humedad relativa.....	47
3.5.2.- Temperatura.....	50

CAPÍTULO IV
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.- Comportamiento de los hormigones.....	51
4.1.1.- Resistencia a compresión.....	51
4.1.2.- Medición de la deformación debido a la retracción de secado.....	51
4.1.3.- Deformación unitaria.....	53
4.1.4.- Diagrama Deformación por retracción de secado – Tiempo.....	54
4.2.- Modelos predictivos de retracción por secado ACI 209.2R.....	55
4.2.1.- Modelo ACI.....	55

4.2.2.- Modelo B3 Bazant-Baweja.....	56
4.2.3.- Modelo MC90-99	57
4.2.4.- Modelo GL 2000.....	57
4.3.- Resumen de resultados.....	58

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67

NÓMINA DE ANEXOS

- Anexo 1: Caracterización de los materiales pétreos y del cemento
- Anexo 2: Dosificación de la mezcla de hormigón con ACI 211.1
- Anexo 3: Estimación de la retracción por secado con modelos predictivos
- Anexo 4: Medición de la retracción por secado
- Anexo 5: Fotografías del desarrollo experimental

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Análisis de contenido de óxidos de los cementos.....	4
Figura 2.1. Análisis de los componentes del cemento El Puente.....	14
Figura 2.2. Influencia del agua en la resistencia del hormigón.....	16
Figura 2.3. Estado del agua en la pasta de cemento.....	18
Figura 2.4. Esquema retracción química y autógena	23
Figura 2.5. Retracción plástica con diferentes velocidades de viento.....	25
Figura 2.6. La retracción plástica en pastas, morteros y hormigones.....	26
Figura 2.7. Fisuración por retracción plástica	27
Figura 2.8. Retracción superficial del hormigón.....	27
Figura 2.9. Retracción y la pérdida de humedad en pastas de cemento	29
Figura 2.10. Influencia del contenido de árido en la retracción relativa.....	31
Figura 2.11. Retracción en función del contenido de agua	32
Figura 2.12. Relación entre la retracción última relativa y la humedad relativa ..	33
Figura 3.1. Mezcladora de volteo lateral	44
Figura 3.2. Día de preparación de la mezcla de hormigón	44
Figura 3.3. Moldes cilíndricos	45
Figura 3.4. Enrasado de probetas	46
Figura 3.5. Desmolde de probetas	46
Figura 3.6. Deformímetro	48
Figura 3.7. Medición de la retracción por secado	48
Figura 3.8. Humedad relativa en la ciudad de Tarija.....	49

Figura 3.9. Temperaturas máximas y mínimas en la ciudad de Tarija.....	50
Figura 4.1. Deformación unitaria por Retracción de secado-Tiempo.....	55
Figura 4.2. Comparación de modelos de estimación y deformación real.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Porcentaje de óxidos que componen el cemento portland	3
Tabla 1.2. Porcentaje de óxidos que componen el cemento portland	3
Tabla 1.3. Contenido porcentual de óxidos del cemento El Puente.....	3
Tabla 1.4. Variables independientes de los modelos predictivos de retracción ...	10
Tabla 2.1. Contenido porcentual de oxido del cemento El Puente	13
Tabla 2.2. Tamaño nominal de abertura de tamices.....	20
Tabla 2.3. Límites granulométricos del agregado fino	21
Tabla 2.4. Módulo de finura para arenas	21
Tabla 2.5. Tipos de retracción en el hormigón.....	22
Tabla 2.6. Obtención del coeficiente α_1	38
Tabla 2.7. Obtención del coeficiente α_2	39
Tabla 2.8. Obtención del coeficiente k	41
Tabla 3.1. Humedad relativa durante las mediciones.....	49
Tabla 4.1. Resistencia a compresión en las probetas de estudio.....	51
Tabla 4.2. Deformación en la muestra de estudio.....	52
Tabla 4.3. Deformación unitaria en la muestra de análisis.....	53
Tabla 4.4. Deformación unitaria unificada de la muestra de análisis.....	54

Tabla 4.5. Estimación de la deformación mediante modelo ACI.....	56
Tabla 4.6. Estimación de la deformación mediante modelo B3 Bazant.....	56
Tabla 4.7. Estimación de la deformación por retracción mediante modelo MC90.....	57
Tabla 4.8. Estimación de la deformación mediante modelo GL2000.....	58
Tabla 4.9. Resumen de resultados de mediciones reales y modelos de estimación.....	58
Tabla 4.10. Porcentaje de error de los modelos de estimación con respecto a las mediciones reales.....	59