

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**FORMULACIÓN DE CEMENTO COLA TIPO C1 A PARTIR DE CEMENTO
PORTLAND IP-30 A ESCALA LABORATORIO**

Por:

LORENA MAGALY GARRIDO LAVADENZ

**Modalidad de graduación: (Investigación Aplicada) presentado a consideración
de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como
requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Diciembre 2024

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

Dedicado a mis padres y docentes que me acompañaron y ayudaron durante todo el proceso de este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
Antecedentes	1
Historia del cemento portland y desarrollo del cemento cola	1
Panorama mundial del cemento.....	2
Principales productores de cemento en el mundo	2
Panorama nacional del cemento:	2
Panorama regional del cemento.....	3
Cemento cola o cemento adhesivo	3
Importancia del Cemento cola.....	3
OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	4
Justificación social.....	4
Justificación económica	5
Justificación ambiental.....	5
Justificación tecnológica	6

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Definición de cemento	7
1.2 Cemento Portland.....	7
1.3 Clasificación de acuerdo a la composición en masa	7
1.4 Clasificación de acuerdo a la resistencia por compresión	8
1.5 Cemento cola o adhesivo cementoso	8
1.6 Clasificación y designación de cemento cola.....	8
1.7 Cemento cola o adhesivo cementoso tipo C1 para interiores.....	10
1.8 Características de aplicación	10
1.8.1 Tiempo de conservación	10
1.8.2 Tiempo de maduración	10

1.8.3 Vida útil	10
1.8.4 Tiempo abierto	11
1.8.5 Capacidad humectante.....	11
1.8.6 Deslizamiento	11
1.9 Propiedades del cemento cola	11
1.9.1 Adherencia	11
1.10 Características fundamentales del cemento cola tipo c1	12
1.10.1 Adherencia inicial.....	12
1.10.2 Adherencia después de inmersión en agua	12
1.11 Característica final	13
1.11.1 Adherencia o fuerza de tracción del cemento cola tipo C1	13
1.12 Valores individuales de adherencia inicial o resistencia a la tracción	13
1.13 TIPOS DE ROTURA.....	13
1.14 Rotura Adhesiva	15
1.14.1 Rotura adhesiva entre el adhesivo y el soporte (AF-S).....	15
1.14.2 Rotura adhesiva entre la cerámica y el adhesivo (AF-T)	16
1.14.3 Rotura adhesiva entre la cerámica y el cabezal de tracción (BT)	16
1.15 Rotura Cohesiva en el Adhesivo (CF-A).....	16
1.15.1 Rotura Cohesiva en el soporte o en la cerámica	17
1.15.2 Rotura cohesiva en el soporte (CF-S).....	17
1.15.3 Rotura cohesiva en la cerámica (CF-T).....	18
1.16 Aditivos.....	18
1.16.1 Celulosas.....	18
1.17 Proceso de fabricación de cemento cola a nivel industrial.....	19
1.18 Equipo o maquina tracción.....	21
1.19 Componentes del cemento cola tipo C1	21
1.20 Composición de los componentes del cemento cola tipo C1	21
1.21 Aditivo para Cemento Cola Tipo C1.....	22
1.22 Mezcladores.....	23
1.22.1 Mezcladores mecánicos.....	23
1.22.2 Mezcladores por aire	24

1.22.3 Mezcladores tipo Venturi	24
---------------------------------------	----

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Descripción de materias primas	25
2.1.1 Cemento Portland IP-30	25
2.1.2 Arena	25
2.1.3 Celulosa	25
2.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	26
2.3 Diseño factorial	26
2.3.1 Matriz de diseño de experimentos para determinar la Adherencia inicial	28
2.4 Evaluación estadística del diseño experimental	29
2.5 Ensayos y pruebas experimentales.....	34
2.6 Ensayo para la prueba de adherencia inicial.....	34
2.6.1 Experimento 1 (correspondiente a la dosificación 1).....	35
2.6.2 Resultados del experimento 1 (correspondiente a la dosificación 1).....	35
2.6.3 Experimento 2 (correspondiente a la dosificación 2).....	36
2.6.4 Resultados del experimento 2 (correspondiente a la dosificación 2).....	37
2.6.5 Experimento 2 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	37
2.6.6 Experimento 3 (correspondiente a la dosificación 3).....	38
2.6.7 Resultados del experimento 3 (correspondiente a la dosificación 3).....	38
2.6.8 Experimento 3 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	39
2.6.9 Experimento 4 (correspondiente a la dosificación 4).....	39
2.6.10 Resultados del experimento 4 (correspondiente a la dosificación 4).....	40
2.6.11 Experimento 4 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	40
2.6.12 Experimento 5 (correspondiente a la dosificación 5).....	41
2.6.13 Resultados del experimento 5 (correspondiente a la dosificación 5).....	41
2.6.14 Experimento 5 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio.	42

2.6.15 Experimento 6 (correspondiente a la dosificación 6)	42
2.6.16 Resultados del experimento 6 (correspondiente a la dosificación 6)	43
2.6.17 Experimento 6 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	43
2.6.18 Experimento 7 (correspondiente a la dosificación 7)	44
2.6.19 Resultados del experimento 7 (correspondiente a la dosificación 7)	44
2.6.20 Experimento 7 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	45
2.6.21 Experimento 8 (correspondiente a la dosificación 8)	45
2.6.22 Resultados del experimento 8 (correspondiente a la dosificación 8)	46
2.6.23 Experimento 8 - Control de valores dentro del rango de $\pm 20\%$ del valor medio	46
2.7 Resultados de los 8 experimentos en la matriz de experimentos.....	47
2.8 Prueba de Adherencia después de inmersión en agua	48
2.9 Pruebas para tiempos abiertos de 5, 10, 20, y 30 minutos	49
2.10 Materiales, equipos y componentes	54
2.11 Especificación técnica de los equipos y maquinas.....	55
2.12 Fabricación de placas de hormigón.....	55
2.13 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE CEMENTO COLA TIPO C1 A ESCALA LABORATORIO (Para determinación de Adherencia inicial).....	55
2.14 Procedimiento para realizar el ensayo de prueba de adherencia después de inmersión en agua.....	59
2.15 Parámetros de control de calidad del cemento cola tipo C1	62
2.16 Dimensionamiento de una mezcladora a escala laboratorio	63
2.16.1 Mezcladora planetaria	63

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Discusión de resultados obtenidos de adherencia	66
3.2 Comparación de la adherencia inicial de las ocho dosificaciones	66
3.3 Estudio y evaluación de las pruebas del cemento cola tipo C1 elaborado	68
3.4 Clasificación de los tipos de rotura	75

3.5 Evaluación y análisis al tipo de rotura del cemento cola tipo C1 a escala laboratorio elaborado	75
---	----

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	77
4.2 RECOMENDACIONES.....	82

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA	83
--------------------	----

ANEXOS

ANEXO A	86
ANEXO B	88
ANEXO C	89
ANEXO D	91
ANEXO E	96
ANEXO F.....	99
ANEXO G	102
ANEXO H.....	108
ANEXO I	109
ANEXO PLANOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Clasificación del cemento por su composición en masa	7
Tabla I-2 Clasificación de acuerdo a la resistencia por compresión.....	8
Tabla I-3 Clases y características opcionales de los adhesivos cementosos	8
Tabla I-4 Ejemplos de clasificación y designación.....	9
Tabla I-5 Tipos de rotura que requieren volver a realizar el ensayo	14
Tabla I-6 Tipos de roturas que no requieren repetir el ensayo	14
Tabla II-1 Dosificación 1	27
Tabla II-2 Dosificación 2	27
Tabla II-3 Factores y niveles del diseño factorial del experimento	28

Tabla II- 4 Diseño factorial para el proceso experimental	28
Tabla II-5 Datos experimentales obtenidos:	30
Tabla II-6 Datos para el análisis estadístico	30
Tabla II-7 Análisis ANOVA:	31
Tabla II-8 Coeficientes para el modelo	32
Tabla II-9 Resultados variable respuesta	33
Tabla II-10 Formulación 1.....	35
Tabla II-11 Resultados del experimento 1.....	35
Tabla II-12 Formulación 2.....	36
Tabla II-13 Resultados del experimento 2	37
Tabla II-14 Formulación 3.....	38
Tabla II-15 Resultados del experimento 3	38
Tabla II-16 Formulación 4.....	39
Tabla II-17 Resultados del experimento 4	40
Tabla II-18 Formulación 5.....	41
Tabla II-19 Resultados del experimento 5	41
Tabla II-20 Formulación 6.....	42
Tabla II-21 Resultados del experimento 6	43
Tabla II-22 Formulación 7.....	44
Tabla II-23 Resultados del experimento 7	44
Tabla II-24 Formulación 8.....	45
Tabla II-25 Resultados del experimento 8	46
Tabla II-26 Resultados de los 8 experimentos en la matriz de experimentos	47
Tabla II-27 Selección y evaluación para la prueba de inmersión en agua	48
Tabla II-28 Selección y evaluación de resultados para tiempo abierto de 5 min	49
Tabla II-29 Selección y evaluación de resultados para tiempo abierto de 10 min	50
Tabla II-30 Selección y evaluación de resultados para tiempo abierto de 20 min	51
Tabla II-31 Selección y evaluación de resultados para tiempo abierto de 30 min	53
Tabla II-32 Parámetros de control de calidad para el cemento cola tipo C1.....	63
Tabla III-1 Formulacion de Cemento cola tipo C1	67
Tabla III-2 Tabla de dosificaciones y agua empleada.....	70

Tabla III-3 Agua empleada por kilo de dosificación seleccionada	71
Tabla III-4 Dosificaciones resultados y observaciones.....	71
Tabla III-5 TIPOS DE ROTURA	75
Tabla III-6 Evaluación y análisis al tipo de rotura del cemento cola tipo C1 a escala laboratorio elaborado	75
Tabla IV-1 Comparación de resultados de ensayos realizados con los valores requeridos por norma	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Elementos que conforman el proceso de los diferentes tipos de rotura....	15
Figura 1-2 Rotura adhesiva entre el adhesivo y el soporte (AF-S)	15
Figura 1-3 Rotura adhesiva entre la cerámica y el adhesivo (AF-T).....	16
Figura 1-4 Rotura adhesiva entre la cerámica y el cabezal de tracción (BT).....	16
Figura 1-5 Rotura Cohesiva en el adhesivo (CF-A)	17
Figura 1-6 Rotura cohesiva en el soporte (CF-S).....	17
Figura 1-7 Rotura cohesiva en la cerámica (CF-T)	18
Figura 1-8 Celulosa bajo microscopio	19
Figura 1-9 Horno rotativo de arena	20
Figura 2-1 Datos experimentales y datos mediante el modelo.....	34
Figura 2-2: Gráfico de control prueba 1.....	36
Figura 2-3: Gráfico de control prueba 2.....	37
Figura 2-4: Gráfico de control prueba 3.....	39
Figura 2-5 Gráfico de control prueba 4.....	40
Figura 2-6: Gráfico de control prueba 5.....	42
Figura 2-7: Gráfico de control prueba 6.....	43
Figura 2-8: Gráfico de control prueba 7.....	45
Figura 2-9: Gráfico de control prueba 8.....	46
Figura 2-10: Grafico de control Adherencia después de inmersión en agua.....	48
Figura 2-11: Grafico de control Tiempo abierto de 5 min	50
Figura 2-12: Grafico de control Tiempo abierto de 10 min	51
Figura 2-13: Grafico de control Tiempo abierto de 20 min	52
Figura 2-14: Grafico de control Tiempo abierto de 30 min	53

Figura 2-15 Rotura que realiza el Equipo de tracción	59
Figura 2-16 Aplicación de pegado del cemento cola tipo C1 para prueba de inmersión en agua	60
Figura 2-17 Probeta sumergida en agua para prueba de inmersión en agua	61
Figura 2-18 Secado de la probeta de inmersión en agua y medición de la adherencia	61
Figura 2-19 Movimiento planetario de una mezcladora planetaria	64
Figura 3-1 Dosificaciones y agua añadida en cada dosificación.....	66
Figura 3-2 Comparación de los resultados de Adherencia inicial de las ocho dosificaciones	67
Figura 3-3 Comparación de todas las pruebas realizadas al cemento cola tipo C1	73

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Aplicación del cemento cola tipo C1 elaborado en placas de cerámicas para prueba de adherencia inicial	57
Fotografía 2-2 Pegado de cabezales de tracción.....	58
Fotografía 3-1 Mezcla en proporciones óptimas de cemento cola tipo C1	68
Fotografía 3-2 Pérdida adherencia del cemento cola a medida que transcurre el tiempo para 5, 10, 20, 30 minutos	74