

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



**“ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD EN HORMIGONES CON
CASCOTE DE LADRILLO”**

Por:

CASTILLO RUEDA CESAR DANIEL

Semestre II-2025

TARIJA – BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD EN HORMIGONES CON
CASCOTE DE LADRILLO”**

Por:

CASTILLO RUEDA CESAR DANIEL

Semestre II-2025

TARIJA - BOLIVIA

Dedicatoria:

Este trabajo está dedicado a mis padres por haberme dado la vida y por darme el apoyo necesario para poder llegar a este momento tan importante en mi vida y mi formación profesional, que fueron los pilares más importantes en mi vida, brindándome su apoyo y amor incondicional, por brindarme e inculcarme buenos valores y guiarme en el transcurso de mi vida, para superarme y poder dar lo mejor de mí cada día.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1. Antecedentes	1
1.1 El problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.2 Formulación del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Académica.....	3
1.3.2 Técnica	4
1.3.3 Social.....	4
1.4 Alcance del proyecto.....	5
1.4.1 Consideraciones generales	5
1.4.2 Resultados a lograr	5
1.4.3 Hipótesis.....	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Hormigón con cascote de ladrillo	7
2.1.1 Antecedentes	7

	Página
2.1.2 Cascote de ladrillo.....	8
2.1.2.1 Procedencia	8
2.1.2.2 Características del agregado.....	9
2.1.3 Hormigón con cascote de ladrillo	10
2.1.3.1 Características del hormigón que forma	10
2.1.3.2 Usos.....	12
2.2 Dosificación de hormigones.....	12
2.2.1 Hormigón fresco.....	14
2.2.2 Concreto endurecido	16
2.3 Criterios y metodología para la dosificación del hormigón con cascote de ladrillo	17
2.4 Permeabilidad de hormigones	22
2.4.1 Introducción a la permeabilidad y durabilidad del hormigón	23
2.4.2 Estructura de poros y capilares del hormigón endurecido y su vinculación con la permeabilidad y absorción.	25
2.4.3 Ensayo de permeabilidad	27
2.4.4. Manual del equipo de permeabilidad del hormigón.....	29
2.4.5 Descripción del ensayo de penetración de agua bajo presión de acuerdo a la norma une-en 12390-8	30
2.4.6 Ensayo de determinación de la densidad, la absorción de agua y vacíos en el concreto endurecido según norma astm c642-13.	33
2.4.7. Ecuación de valenta oldrich.	35
2.4.7.1. Criterios y enfoque de valenta para la permeabilidad al agua:	36
2.4.7.2. Ventajas del enfoque de valenta:.....	38
2.4.7.3. Adaptación a partir de los principios de darcy planteada por valenta para la obtención de la ecuación de permeabilidad	38

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página
3.1 Generalidades	41
3.2 Ensayos a los componentes del hormigón para caracterización de los componentes de la mezcla.....	41
3.2.1 Determinación de la finura del cemento	41
3.2.2 Determinación del peso específico del cemento (astm c 188 aashto t 133).....	43
3.2.3 Análisis granulométrico de los agregados (astm c-136).	44
3.2.4 Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (astm c-127	46
3.2.5 Determinación del peso específico y absorción del agregado fino (astm c 128).	47
3.2.6 Determinación del peso unitario del agregado grueso (astm c29)	49
3.2.7 Determinación del peso unitario del agregado fino (astm c29)	50
3.2.8 Dosificación método aci-211	52
3.2.9 Preparación del hormigón en el laboratorio para los ensayos de compresión ...	54
3.2.10 Determinación de resistencia a compresión en probetas.....	59
3.2.11 Valores de resistencia obtenidos	60
3.2.12 Determinación de la densidad de las mezclas	63
3.2.13 Determinación de penetración de agua bajo presión en probetas cilíndricas de hormigón	64
3.2.14 Determinación de volúmenes de agua bajo presión penetrada en probetas cilíndricas de hormigón.....	70
3.2.15 Ensayo determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido.	71
3.2.16 Determinación de la permeabilidad al agua del hormigón.....	76

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1 Planteamiento de curvas y ábacos.....	78
4.1.1 Curvas de densidad del hormigón respecto de su resistencia a la compresión y % de cascote de ladrillo.....	78
4.1.2 Curvas penetración de agua bajo presión vs tipo de hormigón.....	81
4.1.3 Curvas poros permeables vs tipo de hormigón	83
4.2 Identificación y definición de parámetros de análisis	83
4.2.1 Características generales de los componentes del hormigón.	83
4.2.2 Evaluación de los valores de penetración de agua bajo presión obtenidos.....	84
4.2.3 Evaluación de relación de la profundidad de penetración agua bajo presión y la resistencia a compresión.	85
4.3 Análisis de la permeabilidad en hormigones con cascote de ladrillo	85
4.4 Diferencia entre resultados obtenidos y esperados	88
4.5 Análisis de costos.....	91
4.6 Análisis de la trabajabilidad en las mezclas de hormigón.....	92
4.7 Aplicabilidad del trabajo de investigación.....	92
4.8 Valoración del análisis	94
4.9 Contrastación de hipótesis	95

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	96
Recomendaciones.....	97

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

Bibliografía	98
--------------------	----

	Página
Anexo A-1: Análisis de laboratorio a los componentes de las mezclas de hormigón.	101
Anexo A-2: Dosificación de mezclas.....	115
Anexo A-3: Ensayo de resistencia a compresión para las mezclas de hormigón.	117
Anexo A-4: Determinación de la densidad de las mezclas de hormigón.....	121
Anexo A-5: Determinación de la penetración de agua en probetas de hormigón.....	122
Anexo A-6: Determinación de volúmenes de agua penetrada en probetas de hormigón	126
Anexo A-7: Determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido.	130
Anexo A-8: Determinación del coeficiente de permeabilidad al agua del hormigón aplicando la ecuación de valenta.....	131
Anexo A-9: Fotografías de los ensayos realizados.	135

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1.3.1-1: Mezclaz de prueba aproximadas para algunos elementos estructurales.....	11
Tabla 2.2-1: Clasificación del hormigón por su consistencia	13
Tabla 2.2.2-1: Incremento de la resistencia del hormigón con respecto al tiempo.	17
Tabla 2.4.7.3-1: Parámetros de la fórmula de permeabilidad de valenta	40
Tabla 3.2.1-1: Valores de finura del cemento.	42
Tabla 3.2.2-1: Valores de peso específico del cemento.	44
Tabla 3.2.4-1: Valores de peso especifico y absorción del agregado grueso.	47
Tabla 3.2.5-1: Valores de peso específico y absorción del agregado fino.	49
Tabla 3.2.6-1: Valores de peso unitario del agregado grueso.	50
Tabla 3.2.7-1: Valores de peso unitario agregado fino.	51
Tabla 3.2.8-1: Pesos secos de ingredientes por metro cubico de hormigon.	52
Tabla 3.2.8-2: Pesos húmedos de ingredientes por metro cubico de hormigón.	52
Tabla 3.2.8-3: Proporción de mezcla.	52
Tabla 3.2.8-4: Pesos secos de ingredientes para 4 probetas.	53
Tabla 3.2.8-5: Cantidad de grava y ladrillo para 4 probetas.	53
Tabla 3.2.11-1: Valores de resistencia a compresión.	61
Tabla 3.2.11-2: Análisis estadístico de las resistencias a compresión.	61
Tabla 3.2.14-1: Volúmenes de agua bajo presión penetrada en probetas de hormigón (hormigón patrón).	70
Tabla 3.2.14-2: Volúmenes de agua bajo presión penetrada en probetas de hormigón (hormigón con 18%CL)	70
Tabla 3.2.14-3: Volúmenes de agua bajo presión penetrada en probetas de hormigón (hormigón con 30%CL)	71
Tabla 3.2.14-4: Volúmenes de agua bajo presión penetrada en probetas de hormigón (hormigón con 50%CL)	71
Tabla 3.2.15-1: Valores de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido. (hormigón patrón).....	74
Tabla 3.2.15-2: Valores de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido. (hormigón 18% CL).....	74

Tabla 3.2.15-3: Valores de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido. (hormigón 30% CL).....	75
Tabla 3.2.15-4: Valores de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido. (hormigón 50% CL).....	75
Tabla 3.2.16-1: Valores de coeficientes de permeabilidad al agua mediante la aplicación de la ecuacion de valenta.	76
Tabla 3.2.16-2: Valores de coeficientes de permeabilidad al agua mediante la aplicación de la ecuacion de valenta.	76
Tabla 3.2.16-3: Valores de coeficientes de permeabilidad al agua mediante la aplicación de la ecuacion de valenta.	77
Tabla 3.2.16-4: Valores de coeficientes de permeabilidad al agua mediante la aplicación de la ecuacion de valenta.	77
Tabla 4.2.2-1: Valores de penetración de agua bajo presión media y máxima.....	84
Tabla 4.2.2-2: Análisis estadístico de las penetraciones máximas.....	84
Tabla 4.5-1: Análisis de costos.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.4.4-1: Equipo de permeabilidad del hormigón	30
Figura 3.2.1-1: Materiales y equipos empleados para la determinación de la finura del cemento.	42
Figura 3.2.3-1: Análisis granulométrico del agregado grueso (grava y ladrillo)	45
Figura 3.2.3-2: Análisis granulométrico del agregado fino.	45
Figura 3.2.4-1: Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (grava y ladrillo).....	47
Figura 3.2.5-1: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino. ...	49
Figura 3.2.6-1: Determinación del peso unitario del agregado grueso (grava y ladrillo).....	50
Figura 3.2.7-1: Determinación del peso unitario del agregado fino	51
Figura 3.2.9-1: Pesado de materiales para la elaboración de las mezclas de hormigón.	55
Figura 3.2.9-2 Mezclado de las muestras de hormigón	56
Figura 3.2.9-3: Ensayo de asentamiento a las mezclas realizadas.	57
Figura 3.2.9-4: Probetas realizadas y moldes utilizados en la elaboración de mezclas	58
Figura 3.2.9-5: Vaciado y realización de probetas.....	58
Figura 3.2.9-6: Curado de las probetas de prueba.....	59
Figura 3.2.10-1: Ensayos de rotura de probetas	60
Figura 3.2.11-1: Diagrama de barras de comparación de resistencia entre las mezclas	62
Figura 3.2.11-2: Curva resistencia a compresión vs tipo de hormigón.....	62
Figura 3.2.12-1: Diagrama de barras de comparación de densidades entre las mezclas	63
Figura 3.2.13: Ensayo penetración de agua bajo presión.....	66
Figura 3.2.13-1: Diagrama de barras de comparación de penetración media y máxima obtenidos	67
Figura 3.2.13-1: Diagrama de barras de comparación de penetración media y máxima obtenidos	68

Figura 3.2.13-2: Diagrama de barras de comparación de penetración media entre las mezclas.....	69
Figura 3.2.13-2: Diagrama de barras de comparación de penetración máxima entre las mezclas.....	69
Figura 3.2.15: Ensayo determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido.....	73
Figura 4.1.1-1: Curva densidad del hormigón vs resistencia a la compresión a los 28 días.	79
Figura 4.1.1-2: Abaco densidad del hormigón vs resistencia a la compresión a los 28 días	79
Figura 4.1.1-3: Curva densidad del hormigón vs % de cascote de ladrillo.....	80
Figura 4.1.1-4: Abaco densidad del hormigón vs % de cascote de ladrillo	80
Figura 4.1.2-1: Curva penetración de agua media vs tipo de hormigón	81
Figura 4.1.2-2: Curva penetración de agua máxima vs tipo de hormigón	82
Figura 4.1.2-3: Dispersión de penetración media vs penetración máxima	82
Figura 4.1.3-1: Curva poros permeables vs tipo de hormigón.....	83
Figura 4.2.3-1: Análisis de relación de penetración de agua bajo presión vs resistencia a compresión.	85
Figura 4.3-1: Comparación de coeficiente de permeabilidad al agua entre las mezclas.	86
Figura 4.3-2: Curva de coefiente de permeabilidad vs tipo de hormigon.	87
Figura 4.3-3: Curva de coefiente de permeabilidad vs resistencia a compresión del hormigon.	88
Figura 4.5-2: Costo de la elavoración de hormigones con cascote de ladrillo.....	91