

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES
DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE PARA
LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO
PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021**

TESIS

PRESENTADA POR:

ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

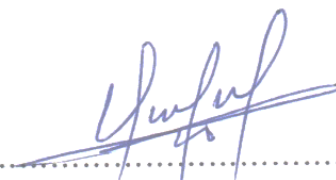
Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE
FUNDICIÓN DE COBRE PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE
CONCRETO PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021

Tesis sustentada y aprobada el 16 de agosto del 2023, estando de jurado calificador
integrado por:

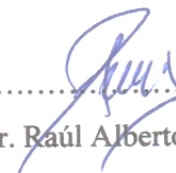
PRESIDENTE:


.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez


SECRETARIO:


.....
Mgr. José Manuel Pareja Torres

MIEMBRO:


.....
Dr. Raúl Alberto García Castro

ASESOR:


.....
Dr. Raúl Alberto García Castro

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Raúl Alberto Garcia Castro en mi condición de Asesor CERTIFICO que: el informe de tesis titulado: **“APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021”**, desarrollado por el egresado de la MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Sr. **ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI**, para optar el Grado Académico **MAESTRO EN CIENCIAS (MAGISTER SCIENTIAE) CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**.

Que, conforme al análisis de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, mediante el software de similitud textual TURNITIN obtiene los siguientes resultados:

Código de identificación de reporte : oid: 23228:201833040
Porcentaje de similitud : 2%
Nivel : Permitido

Por lo que **CERTIFICO QUE LA SIMILITUD** del Informe de Tesis está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**. El tenista puede continuar con el proceso de su sustentación de la Tesis.

Se emite el presente certificado para los fines correspondientes.



Dra. Raúl Alberto Garcia Castro
Código Orcid: 0000-0003-1875-6917
Docente Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por ayudarme y darme fortaleza, para concluir mi tesis, por darme salud y bienestar. Asimismo, a mis hermanos, en especial a mi hijo y nietos que son mi más grande motivo para salir adelante y superarme cada día más.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis el Dr. Raúl Alberto García Castro, por compartir conmigo sus saberes y por el apoyo con el que me guió en este camino. Gracias por su comprensión, experiencia y por motivarme para culminar mi tesis.

A todos los que motivaron y cooperaron desinteresadamente dar este paso importante, de invaluable costo por el constante aprender, en especial a los Ingenieros: Julian Nieto Quispe, Samuel Santos Quispe Maquera, Joel Franco Vargas Cohaila, Richard Pumachapi Quico, Pablo Armando Zegarra Rocha, les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración y amistad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia de la investigación	5
1.4. Alcances y limitaciones	7
1.5. Objetivos.....	8
1.5.1. Objetivo general	8
1.5.2. Objetivos específicos	8
1.6. Hipótesis	9
1.6.1. Hipótesis general	9
1.6.2. Hipótesis específicas.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes del estudio	10
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Normatividad de los pasivos ambientales en el Perú	13
2.2.2. Indicadores de pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre	15
2.2.2.1. Botaderos indiscriminados.....	15
2.2.2.2. Impacto en el paisaje visual	17
2.2.2.3. Áreas degradadas	18
2.2.2.4. Estado del pasivo	20
2.2.3. Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos con escoria de cobre	20
2.2.3.1. Propiedades de una escoria de cobre	20

2.2.3.2.	Fundición de cobre de Ilo	22
2.2.3.3.	Obtención de escorias de cobre	24
2.2.3.4.	Aplicaciones de las escorias de cobre.....	25
2.2.4.	Indicadores de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos	28
2.2.4.1.	Índice de resistencia a la carga puntual Is (50).....	28
2.2.4.2.	Abrasión los ángeles	28
2.2.4.3.	Granulometría	29
2.2.4.4.	Peso específico	29
2.2.4.5.	Absorción y Humedad	30
2.2.4.6.	Peso unitario	30
2.2.4.7.	Diseño de mezclas de concreto - método propuesto por ACI, dosificación.....	30
2.2.4.8.	Unidades de adoquines de concreto para pavimentos	31
2.3.	Definición de términos	33
2.3.1.	Absorción.....	33
2.3.2.	Contenido de humedad	33
2.3.3.	Clasificación de adoquines de concreto para pavimentos	33
2.3.4.	Escoria	33
2.3.5.	Escoria de cobre.....	34
2.3.6.	Índice de resistencia a la carga puntual	34
2.3.7.	Módulo de finura	34
2.3.8.	Peso específico	34
2.3.9.	Peso unitario	35
2.3.10.	Pirometalurgia	35
2.3.11.	Tamaño Máximo.....	35
2.3.12.	Tamaño Nominal Máximo.....	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		36
3.1.	Tipo y diseño de investigación	36
3.1.1.	Tipo de investigación.....	36
3.1.2.	Diseño de investigación.....	36
3.2.	Población y muestra.....	36
3.2.1.	Población	36
3.2.2.	Muestra	37

3.3.	Operacionalización de las variables	37
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	39
3.4.1.	Equipos, materiales e instrumentos	40
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	43
3.5.1.	Procesamiento.....	43
3.5.2.	Análisis de la información	45
3.6.	Identificación, descripción y evaluación de pasivos ambientales	46
3.6.1.	Volumen diagnóstico de EFC depositados en zona de Ilo	46
3.6.2.	Método utilizado para la evaluación del valor del paisaje visual.	48
3.6.3.	Evaluación de áreas degradadas identificadas.	50
3.6.4.	Descripción y evaluación de los pasivos ambientales	51
3.6.4.1.	Identificación de componentes, elementos y factores ambientales	52
3.6.4.2.	Identificación de acciones que pueden causar impactos.....	54
3.6.4.3.	Descripción de los impactos de los pasivos ambientales.....	54
3.6.4.4.	Evaluación de los impactos ambientales	57
3.6.4.5.	Metodología para la EIA de los pasivos ambientales, de Domingo Gómez Orea	57
3.7.	Proceso de elaboración de adoquines de concreto con escoria de fundición de cobre	63
3.7.1.	Procedimiento para la recolección de datos	63
3.7.2.	Ensayos de laboratorio para adoquines de concreto	65
3.7.2.1.	Índice de resistencia a la carga puntual Is(50) ASTM D-5731.....	66
3.7.2.2.	Abrasión los ángeles	69
3.7.2.3.	Granulometría agregados finos y gruesos.....	71
3.7.2.4.	Peso específico y absorción de agregados	73
3.7.2.5.	Peso unitario suelto y compactado de agregados.....	77
3.7.2.6.	Humedad de agregado fino y grueso.	79
3.7.2.7.	Diseño de mezclas con agregados EFC	79
3.7.2.8.	Resistencia a la compresión de adoquines de concreto	82
3.7.2.9.	Absorción de adoquines de concreto	83
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		85
4.1.	Identificación, descripción y evaluación del pasivo ambiental	85

4.1.1.	Identificación de lugares críticos con depósitos de EFC	86
4.1.2.	Volumen diagnóstico de EFC depositados en zona de Ilo	88
4.1.3.	Resultado de la evaluación del valor del paisaje.	92
4.1.4.	Evaluación de áreas degradadas identificadas.	95
4.1.5.	Identificación de fuentes de impactos ambientales y evaluación de los pasivos	96
4.1.5.1.	Matriz de evaluación de los pasivos ambientales de la fundición de cobre de Ilo	96
4.1.5.2.	Análisis de la matriz de evaluación de los impactos de los pasivos ambientales de EFC	100
4.2.	Ensayo de laboratorio para elaboración de adoquines de concreto para pavimentos con agregados EFC	107
4.2.1.	Índice de resistencia a la carga puntual $I_s(50)$, agregado grueso 100 % EFC	108
4.2.2.	Abrasión los ángeles de agregados gruesos 100 % EFC	109
4.2.3.	Análisis granulométrico del agregado fino natural.....	110
4.2.4.	Peso específico y Absorción del agregado fino.....	112
4.2.5.	Peso unitario suelto y compactado de agregado fino	114
4.2.6.	Humedad de agregado fino.....	116
4.2.7.	Análisis granulométrico agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC	116
4.2.8.	Peso específico y Absorción del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC	118
4.2.9.	Peso unitario suelto y compactado de agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC.....	120
4.2.10.	Humedad de agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC	122
4.2.11.	Diseño de mezcla D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC.....	122
4.2.12.	Granulometría del agregado grueso 100 % EFC	127
4.2.13.	Peso específico y Absorción del agregado grueso 100 % EFC	129
4.2.14.	Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 100 % EFC.....	131
4.2.15.	Humedad de agregado grueso 100 % EFC	133
4.2.16.	Diseño de mezclas D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC.....	133

4.2.17. Resistencia a compresión de adoquines de concreto para pavimentos.....	138
4.2.17.1. Diseño D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC	138
4.2.17.2. Diseño D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC	141
4.2.17.3. Resistencia a compresión de adoquines con sustitución 50 % y 100 % EFC	144
4.2.18. Absorción de adoquines de concreto para pavimentos 50 % y 100 % EFC...	145
4.2.18.1. Diseño D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC	145
4.2.18.2. Diseño D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC	146
4.3. Prueba de hipótesis	147
4.3.1. Hipótesis general	147
4.3.2. Primera hipótesis	148
4.3.3. Prueba de normalidad	148
4.3.4. Prueba de hipótesis de investigación	149
4.3.5. Segunda hipótesis	152
4.3.6. Prueba de normalidad	152
4.3.7. Prueba de hipótesis de investigación	153
CAPITULO V: DISCUSIÓN	155
CONCLUSIONES	164
RECOMENDACIONES.....	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
ANEXOS	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compuestos predominantes en escoria de fundición de cobre de Caletones.....	22
Tabla 2 Contenido químico de la escoria de cobre	22
Tabla 3 Espesor Nominal y resistencia a la compresión del adoquín del concreto	32
Tabla 4 Absorción de adoquines.....	32
Tabla 5 Cuadro de operacionalización de variables de nivel aplicativo.....	38
Tabla 6 Técnicas e instrumentos.....	40
Tabla 7 Lista de adjetivos y su correlación con la escala universal de valores	50
Tabla 8 Valoración de impactos negativos de áreas degradadas identificadas.....	51
Tabla 9 Componentes, elementos y factores ambientales	53
Tabla 10 Valoración de los atributos de los pasivos ambientales.....	59
Tabla 11 Descripción de los atributos de los impactos.....	60
Tabla 12 Valoración para la calificación de impactos negativos.....	62
Tabla 13 Distribución de muestras de adoquines de concreto con EFC a ensayar.....	63
Tabla 14 Peso de agregado y esferas para agregados hasta 1½"- ASTM C-131.....	70
Tabla 15 Límites de granulometría para agregado fino según la Norma ASTM C 33...	71
Tabla 16 Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos	72
Tabla 17 Cantidad mínima de la muestra de Agregado grueso	73
Tabla 18 Mínimo peso de a ensayar Peso específico y Absorción para el Agregado ...	76
Tabla 19 Capacidad de la medida para Peso unitario suelto y compactado .	78
Tabla 20 Medida del perímetro y área de lugares críticos zona fundición de ILO.....	88
Tabla 21 Datos recogidos en campo para cada lugar identificado en ILO.	91
Tabla 22 Volúmenes de los lugares críticos identificados.....	91
Tabla 23 Resultado de la valoración del paisaje de las EFC depositados en ILO.....	92
Tabla 24 Evaluación del paisaje visual de las EFC depositados en la ciudad de ILO...	93
Tabla 25 Evaluación de áreas degradadas identificadas	95
Tabla 26 Identificación de fuentes de impactos ambientales.	96
Tabla 27 Matriz de calificación de los pasivos de la Fundición de ILO	98
Tabla 28 Valoración para la calificación de impactos negativos.....	99
Tabla 29 Índice de carga puntual Is(50): Muestra de agregado grueso 100 % EFC	108
Tabla 30 Abrasión los ángeles de agregados gruesos 100 % EFC	109

Tabla 31 Análisis granulométrico del agregado fino natural ASTM C – 136.....	110
Tabla 32 Peso específico y Absorción del agregado fino.....	112
Tabla 33 Peso unitario suelto del agregado fino.....	114
Tabla 34 Peso Unitario Compactado del agregado fino.	115
Tabla 35 Contenido de humedad total del agregado fino.	116
Tabla 36 Granulometría del agregado 50 % natural y 50 % EFC ASTM C – 136.....	117
Tabla 37 Peso específico y Absorción del agregado 50 % natural y 50 % EFC	118
Tabla 38 Peso unitario suelto (P.U.S.) del Agregado 50 % natural y 50 % EFC.....	120
Tabla 39 Peso Unitario Compactado (P.U.C.), agregado 50 % natural y 50 % EFC...	121
Tabla 40 Contenido de humedad total agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC.....	122
Tabla 41 Diseño de mezclas D-01 A.G. 50 %, EFC 50 % (por el método ACI).....	123
Tabla 42 Análisis granulométrico del agregado 100 % Escoria de cobre	127
Tabla 43 Peso específico y Absorción del agregado grueso 100 % EFC.....	129
Tabla 44 Peso unitario suelto (P.U.S.) del Agregado grueso 100 % EFC.....	131
Tabla 45 Peso Unitario Compactado (P.U.C.) agregado grueso 100 % EFC.....	132
Tabla 46 Contenido de humedad total del agregado grueso 100 % EFC	133
Tabla 47 Diseño de mezclas D-02 A.G. 100 %, agregado grueso 100 % EFC	134
Tabla 48 Resistencia a compresión $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ – agregado grueso 50 % EFC..	139
Tabla 49 Resistencia a compresión $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ - agregado grueso 100 % EFC.	142
Tabla 50 Resistencia a compresión $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ – A.G. EFC; 50 % y 100 %	144
Tabla 51 Absorción de adoquines de concreto con A.G. EFC 50 %	146
Tabla 52 Absorción de adoquines de concreto con A.G. 100 % EFC.....	147
Tabla 53 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk	149
Tabla 54 Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo...	150
Tabla 55 Pruebas de normalidad.....	152
Tabla 56 Prueba de muestra única.	154
Tabla 57 Tabla Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo-Equivalencias	156
Tabla 58 Propiedades de agregado fino natural.....	157
Tabla 59 Resumen ensayos de propiedades de agregados gruesos 50 % y 100 %.....	160
Tabla 60 Dosificación diseño de mezcla agregado EFC para una bolsa de cemento...	162
Tabla 61 Resistencia a compresión $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ – A.G. EFC; 50 % y 100 %	163
Tabla 62 $F'c$ Requerida.	206

Tabla 63 Selección del Asentamiento.....	206
Tabla 64 Determinación del volumen de agua.	207
Tabla 65 Selección de la relación agua – cemento por resistencia.	207
Tabla 66 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	208
Tabla 67 Determinación del contenido de aire atrapado.	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura pavimento de adoquines de concreto	27
Figura 2 Trituración de la escoria de cobre, laboratorio de Metalurgia de la UNJBG ...	42
Figura 3 Fórmula para volúmenes de EFC, para la forma de Trapezoide	46
Figura 4 GPS manual marca Garmin modelo 72H	47
Figura 5 Muestras superficiales de escoria	48
Figura 6 Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros	49
Figura 7 Esquema de la secuencia de la EIA	52
Figura 8 Esquema general de la EIA	57
Figura 9 Diagrama para la producción de adoquines para pavimentos con EFC	64
Figura 10 Zona denominada las Canteras de Viñani en el D.C.G.A.L.-Tacna.....	65
Figura 11 Caracterización de adoquín con agregado EFC de residuos mineros	66
Figura 12 Índice de carga puntual $I_s(50)$ y σ_c con valor de “C” igual a 24	69
Figura 13 Peso específico de agregado fino natural.	74
Figura 14 Mapa político de la región Moquegua.....	85
Figura 15 Área ambiental de influencia directa de ILO.	86
Figura 16 Mapa de identificación de lugares críticos EFC, zona fundición de ILO.	87
Figura 17 GPS manual marca Garmin modelo 72H	88
Figura 18 Ubicación de puntos críticos con EFC, zona fundición de ILO.	89
Figura 19 Identificación del punto crítico con EFC, zona de ciudad de ILO.	90
Figura 20 Ubicación del lugar crítico P6 con EFC, zona de ciudad de ILO.	90
Figura 21 Síntesis de evaluación de áreas degradadas identificadas	96
Figura 22 Síntesis de evaluación de pasivos ambientales de la Fundición de ILO	100
Figura 23 Importancia del pasivo del elemento aire en los Pasivos de ILO.....	101
Figura 24 Importancia del pasivo del elemento Suelo en los Pasivos de ILO.....	102
Figura 25 Importancia del pasivo del elemento Agua en los Pasivos de ILO	103
Figura 26 Importancia del pasivo del elemento paisaje en los Pasivos de ILO.....	104
Figura 27 Importancia del pasivo del elemento Flora en los Pasivos de ILO	105
Figura 28 Importancia del pasivo del elemento Fauna en los Pasivos de ILO.....	106
Figura 29 Importancia del pasivo del elemento Socioeconómico en Pasivos de ILO..	107
Figura 30 Análisis de granulometría del agregado fino natural.....	111

Figura 31	Peso específico y % de Absorción agregado fino	113
Figura 32	Peso específico y % de Absorción A.G. EFC 50 % y A.G. natural 50 %....	119
Figura 33	Análisis granulometría del agregado grueso 100 % EFC.....	128
Figura 34	Peso específico y % de Absorción agregado Escoria de Cobre 100 %.....	130
Figura 35	Resistencia a compresión de $f'c=380$ kg/cm ² con 50 % agregado EFC	140
Figura 36	Resistencia a compresión de $f'c=380$ kg/cm ² con 100 % agregado EFC	143
Figura 37	Resistencia de $f'c=380$ kg/cm ² con 50 % y 100 % A.G. EFC a 28 días	145
Figura 38	Correlación entre Carga puntual y Resistencia a la compresión uniaxial	159

ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACI	=	American Concrete Institute
A.F.	=	Agregado fino
A.G.	=	Agregado grueso
ASTM	=	American Society for Testing and Materials
CP		Cemento Portland
DR	=	Duración
EFC	=	Escoria de Fundición de Cobre
EIA	=	Evaluación de Impacto Ambiental
EPT	=	Elementos Potencialmente Tóxicos
EX	=	Extensión
FC	=	Factor cemento
GPS	=	Global Positioning System
IM	=	Importancia del pasivo ambiental
INACAL	=	Instituto Nacional de Calidad
INGEMMET	=	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Is(50)	=	Índice de resistencia a la carga puntual Is(50)
ISRM	=	International Society for Rock Mechanics
LMRC	=	Laboratorio de Mecánica de Rocas y Concreto de la UNJBG
MA	=	Magnitud
MINAN	=	Ministerio del Ambiente
NA	=	Naturaleza
NTP	=	Norma Técnica Peruana
OEFA	=	Organismo de evaluación y fiscalización ambiental
PAM	=	Pasivos ambientales mineros
PE	=	Periodicidad
PO	=	Probabilidad de ocurrencia
RC	=	Recuperabilidad

RFC	=	Residuos de fundición de cobre
RP	=	Residuos Peligrosos
RV	=	Reversibilidad
SEIA	=	Sistema nacional de evaluación de impacto ambiental
SENAMHI	=	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SERNANP	=	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas
TD	=	Tendencia
TI	=	Tipo
TMN	=	Tamaño máximo nominal
UNJBG	=	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
UTM	=	Universal Transversal de Mercator

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue evaluar los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre como una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos en la ciudad de Ilo, 2021; con este fin se optó por una investigación aplicada con diseño, en una primera parte, descriptivo y cuantitativo, en el que se realizó la identificación de 06 focos de depósitos de desechos mineros de escoria fundición de cobre, seguidamente se evaluó el impacto ambiental de estos sobre los componentes ambientales. En el componente ambiental Físico, los impactos ambientales fueron calificados como *Severos* y *Críticos*; los elementos Suelo: generación de residuos, Agua: características fisicoquímicas y paisaje, obtuvieron resultados de un pasivo ambiental *Crítico*. En el componente ambiental Biótico; el elemento Flora: pérdida de la capa de vegetación obtuvo una importancia *Crítica*. En el componente ambiental Socioeconómico, el elemento Calidad de vida obtuvo una importancia *Severa*, concluyéndose que existe un impacto ambiental de nivel *Alto* que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente. Una segunda parte del diseño fue experimental, la población estuvo conformada por 24 adoquines de concreto para pavimentos de tránsito vehicular ligero. El concreto moldeado en adoquines de concreto de 8x10x20 cm ensayados a compresión, con sustitución de agregado grueso por un 50 % de escoria de fundición de cobre alcanzó 398,68 kg/cm² y con sustitución de agregado grueso por un 100 % de escoria de fundición de cobre alcanzó 386,46 kg/cm², quedando comprobado que es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre 50 % y 100 % en peso, dado que la resistencia obtenida es mayor a 380 kg/cm² (37 MPa) y el % de Absorción del adoquín es menor a 6 %, según norma para adoquines de concreto, en la ciudad de Ilo.

Palabras Claves: *Impacto ambiental, residuos de fundición de cobre, adoquines de concreto para pavimentos.*

ABSTRACT

The objective of the thesis was to evaluate the environmental liabilities of copper smelting waste as a viable alternative for the production of concrete pavers for pavements in the city of Ilo, 2021; To this end, an applied research was chosen with a design, in the first part, descriptive and quantitative, in which the identification of 06 sources of mining waste deposits of copper smelting slag was carried out, then the environmental impact of these was evaluated. on environmental components. In the Physical environmental component, the environmental impacts were classified as Severe and Critical; The elements Soil: waste generation, Water: physicochemical characteristics and landscape, obtained results of a Critical environmental liability. In the Biotic environmental component; The Flora element: loss of the vegetation layer obtained Critical importance. In the Socioeconomic environmental component, the Quality of life element obtained a Severe importance, concluding that there is a High level environmental impact produced by the environmental liabilities of copper smelting waste in the environment. A second part of the design was experimental, the population was made up of 24 concrete pavers for pavements for light vehicular traffic. The concrete cast in 8x10x20 cm concrete pavers tested in compression, with replacement of coarse aggregate by 50 % copper foundry slag reached 398.68 kg/cm² and with replacement of coarse aggregate by 100 % foundry slag of copper reached 386.46 kg/cm², proving that it is possible to take advantage of the environmental liabilities of copper smelting waste in the production of concrete pavers for pavements, by replacing the natural coarse aggregate with 50 % and 100 % copper slag. by weight, given that the resistance obtained is greater than 380 kg/cm² (37 MPa) and the % Absorption of the paver is less than 6 %, according to the standard for concrete pavers, in the city of Ilo.

Key words: *Environmental impact, waste from copper smelting, concrete pavers for pavements.*

INTRODUCCIÓN

El interés de la presente investigación viene dado, porque los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre, tienen impacto en el medio ambiente, generados por las actividades minero metalúrgicas, los cuales son desechados sin previo aprovechamiento, no solo al disponer sin reutilizar, sino también al disponer de manera desordenada, generando contaminación en el suelo, el subsuelo y los acuíferos debido a instalaciones, efluentes, emisiones, escombros o depósitos de residuos producidos por procesos de recuperación y/o refinación de metales, tales como procesos de fundición actualmente abandonados, representando un riesgo permanente para la salud de la población, el ecosistema y las propiedades circundantes. Estos sitios derivados de actividades metalúrgicas con acumulaciones de desechos que no se han restaurado adecuadamente también se conocen como pasivos ambientales metalúrgicos.

En la presente investigación, en primer lugar, se realizó la determinación del Estado del pasivo ambiental de los residuos de fundición de cobre en la ciudad de Ilo, para el que fue utilizada la metodología propuesta por Gómez Orea para establecer el Estado del pasivo ambiental en el referido pasivo. Esta metodología (Gómez, 1999), ha sido utilizada en la evaluación ambiental de diversos proyectos en el Perú. Uno de esos proyectos es el de la multinacional Dp World que presentó un informe del “Estudio de impacto ambiental para el diseño, construcción, operación y cierre del nuevo terminal de contenedores adyacente al rompeolas sur del terminal portuario del Callao”, teniendo como base la metodología mencionada (Dp Word, 2010).

La finalidad de la presente investigación es el estudio de la viabilidad técnica del uso de las escorias de cobre para la producción de adoquines de concreto para pavimentos. Se orienta a la utilización de la escoria de fundición de cobre (EFC) como agregado para concreto, en el cual se reemplazó agregado grueso por escoria de cobre en porcentajes de 50 % y 100 % con relación al peso y para asegurarnos, que se puede utilizar este agregado grueso para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, fue necesario caracterizar el agregado obtenido de las escorias de cobre en la ciudad de Ilo, en sus

propiedades físico mecánicas y realizar ensayos para medir el esfuerzo a la compresión, el porcentaje de Absorción de las unidades de concreto para pavimentos, y que los valores obtenidos estén dentro de lo estipulado en la norma para adoquines de concreto para pavimentos.

El agregado grueso EFC tratado fue sometido a diferentes pruebas de laboratorio para obtener sus propiedades físicas y mecánicas, para realizar dos diseños de mezcla de concreto para obtener una resistencia a la compresión de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 Mpa); esta resistencia fue elegida de acuerdo a los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana para unidades de adoquines de concreto para pavimentos de Tipo II: Adoquines para pavimentos de tráfico vehicular ligero.

Para poder realizar una sustitución parcial o total de los agregados gruesos, se debe disponer de una dosificación la cual se procedió a poner en punto con los materiales disponibles y mediante 02 diseños de mezcla de concreto con sustitución de EFC. Las cantidades por m^3 de concreto fueron determinados empleando el método del comité 211 del ACI.

También para elaborar el concreto y ser usado en la elaboración de adoquines para pavimentos, la materia prima necesaria, son los agregados naturales o convencionales. Estos fueron extraídos de la cantera de Viñani del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa. Además, se seleccionó el agregado grueso objeto del estudio situado en la fracción granulométrica No 16 (1,19 mm) - 3/8" (9,53 mm), se ensayó con dos dosificaciones y porcentajes de sustitución del agregado grueso del 50 % y 100 % con EFC respectivamente. Una vez fabricado el concreto con los parámetros definidos y el porcentaje de agregado grueso de los residuos de fundición de cobre, se procedió a la elaboración de los adoquines para pavimentos y a caracterizar sus especificaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El aprovechamiento de desechos y subproductos de la industria y su reutilización ayuda a conservar los recursos naturales, reduciendo la demanda de materias primas. A la vez, se disminuye notablemente la sobreexplotación de estos recursos, promoviendo un mayor respeto al ambiente, siempre teniendo presente la viabilidad técnica y las posibilidades económicas que son determinantes para el éxito de su aprovechamiento (F. Pérez et al., 2016).

La segunda mitad del siglo XX fue un período de florecimiento especial para la pirometalurgia. Así es como la producción anual de cobre, que en 1 900 era de 500 000 toneladas, llega a más de 10 000 000 de toneladas en 1 990. Sorprendentemente, resulta que se extrajo, produjo y consumió más cobre en el siglo XX que en los 60 siglos anteriores (Santelices, 2013).

El Perú es el segundo país productor de cobre, actualmente al producir un 12 % del metal cobre en todo el mundo. En las principales fundiciones nacionales, como Southern Perú, existe un valor aproximado de producción de cobre en blisters de 1 020 a 1 200 toneladas por día, con una generación de 378 a 450 toneladas de escoria por día (Baldoceca & Vega, 2019).

La gran producción de cobre en la región en decenas de años generó millones de toneladas de desechos mineros de escorias de cobre que se almacenan, descargan y depositan en áreas naturales que se ven directamente afectadas con un impacto ambiental negativo debido a los efectos en el suelo como la compactación del suelo y la destrucción de playas; los efectos biológicos como la pérdida de la capa de vegetación y la pérdida de calidad de agua y suelo; los efectos en el paisaje como la contaminación ambiental; y los efectos sociales como la alteración o destrucción de sitios históricos, la percepción de

vivir en ambientes contaminados y los efectos económicos. Los volúmenes de escoria y desechos de cobre han crecido a medida que la industria se desarrollaba en países con una tradición minera metalúrgica (Morón, 2018), es el caso de la Fundición de Ilo, ubicada a 17 km al norte del puerto de Ilo, en el departamento de Moquegua (Díaz & Giovanni, 2009). La escoria de cobre se considera un pasivo ambiental y puede permanecer almacenada durante décadas, lo que implica la ocupación de grandes extensiones de tierra. Es por eso que, en los últimos años, ha habido un creciente interés en buscar alternativas para su uso, como en mampostería de bloques de escoria (Nazer et al., 2010).

Esta escoria se acumula en los campos adyacentes a la planta industrial, constituyendo escoriales clasificados como *pasivos ambientales*, que son potencialmente contaminantes si no se manejan bien. Esto crea la necesidad de poder encontrar usos alternativos para las escorias, con el fin de reutilizar y dar un valor agregado a lo que se genera como un subproducto de la fundición de cobre (Carrasco, 2017).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es el aprovechamiento de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, en la ciudad de Ilo, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el nivel del impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo?
- b) ¿En qué medida es posible aprovechar los residuos de fundición de cobre, para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de fundición de cobre, en la ciudad de Ilo?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Actualmente el concepto de impacto medioambiental está adquiriendo mayor importancia a nivel regional, esto afecta directamente a la industria minero metalúrgica, ya que las actividades relacionadas con la producción de cobre, en su proceso pirometalúrgico, va deteriorando el medio ambiente, donde la disposición de estos residuos de fundición de cobre, han permanecido como botaderos abandonados desde el año 1950 y que en la región pueden tener consecuencias perjudiciales e irreversibles sobre el medio ambiente.

Justificación teórica, la investigación contribuye a la teoría porque, en los últimos años, ha habido un creciente interés en buscar alternativas para el aprovechamiento de las escorias de cobre, a través de la producción de materiales alternativos para pavimentar una vía a partir del uso de desechos y subproductos de la industria y su reutilización. En forma particular, el reemplazo de agregado grueso por EFC, traerá beneficios en el área de tecnologías de la construcción, porque ayudará a los profesionales de la construcción a evaluar las propiedades de resistencia del adoquín de concreto con porcentajes de sustitución con EFC, respecto al tradicional. Debido a la creciente demanda de adoquines en las ciudades, los cuales se pueden apreciar en plazas, parques, avenidas, calles, entre otros, viéndose el cambio de un pavimento rígido a uno articulado con adoquines de concreto, y también evitando la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales.

Justificación metodológica, primero analizamos las características requeridas de los agregados EFC a ser utilizados para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos y las normas técnicas que le son aplicables. Se estudió en profundidad la viabilidad técnica de la producción de agregados, a través de pruebas de laboratorio para conocer sus características. Se realizó pruebas para medir el esfuerzo a la carga puntual, abrasión, granulometría, peso específico, Absorción y Humedad para verificar si estos agregados producto de EFC se pueden utilizar, todo ello para hacer un tipo de concreto para elaborar adoquines de concreto con sustitución de escoria. Por lo que la investigación permitirá estructurar métodos para medir las variables de estudio, promoviendo el diseño

de instrumentos de recolección de datos, provenientes de las observaciones de campo y laboratorios.

Justificación práctica, esta investigación, considerando que la escoria de fundición cobre es un pasivo ambiental, en vista que son desechados y/o depositados en áreas naturales, contaminando el suelo, el paisaje visual y la playa marina, se procedió a la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos para diversos usos, aprovechando los residuos de fundición de cobre. Esto contribuirá liberar espacios que actualmente son almacenados en terrenos aledaños, impactando en el medio ambiente, al mismo tiempo que se reduce la extracción de áridos naturales, que tiene una finalidad ambiental, reduciendo la extracción de áridos naturales.

Como la escoria se encuentra depositada en la costa de Ilo a 17 km de la ciudad, se puede derivar este material a lugares cercanos para la elaboración adoquines, lo que requerirá el uso de maquinaria pesada, como camión volquete de 15 m³ y un cargador frontal sobre llanta. Este material no es como el de la cantera que hay que desprenderlo, se encuentra suelto y solo será necesario removerlo con el cargador frontal y transportarlo en camión volquete. Entonces se puede decir que es muy práctico, no requiere del uso de explosivos; solo cuando sea almacenado en una planta piloto, será necesario someterlo a una trituradora de quijada, para que sea triturado a un espesor de acuerdo a los requerimientos de la mezcla para experimentar con cemento y arena. Por supuesto, en la presente investigación no se pretende viabilizar una fábrica de adoquines con escoria de fundición de cobre, sino más bien un trabajo experimental piloto, para elaborar adoquines con mezcla de escoria, agregados y cemento.

A nivel regional (Argentina, México, Chile, y Colombia), esta línea de investigación, se trabaja en el procesamiento integral y uso racional de la escoria y otros residuos metalúrgicos en el marco del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), ya que es un problema común de la industria metalúrgica. Los volúmenes de escoria y desechos han crecido año tras año a medida que la industria se desarrolló en países con una tradición metalúrgica. Sin embargo, el uso de estos subproductos ha sido una preocupación permanente de las empresas metalúrgicas por las

oportunidades económicas, tanto para su propio uso como para la venta a terceros; también por su contribución a la descontaminación del medio ambiente y la necesidad de recuperar grandes áreas de patios y terrenos adyacentes a las fábricas, donde se depositan las escorias. A través de la investigación científica y la actividad práctica, se ha demostrado que el procesamiento integral y el uso racional de la escoria y otros residuos metalúrgicos permiten mejorar los índices económicos de la industria y también ser un sustituto importante de las materias primas vírgenes utilizadas en la industria de materiales de construcción, agricultura y otras industrias (Dávila et al., 2004).

1.4. Alcances y limitaciones

El período de tiempo de recolección de la información comprende un año de duración al año 2021, por tanto, representó una de las limitaciones de la investigación.

Otra de las limitaciones, es que en nuestro medio no hay bibliografía al respecto, es decir son temas nuevos que ameritan hacerlo, con antecedentes de otros países, acerca de los estudios y avances realizados, ya que la bibliografía especializada, sobre los agregados gruesos producto de los residuos mineros de escorias y elaboración de adoquines de concreto con esos agregados es muy limitada en el mundo académico nacional y extranjero.

Por otro lado, para el análisis de la variable, pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre, se sabe que debe aplicarse a nivel interdisciplinario, es decir, en todas las ciencias que estudian ciencias ambientales, para obtener resultados más satisfactorios; pero debido a la complejidad de su implementación, para la descripción de las condiciones físicas, biológicas y sociales se realizó, para algunas evaluaciones y análisis, obteniéndose la información de los institutos correspondientes a cada especialidad. La elaboración de la evaluación de impacto ambiental se limitó solo a la ciudad de Ilo y su área de influencia y al año 2021. La muestra con la cual se trabajó en la evaluación del impacto ambiental, corresponde solo al área de influencia de la ciudad de Ilo, siendo una limitación del trabajo.

En nuestra investigación solo se abocó a someterlo a las mismas pruebas de los agregados con los equipos de Estudios de Mecánica de Rocas y Suelos, para encontrar la granulometría específica, la humedad, el peso específico y otros que serán de gran importancia para formar parte de una variedad de concreto para la elaboración de unidades de adoquines para pavimentos.

Además, para llevar a cabo este tipo de estudio, se necesita varios profesionales especialistas en estos temas, como laboratorios de la región, que solamente están abocados a realizar Estudios de Mecánica de Rocas y Suelos, para materiales tradicionales. La cooperación de los responsables de los laboratorios para proporcionar información, disponibilidad de equipos de laboratorio para la ejecución de las pruebas necesarias para nuestro propósito en el tiempo requerido, en nuestro medio fue muy limitada, especialmente en el año 2021 en determinados meses de cuarentena por el COVID-19, lo cual dificultó el trabajo para realizar ensayos físicos y mecánicos de los materiales.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre como una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos en la ciudad de Ilo, 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el nivel de impacto ambiental en el medio ambiente que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre dispuestos inadecuadamente, en la ciudad de Ilo.
- b) Aprovechar los residuos de fundición de cobre para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es mayor a 37 MPa (380 kg/cm²), en la ciudad de Ilo.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El aprovechamiento de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre es una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, en la ciudad de Ilo, 2021.

1.6.2. Hipótesis específicas

- a) Existe alto nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo.
- b) Es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es mayor a 37 MPa (380 kg/cm^2), en la ciudad de Ilo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Melo (2011), publicó el trabajo “Evaluación de un pasivo ambiental metalúrgico”, México, San Luis Potosí, Fundidora en Matehuala. La metodología de esta investigación comprende el diseño de muestreo. Se recogieron 26 muestras de *suelo superficial* (0-5 cm) a intervalos de 100 m aproximadamente, en el predio donde se encontraba la fundidora y 5 muestras aledañas al sitio. Para tomar la muestra superficial se dibujó sobre el suelo un cuadrado de 1 x 1 m, de la cual se obtuvo la muestra, se excavó con un pico y una pala de acero en los primeros 5 cm de profundidad, el material recogido se cuarteó para obtener una muestra representativa, posteriormente cada muestra se almacenó en bolsas de plástico gruesas y se etiquetaron para su identificación. Al mismo tiempo de recolección de muestras, se llenó la hoja de campo con las características del sitio, su ubicación geográfica y fecha. Previo a la toma de muestra se tomaron fotografías del sitio de muestreo con su código correspondiente. La localización geográfica de cada punto de muestreo se registró en coordenadas UTM utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS). También se realizaron 9 puntos de *muestreo superficial en escorias*. Para la ubicación de estos puntos se diseñó un muestreo equidistante. El método de muestreo fue similar al empleado en el muestreo de suelo superficial, tratando de obtener los primeros 5 cm de escorias. Los resultados de los análisis de las *muestras superficiales en escorias* muestran altas concentraciones de Pb, As, Cu, y Cd, con rangos entre 1 000 y 3 000 mg/kg, con concentraciones de Zn superiores a 10 000 mg/kg. Los resultados obtenidos *en el suelo* para los Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) analizados también muestran altas concentraciones, pero con una distribución variable en toda el área de estudio. Las concentraciones de estos EPT fueron: Pb entre 107 y 3 730 mg/kg; As entre 107 y 10 000 mg/kg; Cd entre 2,05 y 339 mg/kg; Zn entre 146 y 7 850 mg/kg; y Cu entre 134 y 848 mg/kg. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que este sitio tiene características que le permiten ser considerado como un pasivo ambiental metalúrgico (PAM).

Nazer et al. (2016), publicó el trabajo titulado "Caracterización de escorias de cobre de fundiciones chilenas del siglo XIX". El objetivo de este trabajo fue caracterizar cuatro escorias de fundiciones de cobre del siglo XIX, de vertederos abandonados en la Región de Atacama - Chile, utilizando las técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados muestran que las escorias de cobre estudiadas se *clasificaron químicamente* como escorias ácidas, con un mayor contenido de SiO₂ (38-49 %) que de Fe₂O₃ (18-37 %), y con una cantidad significativa de CaO (8-26 %) y Al₂O₃ (5-8 %). Su *mineralogía y estructura* son variadas, una de ellas presenta una estructura amorfa y los tres restantes, una estructura cristalina con cierto carácter amorfo. Las principales *fases minerales* presentes en las escorias de cobre son fayalita y magnetita. Los niveles de calcio indican que las escorias tienen propiedades de cementación para ser utilizadas en materiales de construcción. La densidad real de la escoria de cobre estudiada está entre 2,96 y 4,00 g/cm³. Todas las escorias de cobre tienen una reactividad puzolánica y se pueden utilizar como materiales alternativos en los diseños de mezclas de concreto. En cuanto a la resistencia a la compresión de los concretos con sustitución de cemento Portland por escoria de cobre al 25 %, se obtuvo una resistencia a la compresión de 591,43 kg/cm² (58 MPa) a los 28 días de curado. La resistencia a la compresión del concreto de control fue mayor que aquellos con reemplazo de escoria de cobre. Además, se percibió un incremento en la trabajabilidad del concreto, cuando se reemplazó cemento Portland por escoria de cobre, mejorando la resistencia mecánica. Como conclusión general, los resultados obtenidos sugieren que las escorias del siglo XIX tienen propiedades de cementación y la capacidad de inmovilizar metales pesados que sugieren su uso como nuevo material en la construcción civil.

Khanzadi y Behnood (2009), en la investigación "Propiedades mecánicas del hormigón de alta resistencia que incorpora escoria de cobre como árido grueso", Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Ciencia y Tecnología de Irán, Narmak, Teherán, Irán la escoria de cobre es un subproducto obtenido durante la fundición de la mata y el refinado del cobre. Las opciones actuales de gestión de esta escoria son el reciclaje, la valorización del metal, la producción de productos de valor añadido y la eliminación en vertederos o acopios de escoria. Este artículo presenta los resultados de

un estudio realizado para investigar la viabilidad del uso de escorias de cobre como agregados gruesos en concreto de alta resistencia. En este trabajo se evalúan los efectos de reemplazar el agregado grueso de caliza por agregado grueso de escoria de cobre sobre la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y los valores del martillo de rebote de los hormigones de alta resistencia. Se prepararon mezclas de concreto que contenían diferentes niveles de humo de sílice con proporciones de agua a materiales cementicios de 0,40; 0,35 y 0,30. Los porcentajes de sustitución de cemento por humo de sílice fueron 0 %, 6 % y 10 %. El uso de agregados de escoria de cobre en comparación con agregados de piedra caliza resultó en un aumento de la resistencia a la compresión de 28 días de aproximadamente 10 a 15 % y un aumento de la resistencia a la tracción por división de 10 a 18 %. De los resultados de este estudio se puede concluir que el uso de escoria de cobre como agregado grueso en concreto de alta resistencia es técnicamente posible y útil.

Cendoya (2009), en la investigación “Efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como agregado fino en el comportamiento resistente del hormigón” estudia la influencia que tiene su incorporación en el comportamiento mecánico a tracción y compresión en hormigones que emplean como árido fino una combinación de arenas del río Bío-Bío con proporciones de 25 %, 40 % y 50 % en volumen de escorias de fundición de cobre. El árido fino resultante se utiliza en la confección de hormigones dosificados para relaciones de agua cemento de 0,45 y 0,52 asociadas a resistencias especificadas a la tracción de 3,6 y 4,3 MPa. Se mide la trabajabilidad en el hormigón fresco, la densidad, la carga de rotura por tracción y la carga de rotura por compresión en el hormigón endurecido comparando los resultados con un hormigón de referencia que no contiene escorias. Los resultados señalan que la docilidad de la mezcla se incrementa debido a la textura lisa de las escorias, se produce un aumento de la densidad del hormigón endurecido y las resistencias tanto a tracción como compresión se incrementan en función del contenido de escorias de fundición de cobre utilizado en la mezcla. Como conclusión, los valores máximos de la resistencia tanto a tracción como compresión se alcanzan para contenidos de escorias de fundición de cobre (EFC) del 40 % y 50 %. Sin embargo, después de un análisis de la desviación normal de los valores medios no es posible concluir cual de ambos contenidos de EFC genera la tensión de rotura mayor.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Normatividad de los pasivos ambientales en el Perú

El D.S. N° 016-92-EM 1993, artículo 36, planteaba la deposición de escorias en tierra, que se depositen en canchas ubicadas cerca de las plantas de beneficio. En el artículo 37, en cuanto los estudios y la implementación de proyectos para depósitos de escorias deben garantizar la estabilidad estructural del depósito. En el artículo 38, en cuanto a la ubicación de los depósitos de escorias, por razones topográficas, geológicas, éstos pueden ser conducidos y depositados en el fondo del mar. En el artículo 39, en cuanto para el abandono definitivo de los depósitos de escorias, se elaborarán las obras requeridas para garantizar su estabilidad, en lo que respecta a la operatividad de los elementos de derivación de los cursos de agua, el tratamiento superficial del depósito y de la presa para evitar su erosión. La legislación no contempla la revalorización, recuperación, reutilización y reciclaje, de las escorias y residuos metalúrgicos como contribución a la descontaminación del medio ambiente (Dávila et al., 2004).

Los pasivos ambientales en el Perú fueron regulados como tal propiamente en el año 2004, con la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. El Reglamento de la referida Ley fue promulgado un año después, en diciembre del 2005, mediante el Decreto Supremo N° 059-2005-EM. Posteriormente, la Ley de Pasivos Ambientales fue modificada por la Ley N° 28526 y luego por el Decreto Legislativo N° 1042. Asimismo, el Reglamento también fue modificado por el Decreto Supremo N° 003-2009-EM.

La Ley de PAM define a los Pasivos Ambientales como “(...) aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.” (Artículo 2 de la Ley N° 28271).

A su vez, el Reglamento de la Ley de PAM define qué se entiende por operaciones mineras “abandonadas e inactivas”. Conforme a las definiciones establecidas en los numerales 4.5 y 4.6 del artículo 4, los PAM clasificados como abandonados son aquellos que se encontraban fuera de una concesión vigente al momento de la entrada en vigencia de la Ley de PAM, es decir al 7 de junio de 2004. Por su parte, los PAM clasificados como inactivos son aquellos que al momento de la entrada en vigencia de la Ley de PAM, estaban ubicados dentro de una concesión vigente, específicamente en áreas, labores o instalaciones que estaban inoperativos por un periodo de dos o más años.

Por su parte, el referido Reglamento define también a los Pasivos Ambientales Mineros como “Aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, abandonadas o inactivas a la fecha de vigencia de la Ley y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.” (Artículo 4.4 del Decreto Supremo N° 059-2005-EM)

Por tanto, de las definiciones de la Ley y el Reglamento de PAM se aprecia que son pasivos ambientales mineros aquellos que fueron generados con anterioridad a la fecha de vigencia de la Ley, es decir antes del 7 de junio de 2004. Es así que se desprende que los PAM luego de la referida fecha, no tienen tal denominación y como consecuencia el marco normativo de PAM no será aplicable en dichos casos.

Ahora bien, cabe destacar que el objetivo de la Ley que regula los PAM es “(...) regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por éstos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, al ecosistema circundante y la propiedad.” (Artículo 1 de la Ley N° 28271).

Se observa entonces que, la legislación se centra en regular la identificación de los PAM, la responsabilidad y el financiamiento para las medidas de remediación. Ello, atiende a ciertos principios recogidos por el ordenamiento jurídico. En primer lugar, el

principio de responsabilidad ambiental, recogido por la Ley General del Ambiente (LGA), el cual establece que el causante del daño ambiental deberá responder por este mediante la modalidad que corresponda según su naturaleza (rehabilitarlo, restaurarlo, repararlo o compensarlo).

Teniendo en cuenta a su vez el principio contaminador–pagador, el cual implica que contaminar tiene un valor económico para quien genere el daño ambiental. Dicho principio está reconocido en la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental como uno de los principios de la gestión ambiental.

Finalmente, la Resolución Ministerial N° 290-2006-EM/DM, contiene el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Notándose que el referido Inventario ha sido actualizado mediante diversas Resoluciones Ministeriales hasta la fecha.

Con relación a los parámetros de la evaluación de impactos, de acuerdo con la metodología de (Gómez, 1999) y los atributos considerados en el “Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – Ley N° 27446” (D.S. N° 019-2009-MINAM), así como en la “Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA”, existe una equivalencia de estos, en todos los atributos considerados, entre los parámetros de valoración de impactos, con la metodología de Gómez Orea.

2.2.2. Indicadores de pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre

2.2.2.1. Botaderos indiscriminados

Los impactos ambientales se pueden clasificar, dependiendo de si un impacto es local o externo, esto se refiere a la distancia cubierta por la perturbación inducida por un fenómeno de contaminación. Por ejemplo, los *botaderos* de mineral ocupan un lugar específico en las inmediaciones de la explotación minera, por lo que solo generan un impacto local. Esto no se hace para evitar problemas mayores, sino porque puede ser muy costoso retirar los desechos mineros lejos de las instalaciones. Por esta razón, la presencia

de estos vertederos (botaderos) se puede calificar como "impacto local". Otra cosa es si la mineralización de sulfuro sub-económica presente en estos vertederos comienza a oxidarse generando un drenaje ácido que ingresará al río (o aguas subterráneas) con todas las consecuencias de la dispersión que esto conlleva. Lo mismo se aplica a los gases expulsados por las chimeneas de una fundición, que serán transportados por los vientos a lugares distantes. En estos casos hablamos de "impactos externos".

Otra acción que modifica profundamente el uso del suelo minero es la disposición de relaves y vertederos (botaderos), en dos aspectos. Uno es el de la presencia misma del elemento en cuestión, que inevitablemente modifica el uso de la tierra. La otra es que el desmantelamiento eventual de los escombros puede requerir una regeneración del suelo en sus aspectos físicos (descompactado, aireado) y, a menudo, también químicos (eliminación de cualquier contaminante infiltrado durante la presencia de los escombros en el suelo), cuyo costo puede resultar excesivamente alto.

Residuos de origen minero, escombros, relaves y pilas de lixiviación, ya sea que la explotación minera para el tratamiento de sulfuros metálicos se desarrolle por métodos convencionales (flotación - fundición) o por lixiviación en pilas seguida de extracción por solventes/electrodeposición (SX/EW), lo que es seguro es que se generarán cantidades gigantescas de desechos mineros.

Las escombreras (botaderos) son absolutamente inevitables, ya que, por definición, en la minería a cielo abierto se eliminará más "estéril" que la roca mineralizada, que son rocas con leyes por debajo de la viabilidad económica del proyecto, es decir, por debajo de la "ley de corte" (*cutoff grade*). Lo que es seguro, es que estas rocas tendrán al menos volúmenes significativos de pirita. Allí comienzan los problemas, ya que es precisamente este mineral la causa principal de los fenómenos de drenaje ácido. El drenaje ácido, además de su bajo pH que en sí mismo es negativo para el medio ambiente, transporta metales pesados, que agregan un factor de riesgo adicional a los efluentes de este tipo. Las cantidades de desechos de los escombros son simplemente inmensas, vale la pena decir que la minería en Chile genera una sobrecarga "diaria" de

1,6 millones de rocas estériles. Además del peligro ambiental del drenaje ácido es la generación de partículas de morfología asbestiformes (Oyarzun et al., 2011).

2.2.2.2. Impacto en el paisaje visual

El factor paisaje constituye el núcleo para la evaluación ambiental, y agrupa a todos los factores medioambientales definidos en el proceso de evaluación ambiental como es el agua, la vegetación o la geomorfología del terreno. La modificación o alteración del paisaje que producirá una actividad humana está definida como el impacto paisajístico del proyecto.

El paisaje está diseñado por elementos internos de primer y segundo nivel. Los elementos físicos se agrupan en un primer nivel de evaluación en el escenario y los aspectos socioeconómicos en el segundo nivel. Estos parámetros son los mismos que intervienen en la evaluación de impactos ambientales en los proyectos, pero son presentados de forma diferente para simplificar el proceso de valoración ambiental (Calzada, 2014).

El estudio del paisaje se hace mediante dos enfoques principales. El primero es un enfoque holístico que identifica el paisaje con todo el ambiente, contemplándola como un indicador de las interrelaciones entre todos los elementos del ambiente, vivo (plantas, animales y hombre) e inerte (rocas, agua y aire). El otro enfoque considera el paisaje visual, como una expresión de los valores estéticos y emocionales del ambiente (Briceño, 2009).

Para valorar el paisaje, se tiene en cuenta lo siguiente (Ortiz, 2012); La *visibilidad* se refiere al espacio que puede ser visto desde un determinado punto o área, que técnicamente es llamado cuenca visual (Conesa, 2009). La *calidad del paisaje* incluye tres elementos perceptuales, las características intrínsecas del punto (morfología, vegetación, presencia de agua, etc.) (Conesa, 2009), la calidad visual del ambiente inmediato (500 a 700 m) (litología, formaciones vegetales, grandes masas de agua, etc.) (Conesa, 2009), y la calidad del fondo escénico (intervisibilidad, altitud, formaciones

vegetales y su diversidad, geomorfología, etc.) (Conesa, 2009). La *Presencia humana*, la población local tendrá un impacto en la calidad del paisaje (Medina, 2017); (centros urbanos, accesibilidad, puntos escénicos, áreas con población temporal, etc.) (Conesa, 2009).

Los impactos en el paisaje afectan el sentido de la vista, dando lugar a sensaciones molestas, como la pérdida de visibilidad o la calidad del paisaje (Muñoz, 2017). El valor paisajístico de un subsistema del medio se refiere a sus valores perceptivos, incluyendo consideraciones estéticas. Denota la expresión de los valores estéticos y emocionales del ambiente natural (Ortiz, 2012).

Los paisajes con valores estéticos pueden ser perjudicados por las actividades del hombre, aun cuando son permanentes, siempre que su uso y desarrollo estén adecuadamente planeados (Larraín, 1989). Las fotografías de paisajes son una de las técnicas más utilizadas para analizar las preferencias, pues proporcionan a los investigadores un medio de experimentación barato, simple y rápido (Benayas, 1991).

2.2.2.3. Áreas degradadas

La *degradación ambiental* es un término genérico en el diccionario, pero tal como lo conocemos, es sinónimo de modificaciones y efectos nocivos para el medio ambiente, como el aire, los ríos, los paisajes, los bosques o la vegetación; pero la definición también influye en los lugares habitados, donde vivimos y nos desarrollamos, por lo tanto, la palabra deterioro tiene un significado adicional, que puede resumirse en esta degradación ambiental como una disminución de la capacidad humana para desarrollarse naturalmente. El punto central de esta degradación o modificación ambiental radica en el deterioro de la capacidad física y mental de los seres vivos para ejercer la actividad de producir y consumir principalmente, a costa de sacrificar elementos de nuestro entorno físico llamado medio ambiente (Calzada, 2014).

Sobre los suelos; la sustitución de un uso agrícola de los suelos fértiles por zonas de exploración o la ocupación de terrenos necesarios para desarrollar la actividad minera

son los principales impactos. Sobre las aguas; afectada directamente por los lixiviados de los diferentes residuos mineros de las explotaciones. Estos lixiviados pueden ser de carácter ácido y llevar disueltos elementos potencialmente tóxicos, que pueden provocar daños muy severos y con el paso del tiempo pueden llegar a ser irreversibles si no hay una buena predicción del impacto o si las medidas correctoras no son adecuadas (Romero, 2005).

Se deberá contar con una adecuada caracterización de los suelos que permita prever los problemas que pueden derivarse de la infiltración de efluentes mineros (p.ej., drenaje ácido con metales pesados). Recordemos que no todos los suelos responden de igual manera a la infiltración de contaminantes. No hay que pensar “si” algún suelo será contaminado durante la actividad minera, sino que en que extensión puede ocurrir, cuán a menudo, y cuáles pueden ser los daños asociados.

Según Oyarzun, Higuera y Lillo (2011), la contaminación en minería se puede originar por una variedad de causas que pueden ir desde los procesos naturales, pasando por los accidentes y finalmente los actos intencionados. Las actividades que pueden dar origen a la contaminación pueden ocurrir durante la actividad minera, después de ésta, y por causas que incluyen la eliminación de residuos, vertidos accidentales, vertidos ilegales, fugas en tanques de almacenamiento subterráneos, fenómenos tormentosos e inundaciones, etc.

Los suelos contaminados por sustancias químicas tóxicas pueden ser lixiviados, y los compuestos que de ahí salgan pueden acabar en las aguas subterráneas y cercanas a la superficie, donde estos materiales pueden ser absorbidos por las plantas y animales, contaminar el suministro de agua potable, o volatilizarse. Una vez que la contaminación del suelo migra hacia los cursos de agua, los contaminantes también pueden acumularse en los sedimentos, situación que puede ser muy difícil de remediar, y puede afectar los ecosistemas locales y la salud humana (Oyarzun, Higuera y Lillo, 2011).

2.2.2.4. Estado del pasivo

El impacto ambiental se entiende como el efecto producido por una acción humana específica sobre el medio ambiente en sus diferentes aspectos. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno catastrófico "natural". Entonces podemos hablar del "impacto ambiental" como la diferencia entre lo que fue y lo que está después de una actividad humana o un fenómeno natural. Sin embargo, a los fines de esta investigación, hablaremos sobre el impacto ambiental solo en los casos en que la diferencia esté marcada por la actividad humana (*antrópica*) (Oyarzun et al., 2011).

Las escorias de fundición constituyen uno de los principales desechos sólidos en las plantas de la industria del cobre, que aumenta día a día. En Chile, por cada tonelada de cobre producida, se generan alrededor de 2,2 toneladas de escoria, y se producen aproximadamente 4,5 millones de toneladas por año de escoria en todo el país, y hasta la fecha hay una acumulación de 50 millones de toneladas (Cendoya, 2009). Esta escoria se acumula en los campos adyacentes a cada planta industrial, constituyendo escoriales clasificados como *pasivos ambientales*, que son potencialmente contaminantes si no se manejan bien. Esto crea la necesidad de poder encontrar usos alternativos para las escorias, con el fin de reutilizar y dar un valor agregado a lo que se genera como un subproducto de las fundiciones de cobre (Carrasco, 2017).

2.2.3. Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos con escoria de cobre

2.2.3.1. Propiedades de una escoria de cobre

Algunas propiedades de una escoria de cobre típica tienen un color negro y una textura lisa para las de botadero y porosas para la de granallas. Densidad (kg/m^3) de 3 160 a 3 870. El peso de la escoria de cobre es algo mayor que el del agregado convencional. La capacidad de Absorción del material es normalmente muy baja. Absorción de agua de 0,15 a 0,55 %. Dureza 4-6. La escoria de cobre granulada es más porosa y, por lo tanto, tiene menos gravedad específica y mayor capacidad de Absorción que la escoria de cobre enfriada por aire. La escoria de cobre granulada se compone regularmente de partículas angulares, principalmente entre 4,75 y 0,075 mm (I. Oyarzun, 2013).

Las propiedades físicas y mecánicas de una escoria de cobre típica, tienen; un aspecto negro, vidrioso, más vesicular cuando se granula, peso unitario 2 800–3 800 kg/m², Absorción 0,13 %, densidad aparente 2 307 – 2 595 kg/m³, conductividad 500 μs/cm, gravedad específica 2,8 – 3,8, dureza 6–7 Moh, Humedad <5 %, cloruro soluble en agua <50 ppm, pérdida por abrasión 24,1 %, sulfato de sodio 0,90 %, pérdida de solidez, ángulo de fricción interna 40° – 53° (Sánchez et al., 2004). La composición física y química, dependerá de la materia prima utilizada. Es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas de la escoria de cobre.

Dependiendo de la naturaleza de los minerales, de los concentrados, de los fundentes, de las condiciones de operación y otros diversos factores, los principales óxidos que se presentan en la escoria son (Orizola, 2006):

_ Óxido de hierro (como FeO, Fe ₃ O ₄)	de 30 % a 40 %
_ Óxido de sílice (SiO ₂)	de 35 % a 40 %
_ Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	hasta 10 %
_ Óxido de calcio (CaO)	hasta 10 %

La escoria de cobre contiene los siguientes compuestos predominantes en Fundición de cobre de Caletones (Codelco, 2022) (Tabla 1).

Tabla 1

Compuestos predominantes en escoria de fundición de cobre de Caletones

Componente	Porcentaje (%)
Cobre (Cu)	0,86
Magnetita (Fe ₃ O ₄)	6,6
Fierro (Fe)	42,6
Sílice (SiO ₂)	32,7
Alumina (Al ₂ O ₃)	6,6
Otros	10,64

Nota: (Orizola, 2006).

En el Informe Agua, Minería y contaminación (Balvín, 1995), nos muestra el contenido químico de las escorias, producidas por la Minera SPCC, en sus dos unidades de Toquepala y Cuajone (Tabla 2).

Tabla 2

Contenido químico de la escoria de cobre

Cobre (Cu)	0,6 %
Oxido de silicio (SiO ₂)	32,0 %
Oxido de Fierro (FeO ₂ , Fe ₃ O ₄)	53,0 %
Oxido de Calcio (CaO)	5,0 %
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	8,0 %
Azufre (S)	1,4 %

Nota: (Balvín, 1995) Contraloría, 1989.

2.2.3.2. Fundición de cobre de Ilo

De propiedad de Southern Copper Corporation, se ubica unos 17 kilómetros al norte de la ciudad de Ilo. Allí se funde los concentrados de cobre, que llegan por tren desde Toquepala y Cuajone. Tiene capacidad para procesar 1,2 millones de toneladas al año. Dado que su producción excede la de la refinería, parte de ella es exportada. Los concentrados son fundidos mediante un horno ISASMELT, convertidores y hornos

ánódicos, obteniéndose ánodos con un contenido de 99,7 % de cobre. Cuenta con una planta de bombeo de agua de mar, usada para el enfriamiento de los hornos (Egúsquiza, 2010).

La fundición SPCC de Ilo suministra el cobre blíster a la refinería. El blister producido por la fundición excede la capacidad de la refinería, por lo que el excedente se vende a otras refinерías de todo el mundo. Las escorias producidas se depositan en el fondo marino (Dávila et al., 2004).

La fundición de Ilo en 2003 procesó 1,18 millones de toneladas de concentrados, igual que en el 2002. La fundición de concentrados de SPCC aumentó en 8,0 %, mientras que la fundición de concentrados de terceros disminuyó en 87 639 toneladas. Como resultado, la producción de cobre blíster disminuyó a 314 900 toneladas en 2003, en comparación con 316 500 toneladas en el 2002. La planta de cobre ISASMELT, fue de puesta en servicio el 2007, por Southern Perú Copper Corporation, en la planta ubicada en Ilo-Perú, es de tipo: comercial, capacidad de diseño: 1 200 000 ton sólidos/año de concentrado (Arthur y Alvear, 2012).

En octubre del año 2007, la Fundición de cobre de Ilo, fue modernizada, con una inversión de US\$ 520 millones. Gracias a ello, quedó en capacidad de aumentar su producción a 300 mil toneladas de cobre y un millón 144 mil toneladas de ácido sulfúrico (con una concentración de 98,5 %), lo cual es obtenido mediante dos plantas de ácido sulfúrico, que procesan los gases de la fundición, capturando más del 92 % del azufre y reduciendo así notablemente las emisiones contaminantes (Egúsquiza, 2010).

Desde mayo del 2010 los embarques del ácido se efectúan por un muelle exclusivo situado junto a la fundición. De esa manera se evita que éste pase por la ciudad de Ilo, desde cuyo puerto se despachaba anteriormente. De 500 metros de largo, su construcción le demandó a la empresa una inversión de US\$ 25,3 millones (Egúsquiza, 2010).

Para el proceso de flotación de Southern Perú, se extrae el material de los yacimientos de tajo abierto ubicado en Toquepala (Tacna) y Cuajone (Moquegua) en el sur del Perú. Mediante faja transportadora se lleva a la Concentradora, en las

concentradoras el material proveniente de la mina, es sometido a chancado, molienda y flotación para obtener concentrado con 26,0 a 26,5 % de cobre. El concentrado de cobre es enviado por tren a la fundición de Ilo. La Fundición tiene una capacidad de fusión de 1,2 millones de toneladas métricas de concentrado de cobre al año. Produce anualmente 320 mil toneladas de ánodos de cobre de 99,7 % de pureza y cerca de 1 millón 30 toneladas de ácido sulfúrico, generándose escoria en el proceso pirometalúrgico. con una generación de 378 a 450 toneladas de escoria por día (Baldoce y Vega, 2019).

En la Refinería, los ánodos son transportados a la refinería ubicada a 9 km al norte del puerto de Ilo. Mediante un proceso electrolítico, se transforman los ánodos en cátodos de cobre de 99,99 % de pureza. Anualmente se produce 269 mil toneladas de cátodos.

2.2.3.3. Obtención de escorias de cobre

El autor, Carrasco (2017), define la escoria, como una mezcla de óxidos de hierro y silicatos u otros compuestos producidos durante el proceso de fusión y conversión de concentrados de sulfurados, que no se realimentan directamente a ninguna operación unitaria considerada en la fuente emisora y que es descartada para su disposición final en vertederos o para su posterior tratamiento en una unidad de procesamiento de minerales.

En la actualidad, se utilizan diversos procesos metalúrgicos para obtener y recuperar metales y, en cada uno de ellos, inevitablemente se producen desechos como la formación de escoria. En todo momento intenta obtener un doble resultado, es decir; que el residuo final contenga la cantidad mínima de metales y que el residuo se puede usar para procesos industriales posteriores. Dentro de los procesos metalúrgicos de cobre, solo se genera escoria en el proceso pirometalúrgico, por cada tonelada de mineral de cobre se generan 0,3 toneladas de escoria, es decir, aproximadamente es una relación mineral/escoria de 10/3 (F. Pérez et al., 2016).

La escoria es una fase que contiene sustancias inútiles de un mineral, que están presentes en cualquier proceso metalúrgico que involucre fundiciones. En general, las escorias de cobre son óxidos de hierro de silicato de SiO_2 , aunque hay otros elementos

que no superan el 20 %, por lo que no se tienen en cuenta. Con respecto a las impurezas, éstas desempeñan un papel negativo en sus propiedades tales como conductividad eléctrica, térmica, su color, su dureza, etc. se pueden clasificar en tres grupos de eliminación fácil (Zn, Fe, O y S), impurezas que se eliminan parcialmente (As, Sb, Bi y Ni) e impurezas que no se eliminan (Au, Ag) (Dávila et al., 2004)

Se pueden destacar dos líneas muy claras en el procesamiento convencional de minerales de cobre, una corresponde a los óxidos de cobre y otra a los sulfuros. Actualmente en Chile, 60 y 70 % del mineral de cobre se encuentra como sulfuro, de ahí la gran importancia que adquiere la pirometalurgia en el proceso de producción de cobre. Esto se nota en la existencia en Chile de siete fundiciones de cobre. Cada una de estas fundiciones tiene una producción enorme, obteniendo al mismo tiempo enormes volúmenes de desechos y subproductos, entre los cuales encontramos polvos de fundición y escorias de fundición. La gestión de estas escorias por parte de las empresas conlleva costos relativos significativos, debido a los costos de mano de obra, transporte, movimiento de maquinaria pesada, suelos ocupados, etc. por otro lado, la disposición final de estas escorias conlleva un componente ambiental importante, causando impactos no deseados (Sánchez, 2002).

2.2.3.4. Aplicaciones de las escorias de cobre

La escoria de cobre es un subproducto obtenido durante la fundición de la mata y el refinado del cobre. Las opciones actuales de gestión de esta escoria son el reciclaje, la valorización del metal, la producción de productos de valor añadido y la eliminación en vertederos o acopios de escoria (Khazadi & Behnood, 2009)

Las escorias de fundición de cobre, al igual que otros tipos de escorias, provienen de los procesos extracción de materia prima y fundición pirometalúrgica. Así, las empresas mineras y las empresas metalúrgicas dedicadas a la producción de cobre producen grandes cantidades de escoria que están dispuestos de la forma que cada fábrica crea conveniente.

Actualmente, se compra alrededor del 90 % de la escoria de cobre que se genera en el Perú por China y sacado del país a través de los principales puertos, según informes de las empresas mineras. Sin embargo, el 10 % restante, que se refiere a toneladas es una cantidad bastante grande, es comercializado por empresas que venden la escoria en pequeñas cantidades para usos varios.

Uno de los usos más frecuentes es su empleo mediante chorro a presión para el arenado de vidrios en usos domésticos. También se usa a menudo para pulir y limpiar metales. En las últimas décadas se han utilizado algunos tipos de escorias en la fabricación de cementos y su comportamiento como árido en pavimentos y como componente de hormigón (Bravo y Díaz, 2018).

El uso más común, la escoria granulada, es; como agregado fino en bases y subbases en pistas, y concreto o como cementante hidráulico (Figura 1). Pero podemos enfatizar que su uso está más extendido como ligante hidráulico.

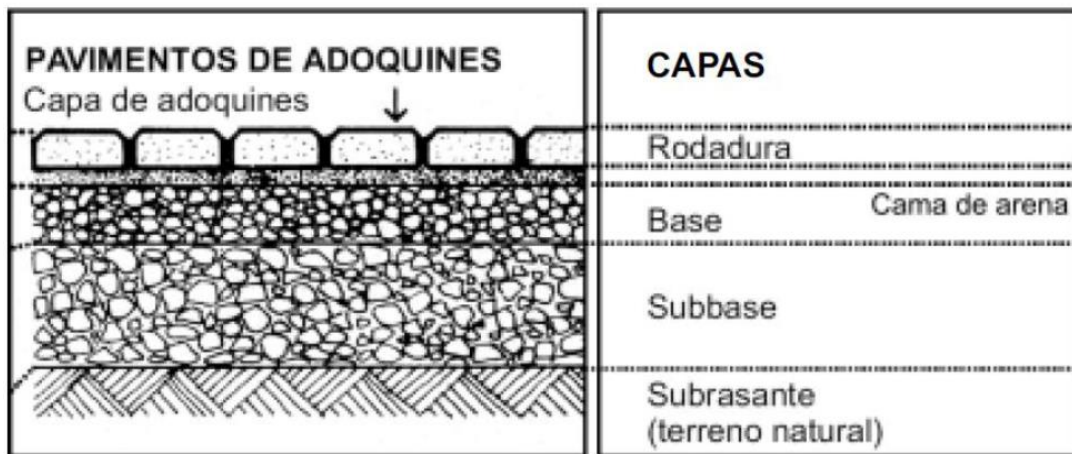
Los cementos con escoria, en comparación con el cemento Portland, tienen menor resistencia a una edad temprana, pero pueden alcanzar una resistencia equivalente a edades avanzadas.

Para su uso en la construcción civil, se observa que la aplicación más utilizada es como agregado para el concreto, cubierto por el estándar alemán DIN 4226 (L. Pérez, 2013). Elección del uso más adecuado para la utilización de las escorias de cobre de la fundición y refinería de ventanas, de todas las opciones que se encuentran para eliminar o disminuir las escorias de cobre en el entorno de la Fundición y Refinería de Ventanas, de las anteriormente analizadas; se piensa que por los costos, los volúmenes a utilizar y el impacto inmediato en el medio ambiente, la mejor opción es la utilización de las escorias de cobre de la Fundición y Refinería, es su uso como árido grueso, en la construcción y reparación de caminos en el entorno inmediato de la planta, como en las vías que conducen hacia ella, tanto a nivel comunal como provincial (Carrasco, 2017). Estándar DIN, las siglas DIN provienen de “Deutsches Institut für Normung”, que

significa “Instituto Alemán para la Estandarización”. Fundado en 1917, no es sólo una organización nacional.

Figura 1

Estructura pavimento de adoquines de concreto



Nota: Norma COGUANOR NTG 41086

El uso de escorias de cobre como agregados gruesos en concreto de alta resistencia. (Khazadi y Behnood, 2009), evalúan los efectos de reemplazar el agregado grueso de caliza por agregado grueso de escoria de cobre sobre la resistencia a la compresión de los hormigones de alta resistencia. El uso de agregados de escoria de cobre en comparación con agregados de piedra caliza resultó en un aumento de la resistencia a la compresión de 28 días de aproximadamente 10 a 15 %. El resultado de este estudio concluye que el uso de escoria de cobre como agregado grueso en concreto de alta resistencia es técnicamente posible y útil.

2.2.4. Indicadores de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos

2.2.4.1. Índice de resistencia a la carga puntual Is (50)

El ensayo de resistencia a la carga puntual es un método para estimar el esfuerzo de compresión uniaxial, básicamente utilizando el equipo de Franklin. Se realiza sobre un espécimen de roca, aumentando la carga paulatinamente hasta llegar la carga de fallo donde divide a la muestra. La carga de fallo se utiliza para calcular el índice de fuerza de carga puntual. El índice de fuerza de carga puntual puede utilizarse para clasificar las rocas y proporcionar una evaluación preliminar o de reconocimiento de la variabilidad espacial en la resistencia de la roca (Ulusay y Hudson, 2013).

El ensayo de resistencia a la carga puntual está concebido como un ensayo índice para la clasificación de materiales rocosos en términos de resistencia. Puede también utilizarse para predecir otros parámetros de resistencia con los cuales se correlaciona, por ejemplo, la resistencia a la tracción uniaxial y la resistencia a la compresión simple (Anicama, 2011).

2.2.4.2. Abrasión los ángeles

La pérdida por abrasión los ángeles, la norma ASTM C 33 indica que los agregados para su uso en la construcción de concreto deben tener pérdida de abrasión de menos del 50 % para construcción general y para la piedra triturada utilizada debajo de los pavimentos debe haber pérdidas menos del 40 % (Lamond, 2001).

La escoria de cobre refrigerada por aire, en sus propiedades mecánicas de una escoria de cobre típica, muestra una pérdida de abrasión 24,1 % (Sánchez et al., 2004).

El porcentaje de desgaste obtenido para la escoria gruesa (16 %) es significativamente bajo en comparación a los hallados en agregados gruesos convencionales que oscilan entre el 30 % y 50 %. Esto hace al material altamente recomendable para ser empleado en obras que requieran resistencia a la abrasión como lo

son pisos, vías, andenes y estructuras que se encuentren expuestas a condiciones de erosión climática (Parra y García, 2010).

2.2.4.3. Granulometría

La granulometría es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, que se determina a través del análisis de los tamices (cedazos, cribas). La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa agregada. Se determina mediante análisis granulométrico, que implica pasar una cierta cantidad de agregado a través de una serie de tamices estándar dispuestos de mayor a menor (Parra y García, 2010).

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037.

La granalla de escorias de fundición de cobre (EFC) posee una granulometría muy variada, con tamaños máximos del orden de 20 mm y mínimos de aproximadamente 1 mm de formas variadas con tendencias a redondeadas y no alargadas, color negro, textura lisa y poco porosa (Cendoya, 2009).

2.2.4.4. Peso específico

El *Peso específico* o *densidad aparente* se define como “la relación entre el peso de la masa del material y el volumen ocupado por las partículas de ese material, incluidos todos los poros saturables y no saturables. En el diseño de mezclas de concreto, la densidad aparente es la que interesa, porque con ella se determina el peso del agregado requerido para una unidad de volumen de concreto, porque los poros interiores de las partículas ocuparán un volumen dentro de la masa de concreto y el agua que se encuentra dentro de los poros saturables no es parte del agua de mezcla. Es decir, en una mezcla de concreto, el material está saturado (tiene sus espacios vacíos llenos de agua), pero está superficialmente seco (Parra y García, 2010).

La prueba para la determinación del Peso específico y Absorción de; agregado grueso se realiza de acuerdo con la NTP 400.021, y para el Peso específico y Absorción del agregado fino la NTP 400.022.

2.2.4.5. Absorción y humedad

Los agregados pueden tener un cierto grado de humedad que está directamente relacionado con la porosidad de las partículas, que a su vez depende del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de ellos. El contenido de Humedad, se realiza de acuerdo a la NTP 339.185. Además de esto, está asociado con la capacidad de Absorción de agua u otro líquido que tienen los agregados, un parámetro que, junto con la humedad, influye en la cantidad de agua de mezcla en la producción de concreto (Parra y García, 2010). La absorción de agua de los agregados es un parámetro clave en el diseño de mezclas de concreto.

2.2.4.6. Peso unitario

Se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen ocupado por estas partículas agrupadas dentro de un contenedor de volumen conocido. Es decir, el material dentro del contenedor sufre una disposición de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tomará cuando más material encaje dentro del mismo volumen, lo que depende del tamaño de grano, tamaño, forma y textura del agregado (Parra y García, 2010).

El peso unitario o la unidad de masa de escoria gruesa y fina se determinó en base al estándar NTP 400.017, donde se describen dos tipos de unidad de masa: Unidad de masa de agregado suelto y Unidad de masa de agregado compactado.

2.2.4.7. Diseño de mezclas de concreto - método propuesto por ACI, dosificación

Una vez obtenida las propiedades físicas y mecánicas de las muestras en estudio, se procedió a realizar el cálculo de la dosificación para el concreto de diferentes resistencias a compresión y asentamientos, mediante el método A.C.I. (American

Concrete Institute). Esto consiste en seguir una secuencia ordenada de pasos y determinar la cantidad de materiales necesarios (cemento, aire, agua, grava y arena) en peso y volumen de 1 m³ de hormigón. En el método se considera la dosificación en la mezcla de ciertos materiales como las escorias de fundición de cobre.

Datos requeridos de los materiales, se debe conocer lo siguiente sobre las propiedades de los materiales a utilizar en el diseño de mezclas de concreto:

- Análisis granulométrico
- Módulo de fineza del agregado fino
- Tamaño máximo del Agregado grueso
- Peso específico o Densidad aparente del agregado grueso y fino
- Masa unitaria compactada del Agregado grueso
- Humedad y Absorción de los agregados antes de hacer las respectivas mezclas
- Densidad del cemento

Según el autor, aquí se menciona un resumen de la elección de los agregados a dosificar para una buena elección de mezcla que nos permite usar el más óptimo en nuestra dosificación (Montejo et al., 2013).

2.2.4.8. Unidades de adoquines de concreto para pavimentos

Requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana: NTP 399.611.2017. En la Tabla 3, se establecen los valores para el espesor nominal y resistencia a la compresión del adoquín de concreto.

Tabla 3*Espesor Nominal y resistencia a la compresión del adoquín del concreto*

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mínimo Mpa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (vehicular pesado, patios industriales o contenedores)	≥80	55 (561)	50 (510)

Nota: NTP 399.611.2017

Los adoquines de concreto se usan en la pavimentación y ayuda a cumplir con una rápida velocidad de construcción. Debido al procedimiento de la construcción simple, se construye todo el pavimento y permite probar en el día, por lo que la detención del tráfico es mínima como también los costos financieros y sociales en tiempo, equipo, materiales, etc.

Los adoquines deben cumplir con los requisitos de máxima Absorción indicados en la Norma Técnica Peruana: NTP 399.611.2017, Tabla 4.

Tabla 4*Absorción de adoquines*

Tipo de adoquín	Absorción, máxima (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Nota: NTP 399.611.2017

2.3. Definición de términos

2.3.1. Absorción

ASTM C 127 define la absorción como el aumento en la masa de agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca del agregado. La absorción se determina después de remojar un agregado inicialmente seco durante un periodo de 24 horas en agua. El agregado se considera “seco” cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar NTP 400.021 (INDECOPI, 2002a).

2.3.2. Contenido de humedad

Es un ensayo de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de agregado fino o grueso en términos de su peso seco. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, NTP 339.185 (INDECOPI, 2002b).

2.3.3. Clasificación de adoquines de concreto para pavimentos

La NTP 399.611 clasifica a los adoquines de concreto para pavimentos en tres tipos. El adoquín de concreto (vehicular ligero) de 20 cm x 10 cm x 8 cm, corresponde al Tipo II, espesor nominal 80, indicado en la citada NTP.

2.3.4. Escoria

Se define escoria como una mezcla de óxidos de hierro y silicatos u otros compuestos producidos durante el proceso de fusión y conversión de concentrados sulfurados, que no se realimenten directamente a ninguna operación unitaria considerada en la fuente emisora y que es descartada para su disposición final a botadero o para su posterior tratamiento en una unidad de procesamiento de minerales (Carrasco, 2017).

2.3.5. Escoria de cobre

Las escorias de cobre, son un desecho industrial, producto de los procesos pirometalúrgicos de producción del Cobre. A pesar de ser un desecho, cumple un rol importante durante el proceso producción del metal rojo, ya que sus componentes, disminuyen el punto de fusión (1 200 °C), lo cual es conveniente para la operación del proceso (Oyarzun, 2013).

2.3.6. Índice de resistencia a la carga puntual

La prueba de carga puntual reduce el tiempo y el costo de las pruebas de resistencia a la compresión, cuando se usan en el campo. Dichos datos pueden usarse para tomar decisiones oportunas y más informadas durante las fases de exploración y una selección de muestras más eficiente y rentable para pruebas de laboratorio más precisas y costosas (ASTM D5731-16, 2016).

2.3.7. Módulo de finura

Se define el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011. El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,30 ni mayor de 3,10 (Vilchez, 2008)

2.3.8. Peso específico

Es la relación entre el peso y el volumen del material de la muestra de agregados. Los ensayos se realizan según el tipo de material: agregado grueso o fino. Los valores son adimensionales NTP 400.021 (INDECOPI, 2002a).

2.3.9. Peso unitario

El Peso unitario se define como la masa de muchas partículas del material dividida por el volumen total que ocupan. El volumen total incluye el volumen de partículas, el volumen vacío entre partículas y el volumen de poros internos. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm NTP 400.017 (INDECOPI, 1999) .

2.3.10. Pirometalurgia

Consiste en la obtención de cobre refinado a fuego. Se trata de un proceso de alta temperatura que se realiza en convertidores para la fundición de los concentrados. Sin embargo, este metal aun contiene impurezas por lo cual deberá pasar por un último proceso de purificación, la *electro-obtención* (Oyarzun, Higuera, y Lillo, 2011).

2.3.11. Tamaño máximo

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (López y Pinedo, 2015).

2.3.12. Tamaño nominal máximo

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido (López y Pinedo, 2015).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según la finalidad la investigación es de tipo aplicada, porque su aporte está dirigido a la elaboración de unidades de adoquines de concreto para pavimentos, que es una alternativa para el aprovechamiento de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en la ciudad de Ilo. Según el tratamiento de los datos es una investigación cuantitativa, porque se centra en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación y cálculo de los mismos.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación, en una primera parte es descriptivo cuantitativo, ya que se recogió información y evaluó los focos de depósitos con pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre, seguidamente se evaluó el impacto ambiental de estos sobre el Suelo, paisaje visual y otros componentes ambientales. En una segunda esta investigación presenta el diseño experimental, dado que se experimentó con 02 diseños de mezcla de concreto usando agregados producidos por residuos de fundición de cobre utilizados para elaborar adoquines de concreto para pavimentos.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo conformada por 24 adoquines de concreto para pavimentos, en los que se reemplazó agregado grueso natural con escoria de cobre en porcentajes de 50 % y 100 % en peso en su elaboración. A los 7, 14 y 28 días de curado se obtuvo 18

adoquines para ensayarlas a la Compresión y 06 adoquines para ensayarlas a la Absorción.

3.2.2. Muestra

La muestra es censal, ya que, se trabajó con toda la población, que se encuentra descrita anteriormente en el numeral 3.2.1.

3.3. Operacionalización de las variables

Pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre (VI)

Se define un pasivo ambiental de residuos de fundición cuando el suelo, el subsuelo y los acuíferos fueron impactados debido a instalaciones, efluentes, emisiones, escombros o depósitos de residuos producidos por procesos de recuperación (RP), tales como procesos de fundición actualmente abandonados, representando un riesgo permanente para la salud de la población, el ecosistema y las propiedades circundantes. Estos sitios derivados de actividades metalúrgicas con acumulaciones de desechos que no se han restaurado adecuadamente también se conocen como pasivos ambientales metalúrgicos (Melo, 2011).

Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos (VD)

Es un elemento compacto que es fabricado con una mezcla compuesta de agua, áridos y cemento, los cuales son elaborados mediante un procedimiento de vibro-compactación. El término adoquines de concreto según por Quevedo Rivera y Guamán Altamirano (2014) son elementos prefabricados compactos que se utilizan para constituir la rodadura de pavimentos, además cada elemento no está pegado entre sí por ningún material, sino colocado sobre una capa de arena gruesa trabajando como una rodadura fraccionada. En forma conjunta debe funcionar como un área completa, aunque dejando un espacio entre unidad y unidad, la cual al momento de realizar el acabado se agrega arena fina. Se define como la elaboración de adoquines de hormigón para pavimentos de

Tipo II para pavimento de tránsito vehicular ligero con espesores de 60 a 100 milímetros y con una resistencia de 32 a 37 MPa (NTP 399.611.2017).

Tabla 5

Cuadro de operacionalización de variables de nivel aplicativo

Variable Independiente (VI)	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre	- Botaderos indiscriminados	- Estimación de volúmenes de residuos de fundición	- Numérica continua
	- Valoración visual del paisaje	- Método directo de subjetividad representativa	- Numérica continua
	- Áreas degradadas	- Evaluación de áreas degradadas identificadas	- Numérica discreta
	- Estado del pasivo	- Importancia del Pasivo Ambiental (IM)	- Numérica discreta
Variable Dependiente (VD)	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos	- Índice de resistencia a la carga puntual Is(50)	- MPa	- Numérica continua
	- Abrasión los ángeles	- %	- Numérica continua
	- Análisis granulométrico	- %	- Numérica continua
	- Peso específico	- Kg/m3	- Numérica continua
	- Absorción	- %	- Numérica continua
	- Peso unitario	- Kg/m3	- Numérica continua
	- Contenido de humedad	- %	- Numérica continua
	- Dosificación de mezcla de concreto con EFC	- Kg/m3	- Numérica continua
	- Resistencia a la compresión de adoquines de concreto con EFC	- MPa	- Numérica continua
- Absorción de adoquines de concreto con EFC	- %	- Numérica continua	

Nota: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la variable dependiente

Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos

Para la producción de adoquines de concreto para pavimentos con agregado EFC; se aplicó la técnica de observación y su instrumento fue la ficha de observación de laboratorio que comprende los formatos, que fueron proporcionados por el laboratorio de Mecánica de Rocas y Concreto de la UNJBG. Se emplearon los formatos para los ensayos realizados que se incluyen en el anexo, de esta investigación o tesis.

Para la variable independiente

Pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre

Para los impactos ambientales de residuos de fundición de cobre; se revisaron normas peruanas e internacionales, que facilitaron el desarrollo de la investigación.

Para determinar el impacto ambiental, se utilizó la técnica de observación y su instrumento la ficha de observación de campo Anexo: *Fichas de identificación de Pasivos ambientales mineros* elaborado en base (Dp Word, 2010) y Anexo: *Fichas de Residuos Mineros* elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM, adicionalmente la *Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de los pasivos ambientales de la Fundición de ILO*, elaborado en base a (Gómez, 1999), para la cual se utilizó la Tabla 9: *Componentes, elementos y factores ambientales* y el Anexo: *Ficha de identificación de Pasivos Ambientales Mineros*.

3.4.1. Equipos, materiales e instrumentos

Tabla 6

Técnicas e instrumentos

Variable	Indicador	Técnica de recolección de datos	Instrumentos
Pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre.	Botaderos indiscriminados	Fichas de campo	GPS, wincha, Google Earth
	Valoración visual del paisaje	Fotografías de paisajes	El entrevistador Cámara fotográfica
	Áreas degradadas	Identificación de pasivos ambientales	Ficha de identificación de Pasivos ambientales mineros
	Estado del pasivo	Evaluación de impacto ambiental	Matriz de EIA de Gómez Orea
Elaboración de adoquines de concreto para pavimentos	Índice de resistencia a la carga puntual Is(50)	Formato de ensayo de laboratorio ASTM D 5731	Equipo de carga puntual
	Abrasión los ángeles	Formato de ensayo de laboratorio ASTM C131 (A.G.)	Máquina de abrasión los ángeles
	Peso específico y Absorción	Formato de ensayo de laboratorio NTP 400.021 (A.G.) y NTP 400.022 (A.F.)	Balanza, cesta con malla de alambre, depósito de agua, tamices, estufa
	Análisis granulométrico	Formato de ensayo de laboratorio NTP 400.012 (A.G. y A.F.)	Balanza, tamices agitador mecánico de tamices, horno
	Peso unitario	Formato de ensayo de laboratorio NTP 400.017 (A.G. y A.F.)	Balanza, barra compactadora recipiente de medida, pala de mano
	Contenido de humedad	Formato de ensayo de laboratorio NTP 339.185 (A.G. y A.F.)	-Horno ventilado -Balanza -Recipientes para la muestra
	Dosificación de mezcla para adoquines de concreto	Instituto Americano del Concreto – ACI 211.1	-Trompo mecánico -Cono de Abrams -Molde de adoquines -Mesa vibratoria
	Resistencia a la compresión de adoquines con EFC	NTP 399.611 NTP 399.604	-Prensa universal -Placas metálicas
	Absorción de adoquines con EFC	NTP 399.611 NTP 399.604	Balanza, cesta con malla de alambre, depósito de agua, estufa

Nota: Elaboración propia

Se usaron agregados gruesos naturales, agregados finos naturales, los agregados naturales se obtuvieron de la cantera Wiñani del Distrito de G. Albarracín-Tacna.

También como material agregado grueso se utilizó las escorias de fundición de cobre del puerto de Ilo.

Trituración de la escoria de cobre

La trituradora de quijada es una de las trituradoras primarias. Como se ve en la Figura 2, consiste en general de una quijada fija y otra móvil, cuyo movimiento de abrir y cerrar presiona la roca contra la quijada fija hasta romperla. La abertura de la parte superior de la trituradora determina el tamaño máximo de la roca que se puede triturar, la cual al entrar bajará por gravedad, siendo quebrada tantas veces como logre salir por la abertura inferior entre las quijadas.

Si el análisis granulométrico de la granalla de EFC disponible muestra que no cumple con la banda granulométrica estándar, es necesario realizar un proceso de triturado para ajustar su tamaño de partícula a los requisitos del estándar y así poder usarlo como agregado en la fabricación de concreto. Después del proceso de triturado, se obtiene un material que se ajusta a la banda granulométrica del estándar, además, después de ser trituradas puede obtenerse la granulometría deseada (Cendoya, 2009).

La granulometría de la escoria de cobre utilizada en esta investigación, estaba fuera de los límites establecidos por la norma, por lo que hubo que triturar esta escoria para rehacer su tamaño y así cumplir con la norma de adoquines de concreto para pavimentos. Este arreglo de tamaño se hizo permitiendo que las partículas atravesen la malla 9,5 mm (3/8"). El equipo de trituración utilizado fue la trituradora eléctrica de quijadas del laboratorio de Metalurgia de la UNJBG, lo cual se completó con una trituración primaria manual (Figura 2).

Figura 2

Trituración de la escoria de cobre, laboratorio de Metalurgia de la UNJBG



Nota: Elaboración propia

El cemento tipo HS

El Cemento Yura anti salitre, clasificado como cemento tipo HS según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación (Figura 2). Este es el cemento que se utilizó en la implementación de la presente tesis de investigación, el tipo de cemento HS, fabricado bajo las más altas referencias o patrones de la industria del cemento, contribuyendo con el cuidado del medio ambiente, ya que origina menor cantidad en su producción de CO₂ permitiendo la disminución de gases de efecto invernadero. Es un producto elaborado a partir de Clinker de elevada calidad, puzolana natural de origen volcánico muy reactivo y yeso. Es un cemento con

propiedades especiales, apropiado para todo tipo de estructuras y construcciones, que necesiten una elevada Resistencia a los Sulfatos, está siendo utilizado en todo tipo de construcciones de hormigón, expuestas a zonas húmedas, brisas marinas, suelos salinos, cloruros. Tiene un Peso específico de 2,70 a 2,80 gr/cm³. La adición de puzolana y su alto grado de finura reducen la porosidad capilar, asegurando una mayor impermeabilidad.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Procesamiento

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa Excel y el programa estadístico SPSS 24,0 con los cuales, se elaboraron las tablas y gráficos.

La metodología seguida en la realización de la presente tesis fue la siguiente:

a. Estudio bibliográfico para conocer el estado actual del conocimiento

En el estudio bibliográfico se recogió información sobre producción de adoquines de concreto para pavimentos a partir de residuos de fundición de cobre, sobre propiedades del agregado, características del concreto elaborado y dosificaciones.

b. Definición de los principales objetivos a determinar

El principal objetivo a determinar, fue evaluar los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre como una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural por agregados gruesos de los residuos de fundición de cobre en concreto. Para ello, se destaca como objetivo prioritario el estudio de los materiales, para poder definir los requisitos de calidad que deben satisfacer tanto el agregado EFC como el concreto elaborado con estos agregados para la elaboración de adoquines de concreto con EFC para pavimentos.

c. Planificación del trabajo experimental.

Característica de los materiales.

El trabajo experimental se inicia con la búsqueda de los materiales necesarios no disponibles en el laboratorio de Mecánica de Rocas y Concreto de la UNJBG. Todos estos materiales, una vez provisionados, se proceden a realizar ensayos de comprobación y caracterización de sus propiedades.

d. Determinación de los parámetros de dosificación de concreto.

La cantidad de muestras de adoquines de concreto con EFC para esta tesis está definido por los siguientes parámetros.

- a) Resistencia de compresión mínimo $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 MPa).
- b) Tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/8" (9,53 mm).
- c) Tiempo de rotura de la unidad de adoquines a los 7, 14 y 28 días de curado.
- d) Absorción de adoquines de concreto a los 28 días de curado.

Para poder realizar una sustitución parcial o total de los agregados gruesos, se debe disponer de una dosificación la cual se procede a poner en punto con los materiales disponibles y según la dosificación de referencia elegida, adecuándose a los materiales propios. Las cantidades por m^3 de concreto se determinaron empleando el método del comité 211 del ACI.

e. Fabricación de las unidades de adoquines de concreto para pavimentos con agregados de residuos de fundición de cobre

Seleccionándose el agregado grueso objeto del estudio situado en la fracción granulométrica No 16 (1,19 mm) – 3/8" (9,53 mm), se ensayaron con la dosificación resultante y porcentajes de sustitución del agregado grueso con escoria de cobre del 50 % y 100 % en peso.

f. Resultados, conclusiones.

Una vez fabricado el concreto con los parámetros definidos y los porcentajes de agregado grueso de los residuos de fundición, se procede a la elaboración de los adoquines, a caracterizar sus especificaciones en estado fresco y endurecido.

3.5.2. Análisis de la información

Para el análisis de los datos se procedió primeramente a la organización de los mismos en tablas de frecuencias, así como los gráficos que se estimaron pertinentes. Seguidamente se procedió a la aplicación de medidas de tendencia central y medidas de dispersión.

Para la primera hipótesis específica, existe alto nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo, se utilizó los datos de la Tabla 27: *Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de los pasivos ambientales de la Fundición de Ilo*, con los datos de la columna: Índice de importancia IM que valora 22 Impactos ambientales, con estos datos se procede con la prueba de normalidad. El método usado para probar la normalidad de los datos, siendo muestra pequeña menor a 30 se tomó la prueba de Shapiro Wilk W_c . Para que los datos provengan de una distribución normal ambas series de datos deben cumplir con esta condición. Los datos no se comportan normales entonces se aplicó la Prueba de U de Mann-Whitney, para ello se tomó los datos de la Tabla 25: *Evaluación de áreas degradadas identificadas*, con los datos de la columna: Índice de Importancia IM que valora 6 Impactos ambientales y los datos de la Tabla 27.

Para la prueba de la segunda hipótesis específica: Es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es de 37 MPa (380 kg/cm²) en la ciudad de Ilo. Se tomó los datos de la Tabla 50, la columna (Resistencia Kg/cm²), resistencia obtenida en laboratorio, los datos provienen de una distribución normal, por lo que se utilizó el

estadístico t de Student para muestra única. En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado μ_0 . El tratamiento de los datos se realizó mediante el software estadístico SPSS 24.0, la información se recopiló de manera personal y se utilizó las fuentes de información de primera mano.

3.6. Identificación, descripción y evaluación de pasivos ambientales

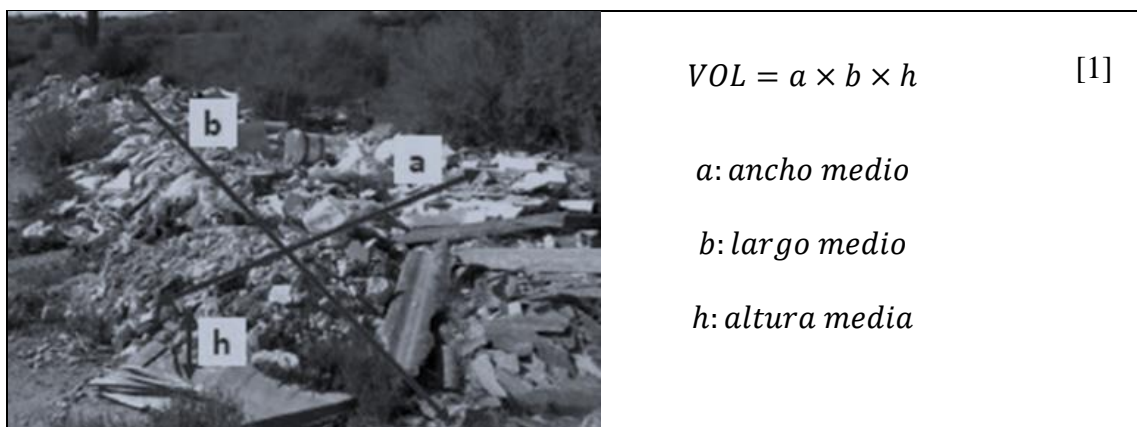
3.6.1. Volumen diagnóstico de EFC depositados en zona de Ilo

En la Tabla 21, se toman los datos, en las Tablas 21 y 22 se muestra el cálculo de los volúmenes en los lugares identificados, todos los lugares fueron calculados con la fórmula del trapezoide o paralelepípedo. La ec. [1] fue usada para cálculos del volumen de EFC.

Todos los lugares fueron calculados mediante la fórmula de la Figura 3: Fórmula para la estimación de volúmenes de EFC.

Figura 3

Fórmula para la estimación de volúmenes de EFC, para la forma de Trapezoide / Paralelepípedo

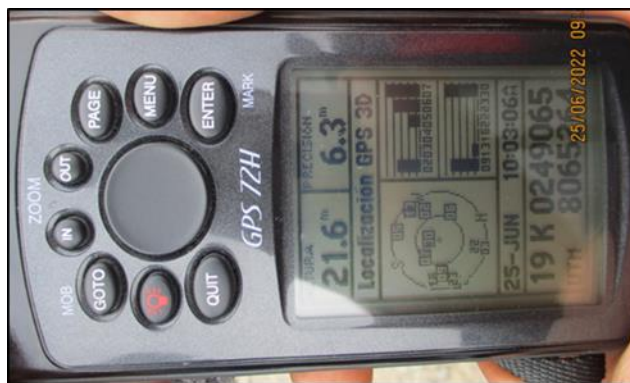


Nota: Identificación, cuantificación y clasificación de los residuos de la construcción y la demolición depositados en espacios públicos (PI 2013, 2013)

Los lugares críticos identificados en su mayoría se localizan en la carretera panamericana costanera norte, entre la Fundición de Ilo y la playa marina, y la línea de tren en la ciudad de Ilo. Se pudo ubicar los lugares críticos de disposición inadecuada de EFC en los Mapas de identificación de lugares críticos, en el que se utilizó como herramienta el GPS manual marca Garmin modelo 72H (Figura 4), cámara fotográfica, libreta de notas y lápiz.

Figura 4

GPS manual marca Garmin modelo 72H



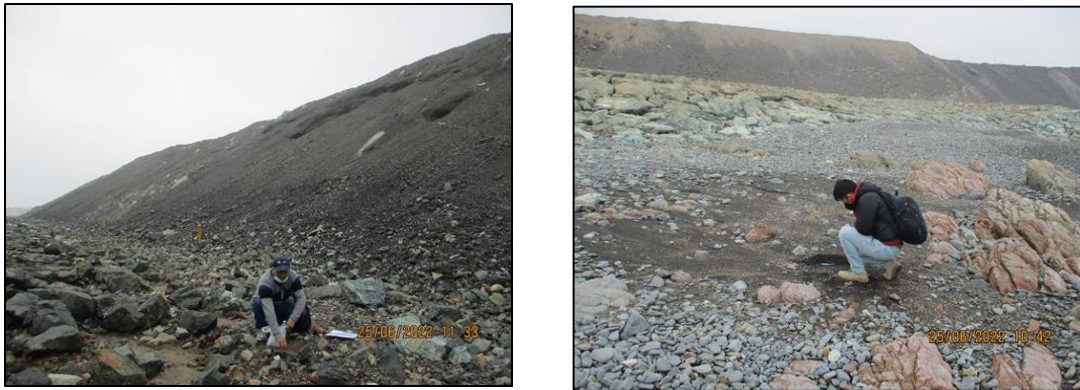
Nota: Elaboración propia

A su vez, se tomaron los datos ancho, largo y alto, registrados en la ficha de campo, Anexo: *Toma de datos en Ficha de registro de Residuos Mineros EFC*.

Para tomar la muestra superficial de escoria se dibujó sobre el suelo un cuadro de 1x1 m, de la cual se obtuvo la muestra, se excavó los primeros 5 cm de profundidad, el material colectado se cuarteó para obtener una muestra representativa, posteriormente cada muestra se recolectó y se guardaron en bolsas de plástico gruesas y se etiquetaron para su identificación (Figura 5). Al mismo tiempo de recolección de muestras, se llenó la hoja de campo con las características del sitio, su ubicación geográfica y fecha. Previo a la toma de muestra se tomaron fotografías del sitio de muestreo con su registro correspondiente. La localización geográfica de cada punto de muestreo se registró en coordenadas UTM utilizando un sistema de posicionamiento global GPS. (Anexo: *Fichas de identificación de Pasivos ambientales mineros*).

Figura 5

Muestras superficiaales de escoria



Nota: Elaboración propia

3.6.2. Método utilizado para la evaluación del valor del paisaje visual.

El método utilizado para la evaluación del valor del paisaje se define como el método directo de subjetividad representativa (Muñoz-Pedrerros, 2004), donde se realiza con grupos de personas especializadas cuya opinión global se valora en base a listas de adjetivos, que tienen una expresión numérica que facilita su procesamiento e interpretación. La secuencia de fases del método mencionado se muestra en las Tablas 7: Lista de adjetivos jerarquizados y su correlación con la escala universal de valores y las Tablas 23 y 24 y para lo cual se utilizan las fotos del campo [imagen] (Figura 6) de las fichas del Anexo: *Fichas de identificación de Pasivos ambientales mineros*.

Figura 6

Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros (Anexo)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° 1 DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGION DE MOQUEGUA					
1. LOCALIZACIÓN					
Progresiva: desde el Km.		hasta el Km.			
Datum:	zona:	Coordenadas UTM:		Altitud:	
2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL					
3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL					
[Imagen]					
4. CAUSA / ORIGEN					
5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES					
Deslizamiento y derrumbes		Erosión, sedimentación de cauce		Botaderos indiscriminados	
contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos		Áreas degradadas	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		Otros: Describa	
6. MATRIZ DE IMPORTANCIA					
MAGNITUD	EXTENSIÓN	DURACIÓN	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA
Baja	Puntual	Fugaz	Irregular	En la fase de proyecto	
Media	Parcial	Temporal	Periódico	En la fase de obra	
Alta	Extenso	Pertinaz	Discontinuo	Posterior al proyecto	
Muy alta	Total	Permanente	Continuo	No es posible	
REVERSIBILIDAD	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		TENDENCIA	TIPO	
Corto plazo	Largo plazo		Simple	Indirecto o secundario	
Mediano plazo	Medio plazo		Acumulativo	Directo o primario	
Largo plazo	Inmediato				
Irreversible	Crítico				
7. CATEGORIA AMBIENTAL					
Ecología		Aspectos estéticos			
contaminación ambiental		Aspectos de interés humano			

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

Tabla 7*Lista de adjetivos jerarquizados y su correlación con la escala universal de valores*

Valor nominal	Categoría	Adjetivos	Valor numérico
BAJO	Feo	Insoportable	0,00
		Horrible	0,25
		Desagradable	0,50
		Pésimo	0,75
		Feo	1,00
	Sin interés	Triste	1,10
		Pobre	1,25
		Frío	1,50
		Monótono	1,75
		Sin interés	2,00
MEDIO	Agradable	Común	2,10
		Sencillo	2,50
		Pasable	3,00
		Regular	3,50
		Aceptable	4,00
	Distinguido	Interesante	4,10
		Grato	5,00
		Conservado	7,00
		Singular	8,00
		Variado	8,10
ALTO	Fantástico	Estimulante	10,00
		Bonito	12,00
		Hermoso	14,00
		Precioso	16,00
		Estupendo	16,10
	Espectacular	Soberbio	20,00
		Maravilloso	24,00
		Fantástico	28,00
		Espectacular	32,00

Nota: Elaboración propia en base a (Muñoz-Pedrerros, 2004)

3.6.3. Evaluación de áreas degradadas identificadas.

Se realizaron visitas de identificación y evaluación de pasivos ambientales, reconocimiento y relevamiento del área de estudio. Posteriormente se realizó una evaluación en gabinete, de la información obtenida durante dichas visitas y de cada

variable que integra la Línea Base Ambiental (Dp Word, 2010). Estas dos fases permitieron un mejor análisis cualitativo de estos pasivos. Los pasivos ambientales en el área del Proyecto se describen en los cuadros en el Anexo: *Fichas de identificación de Pasivos ambientales mineros*, de la presente tesis, considerando cada una de las variables ambientales involucradas, y calificadas de acuerdo al tipo de importancia que presentan, pudiendo clasificarse en Leve, Moderado y Alto según terminología del impacto del D.L. N° 1394, a fin de proponer su solución respectiva (Tabla 8).

Tabla 8

Valoración de impactos negativos de áreas degradadas identificadas

Valor de Impacto Ambiental	Grado de Importancia del impacto	
IM < - 25	Impactos irrelevantes	
-25 ≥ IM < -50	Impactos moderados	
-50 ≥ IM < -75	Impactos severos	
-75 ≥ IM	Impactos críticos	

Equivalencia entre la calificación final del impacto según Gómez Orea, Reglamento de la Ley del SEIA y el D.L. N° 1394		
Calificación del impacto según la clasificación de Gómez Orea	Calificación del impacto según el Reglamento de la Ley del SEIA	Terminología del impacto según el D.L. 1394
Irrelevantes	Leve	Leve
Moderados	Moderado	Moderado
Severos	Significativo	Alto
Críticos		

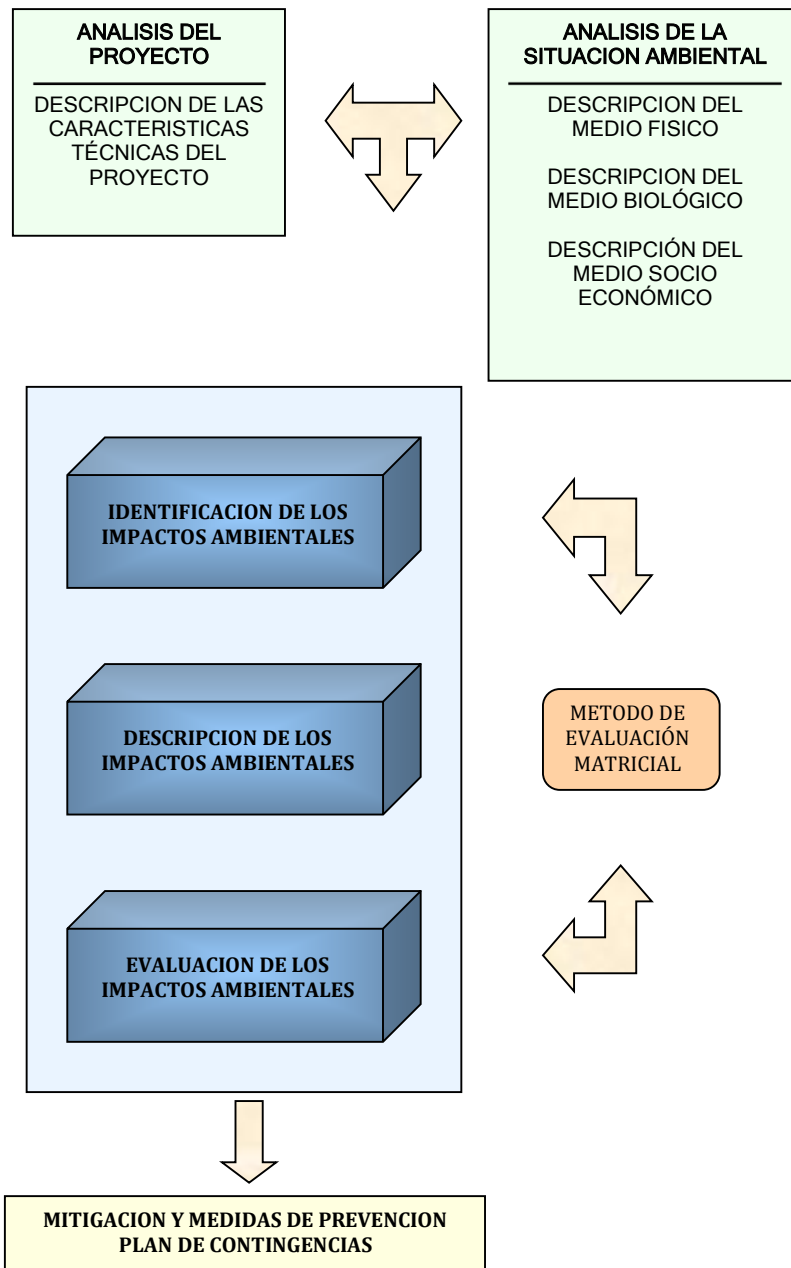
Nota: Elaboración propia

3.6.4. Descripción y evaluación de los pasivos ambientales

Para la evaluación de los pasivos ambientales se ha utilizado una matriz de importancia de pasivos ambientales, la misma que se apoya en los trabajos de campo realizados (Figura 7). Asimismo, para la aplicación de esta técnica fueron aplicadas con el concurso de especialistas multidisciplinario responsables de la caracterización.

Figura 7

Esquema de la secuencia de la EIA



Nota: Elaborado en base a (Arboleda, 2005)

3.6.4.1. Identificación de componentes, elementos y factores ambientales

Los componentes ambientales que pueden verse afectados por la acción identificada: la disposición inadecuada de los residuos de fundición de cobre (Tabla 26),

se identificaron en la Tabla 9, en la cual se muestra los componentes evaluados a ser considerados en el análisis de impactos.

Tabla 9

Componentes, elementos y factores ambientales

Componente ambiental	Elemento ambiental	Factor Ambiental
Atmosférico	Aire	Afectación por emisión de material particulado
		Afectación por emisión de gases de combustión y metalúrgicos
		Afectación por la generación de ruido
Físico	Suelo	Afectación por remoción de la capa orgánica, compactación del suelo
		Afectación por procesos erosivos
		Afectación por el cambio de drenaje superficial
		Afectación por movimiento en masa, destrucción de playas
		Afectación por la generación de residuos
Agua	Variación de la dinámica fluvial	
	Variación en las características fisicoquímicas (calidad) o sedimentación, la pérdida de calidad de agua	
paisaje	Variación de las geoformas iniciales	
	Cambio en la percepción paisajística por la presencia de elementos extraños, la contaminación ambiental	
Biótico	Flora	Presencia de especies invasoras exóticas
		Disminución o muerte de individuos, daño y pérdida de biodiversidad
	Fauna	Remoción de la cobertura vegetal, la pérdida de la capa de vegetación
		Migración de especies o de animales
Socio-Económica	Económico	Disminución o muerte de individuos
		Generación de empleo
	Social	Aumento del ingreso familiar
		Mejoramiento de la calidad de vida, la percepción de vivir en ambientes contaminados
		Afectación de las vías públicas
Generación de expectativas		

Nota: Elaboración en base a (García et al., 2014)

3.6.4.2. Identificación de acciones que pueden causar impactos

Se define como acciones en la presente tesis, a la disposición inadecuada de las EFC que provocan a impactos ambientales. Entre los criterios de selección de las acciones, destacamos la relevancia (capacidad de generar alteraciones), la independencia (para evitar duplicaciones), la vinculación a la realidad y la posibilidad de cuantificación, en la medida de lo posible, de cada una de las acciones consideradas. De igual manera, las acciones serán excluyentes, en relación a los demás, para que no incluyan acciones de alcance semejante, en términos de los efectos producidos en el medio ambiente (Gómez, 1999).

La acción que se analiza en esta tesis es la disposición inadecuada de las EFC, que pueden producir impactos (Tabla 26). Esto debido a que las escorias de cobre se almacenan, descargan y depositan en áreas naturales que se ven directamente afectadas con un impacto ambiental negativo debido a los efectos en los componentes ambientales que se ven afectados por la acción identificada.

3.6.4.3. Descripción de los impactos de los pasivos ambientales

Para la descripción de las condiciones físicas, biológicas y sociales se realizó evaluaciones y análisis de información obtenidos de los institutos correspondientes a cada especialidad, se realizó una evaluación sistemática de la información del:

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) para efectuar una descripción adecuada de la geología y geomorfología.
- Las condiciones climatológicas se trabajaron con data de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
- Para desarrollar y complementar datos relacionados con la flora y la fauna se trabajó con información del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP).

A continuación, se describe los aspectos; componentes, elementos e impactos ambientales de la actividad disposición inadecuada de los EFC, en la ciudad de ILO.

a) Componente Atmosférico

Los contaminantes que más afectación producen la actividad minera es el material particulado y la emisión de gases de combustión y metalúrgicos (Dp Word, 2010).

b) Componente Físico

Este es el componente más afectado por la actividad extractiva. Está compuesto por los elementos siguientes:

- *Suelo*: afectación por incremento de la intensidad de la erosión, pérdida de la humedad natural del suelo de forma parcial, modificación de las propiedades físico-químicas. El derrumbe de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas (Luque, 2018).

- *Geomorfología*: modificación en la continuidad de la superficie del suelo y su pendiente, mayor posibilidad de degradación de los procesos geomorfológicos como: erosión marina, deslizamientos, fenómenos de Remoción de Masa. La erosión marina, en el ambiente costero es directamente erosionado por el ambiente marino, siendo el oleaje el agente más común de decapado costero. La fuerza de las olas al chocar contra un acantilado da lugar a la erosión directa y remoción de escombros de acantilados o costas montañosas o montículos sumergidos, que paulatinamente se van regulando, pero con una morfología según la litología (Luque, 2018).

c) Componente de aguas superficiales

Hay cambios adversos en la velocidad de escurrimiento, desarrollo de escurrimiento superficial laminar y lineal, aumento del arrastre de sedimentos en cuerpos de agua superficiales y aumento de sólidos en suspensión en las corrientes de los ríos, además de la posible alteración de los parámetros físicos y efectos químicos de los cuerpos de agua debido a la incorporación accidental de volúmenes de materiales, residuos de lubricantes, combustibles y otras sustancias (Dp Word, 2010).

d) Componente Paisajístico

En el componente ambiental físico, son los impactos en el paisaje los que afectan el sentido de la vista, debido a la pérdida de vegetación en las áreas explotadas. La industria minero-metalúrgica genera una alteración o impacto en los recursos naturales y en la salud de las personas y la modificación de las condiciones naturales originales de los espacios donde se desarrollan o disponen sus residuos, generando pasivos ambientales de gran magnitud, ya que estos espacios son no restaurados o recuperados, los que ejercen presión sobre los componentes de la diversidad biológica, la fragmentación de los ecosistemas expuestos y, en consecuencia, la modificación de las condiciones naturales originales de los espacios donde se desarrollan o depositan sus residuos.

Se realizan cambios en las características visuales, como la estructura, el color y la línea. A esto se añade la intromisión de elementos ajenos al medio natural, como las construcciones industriales y la presencia de máquinas y hornos propios de la industria (Dp Word, 2010).

e) Componente Biótico

Está formado por flora y fauna. El proceso de extracción de materiales de la minería genera la deforestación parcial o total de árboles y arbustos, la fragmentación y reducción de hábitats y la migración de especies nativas de la zona (Dp Word, 2010).

f) Componente socioeconómico

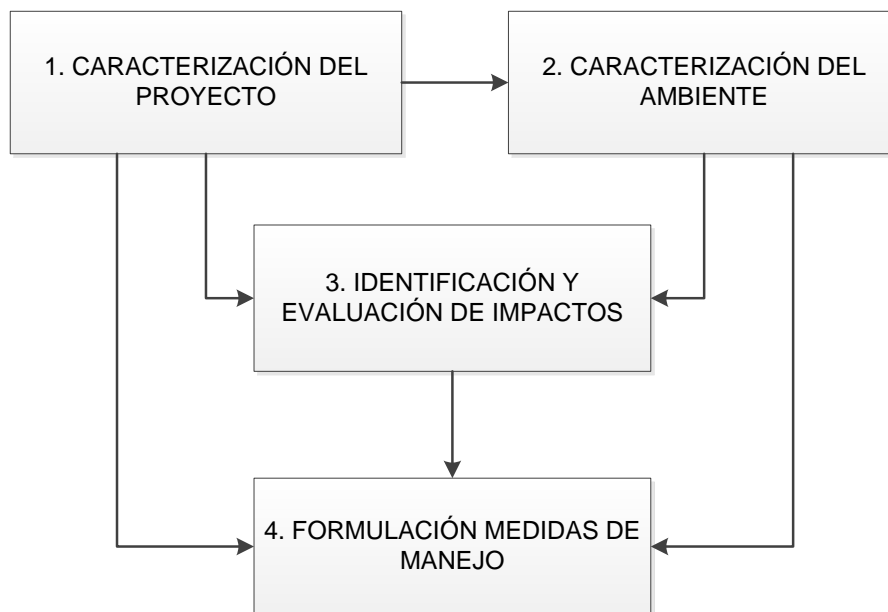
En el componente socioeconómico pueden ocurrir impactos positivos cuando la actividad minera genera empleos y beneficios económicos, pero también pueden ocurrir impactos negativos cuando se afecta directa o indirectamente la calidad de vida de las personas.

3.6.4.4. Evaluación de los impactos ambientales

Se puede concluir que, toda EIA se debe realizar siguiendo secuencialmente cuatro (4) grandes fases o componentes, como se ilustran en la Figura 8.

Figura 8

Esquema general de la EIA



Nota: Elaborado en base a (Arboleda, 2005)

3.6.4.5. Metodología para la EIA de los pasivos ambientales, de Domingo Gómez

Orea

La evaluación se realizó a partir de la elaboración de una matriz de impacto o tabla de doble entrada (Tabla 27), que correlaciona el pasivo ambiental con los componentes del ambiente, bajo el esquema de incidencias y dependencias. En la matriz se disponen cada componente con sus indicadores, donde en las columnas se ponen las componentes ambientales y en las filas el pasivo ambiental que se va a evaluar (Gómez, 1999).

La matriz identifica y caracteriza los impactos en cada celda de cruce que corresponde a un elemento tipo: impacto caracterizado en función de sus atributos, y sintetizado finalmente mediante su combinación en una expresión matemática asignando el grado de la importancia del pasivo ambiental de acuerdo a la naturaleza de los efectos. Esta matriz permite tanto una valoración cualitativa como una valoración cuantitativa de los elementos e identifica el impacto ambiental generado por una actividad sobre un factor ambiental considerado (León, 2014).

Esta metodología se escogió debido a que se desarrolla a través de procedimientos analíticos para cuantificar los efectos en unidades de calidad ambiental y utiliza parámetros medibles de forma objetiva (Abellánkl y Barja, 1993). La metodología determina el grado de importancia del pasivo ambiental en el entorno receptor, para el cual se consideran un conjunto de atributos de los pasivos ambientales incorporados en una función, generando un índice único llamado Importancia del Pasivo Ambiental (IM). Los atributos con mayor peso son la magnitud y la extensión.

En la ecuación 2, se establecen los componentes del indicador (IM)

$$IM = NA(3MG + 2EX + DR + PE + RC + RV + PO + TD + TI) \quad [2]$$

Este índice otorga un puntaje a los atributos de los pasivos ambientales (Tabla 10).

Tabla 10*Valoración de los atributos de los pasivos ambientales*

VALORACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE LOS PASIVOS AMBIENTALES			
NATURALEZA (NA)		MAGNITUD (MG) (Grado de incidencia de la acción sobre el factor)	
Impacto beneficioso	+1	Baja	1
Impacto perjudicial	-1	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		DURACIÓN (DR) (Permanencia del efecto)	
Puntual	1	Fugaz	1
Parcial	2	Temporal	4
Extenso	4	Pertinaz	8
Total	8	Permanente	12
Critica	(+4)		
PERIODICIDAD (PE) (Regularidad de la manifestación del efecto)		RECUPERABILIDAD (RC) (Reconstrucción por medios humanos)	
Irregular	1	Inmediata	1
Periódico	4	Medio plazo	4
Discontinuo	8	Mitigable	8
Continuo	12	Irrecuperable	12
REVERSIBILIDAD (RV) (Reconstrucción por medios naturales)		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (PO) (Plazo de manifestación)	
Corto plazo	1	Largo plazo	1
Mediano plazo	4	Medio plazo	2
Largo plazo	8	Inmediato	4
Irreversible	12	Crítico	(+4)
TENDENCIA (TD) (Incremento progresivo)		TIPO (TI) (Relación causa-efecto)	
Simple	1	Indirecto o secundario	1
Acumulativo	2	Directo o primario	2
IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL (IM) (Importancia de un impacto)			
IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+TI)			

Nota: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 11, se describe cada uno de los atributos considerados en la fórmula del Índice de Importancia del Pasivo Ambiental (IM) del impacto.

Tabla 11

Descripción de los atributos de los impactos: El impacto; (clasificación: valor)

NATURALEZA (NA)
Indica la naturaleza benéfica o perjudicial del impacto. - Si es beneficioso, se considera como positivo (+1) - Si es perjudicial, se considera como negativo (-1)
MAGNITUD (MG) (Grado de incidencia de la acción sobre el factor)
Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa, hace referencia al grado de destrucción. - Afectación mínima, (baja: 1) - Afectación máxima, (muy alta: 8)
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)
Representa el área de influencia del impacto con relación al total del entorno del proyecto. - Efecto muy localizado, (puntual: 1) - Parcial (parcial: 2) - Extenso (extenso: 4) - Efecto de influencia generalizado en todo el entorno del proyecto (total: 8)
DURACIÓN (DR) (Permanencia del efecto)
Se refiere al tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta su desaparición por acción de medios naturales o mediante medidas correctivas. - (<1 año), (fugaz: 1) - (de 1 a 5 años), (temporal: 4) - (de 5 a 10 años), (pertinaz: 8) - (>10 años), (permanente: 12)
PERIODICIDAD (PE) (Regularidad de la manifestación del efecto)
Regularidad de manifestación del efecto, de forma cíclica (efecto periódico), de manera impredecible (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo). - Irregular (irregular: 1) - Periódico (periódica: 4) - Discontinuo (discontinua: 8) - Continuo (continua: 12)

RECUPERABILIDAD (RC)**(Reconstrucción por medios humanos)**

Posibilidad de que el factor retorne a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (aplicación de medidas correctoras o de remediación).

- Inmediata (Inmediata: 1)
- Medio plazo (Medio plazo: 4)
- Si es recuperable parcialmente, o irrecuperable, pero con medidas compensatorias (Mitigable: 8)
- Acción imposible de reparar, tanto por medios naturales como humanos (Irrecuperable: 12)

REVERSIBILIDAD (RV)**(Reconstrucción por medios naturales)**

Posibilidad que tiene el factor afectado, de regresar a su estado natural inicial por medios naturales, una vez que la acción deja de actuar sobre el medio.

- Reversible en menos de 1 año, (corto plazo: 1)
- Reversible en un plazo de entre 1 y 5 años, (mediano plazo: 4)
- Reversible en un plazo de entre 5 y 10 años, (largo plazo: 8)
- Reversible en más de 10 años, o imposible de revertir (irreversible: 12)

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (PO)**(Plazo de manifestación)**

Tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

- El efecto se manifiesta luego de 5 o más años, (largo plazo: 1)
- El efecto se manifiesta en un período de entre 1 y 5 años, (medio plazo: 2)
- El efecto se manifiesta dentro del primer año, (inmediato: 4)

TENDENCIA (TD)**(Incremento progresivo)**

Incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

- No produce efectos acumulativos, (simple: 1)
 - Produce efectos acumulativos, (acumulativo: 2).
-

Tipo (TI)
(Relación causa-efecto)

Forma de manifestación del efecto sobre un factor, como resultado de una acción.

- Cuando la repercusión de la acción no es consecuencia directa de ésta, (indirecto o secundario: 1)
 - Cuando la repercusión de la acción es consecuencia directa de ésta, (directo o primario: 2)
-

Nota: Elaboración propia

La Magnitud del Impacto (IM) se muestra en la Tabla 12:

- Los impactos negativos con valores de importancia inferiores a 25 se consideran irrelevantes.
- Los impactos negativos con valores de importancia entre 25 y 49 se consideran moderados.
- Los impactos negativos con valores de importancia entre 50 y 74 se consideran severos.
- Los impactos negativos con valores de importancia mayores a 75 se consideran críticos.

Tabla 12

Valoración para la calificación de impactos negativos.

Valor de impacto ambiental <-25 y >-75	Grado de importancia del impacto negativo
IM < - 25	Impactos irrelevantes
-25 ≥ IM < -50	Impactos moderados
-50 ≥ IM < -75	impactos severos
-75 ≥ IM	Impactos críticos

Nota: Elaboración en base a (Gómez, 1999)

3.7. Proceso de elaboración de adoquines de concreto con escoria de fundición de cobre

3.7.1. Procedimiento para la recolección de datos

La cantidad de muestras de adoquines de concreto con EFC para esta tesis está definido por los siguientes parámetros.

- Resistencia de compresión mínimo: $f^c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 MPa)
- Tamaño máximo nominal del Agregado grueso: 3/8" (9,5 mm)
- Tiempo de rotura del espécimen de adoquín: 7, 14 y 28 días de curado.
- Absorción de adoquines de concreto: 28 días de curado.

Para ello, se elaboró un total de 24 unidades de adoquines de concreto con EFC, adoquines con TMN del agregado grueso de 3/8", diseño de mezclas con cemento HS para para la resistencia característica de 380 kg/cm^2 , distribuidas para ensayarlas de la siguiente manera (Tabla 13):

Tabla 13

Distribución de muestras de adoquines de concreto con EFC a ensayar.

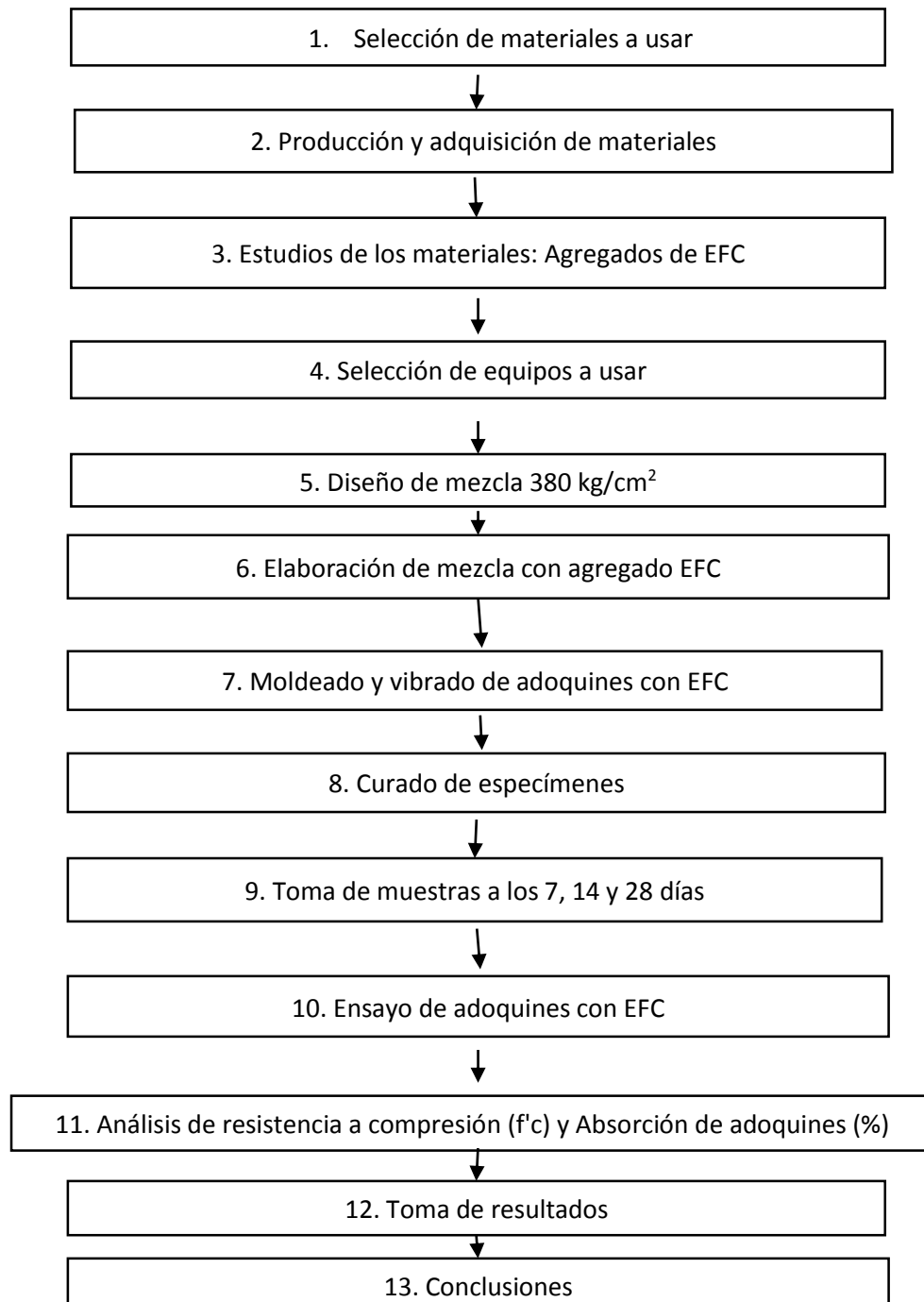
ADOQUINES DE CONCRETO CON ESCORIA DE COBRE DE FUNDICIÓN	Días de ensayo del adoquín			SUBTOTAL. ADOQUINES (Unidades)
	7 días	14 días	28 días	
50 % A.G. EFC (unidades) rotura	3	3	3	9
100 % A.G. EFC (unidades) rotura	3	3	3	9
50 % A.G. EFC (unidades) Absorción			3	3
100 % A.G. EFC (unidades) Absorción			3	3
TOTAL ADOQUINES	6	6	12	24

Siendo un total de 24 unidades de muestras de adoquines con EFC, 18 unidades a ensayar a la Compresión y 6 para Absorción.

Nota: Elaboración propia.

Figura 9

Diagrama de flujo de proceso para la producción de adoquines de concreto para pavimentos con EFC




Nota: Elaboración propia

El diagrama de flujo de proceso para la producción de adoquines de concreto con EFC, se puede ver en la Figura 9.

También, se utilizó materiales escogidos adecuadamente; sin impurezas, sin partículas orgánicas, los agregados son de la cantera Viñani cerca de la ciudad de Tacna. Colinda con los sectores 05,14 y terrenos eriazos del Distrito C.G.A.L.-Tacna. (Figura 10).

Figura 10

Zona denominada la Cantera de Viñani en el D.C.G.A.L.-Tacna

ZCE-01 –CANTERAS	UBICACIÓN
<p>Corresponde a la zona denominada las CANTERAS, colinda con los sectores 05 ,14 y terrenos eriazos del distrito, en este sector se realiza la actividad extractiva de piedras y otros materiales utilizados para la construcción, en la actualidad no existe una reglamentación de uso, generando la debilitación progresiva del suelo y desorden en el sector respecto a maquinaria y vehículos utilizados.</p>	

Nota: (PUD, 2016)

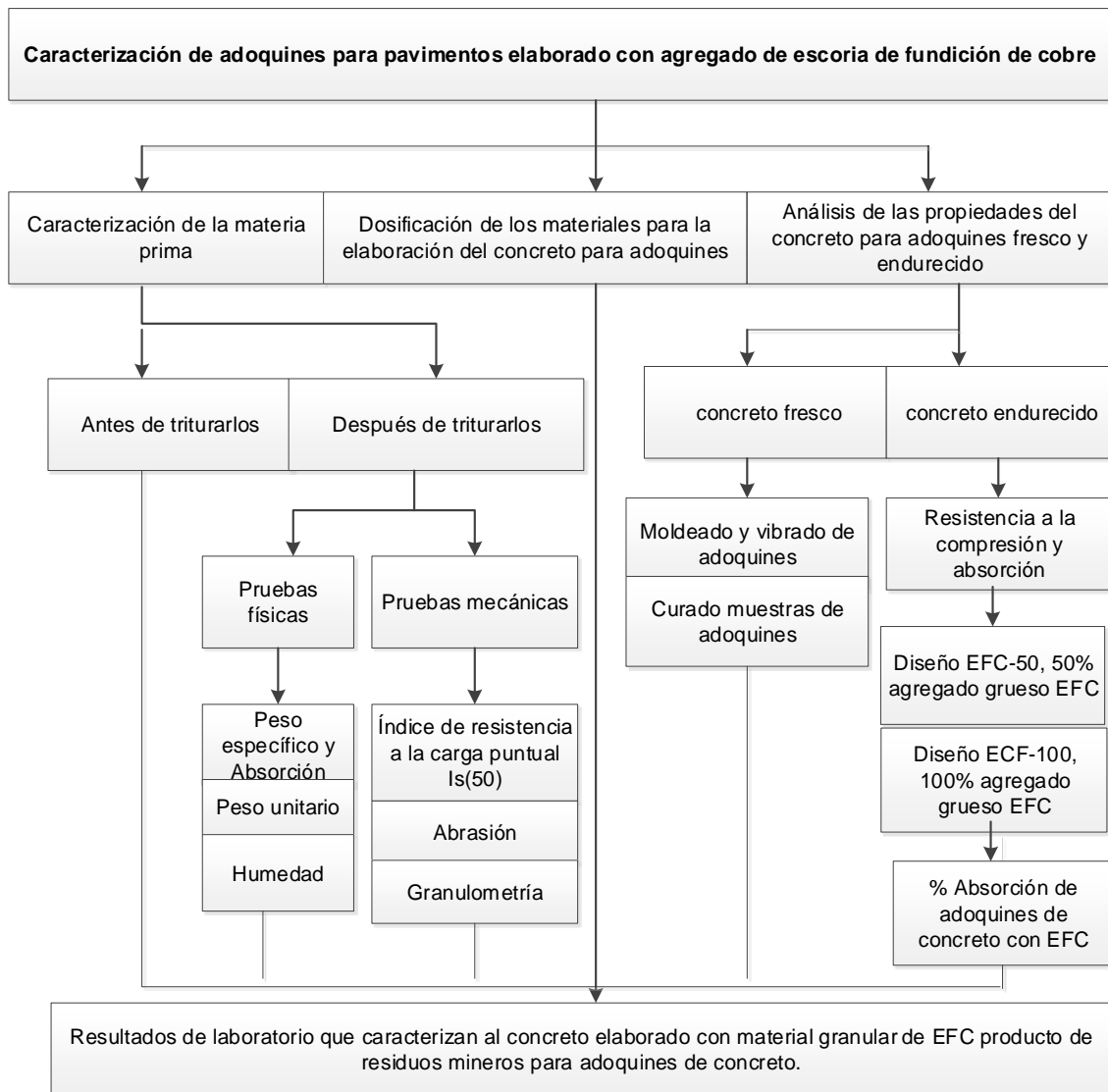
3.7.2. Ensayos de laboratorio para adoquines de concreto

Para adoquines de concreto para pavimentos, se utilizó las técnicas de las Normas Técnicas Peruanas (Figura 11).

- Análisis granulométrico para agregado grueso y fino: NTP 400.012
- Peso específico y absorción de agregado fino: NTP 400.022
- Peso específico y absorción de agregado grueso: NTP 400.021
- Peso volumétrico del agregado grueso y fino, suelto y compactado: NTP 400.017
- Contenido de humedad para agregado grueso y fino: NTP 339.185
- Unidades de albañilería adoquines de concreto para pavimentos NTP 399.611.

Figura 11

Caracterización del adoquín concreto para pavimentos elaborado con agregado EFC producto de residuos mineros



Nota: Elaboración propia

3.7.2.1. Índice de resistencia a la carga puntual Is(50) ASTM D-5731

Tiene como objetivo determinar el índice de resistencia a la carga puntual para la clasificación de la resistencia de la roca.

El espécimen se coloca en el equipo de ensayo, se comprueba que la distancia L según se muestra en la Figura 12, sean mayores a $0,5 De$. El espécimen puede ser colocado de tal forma que De sea la más pequeña dimensión, la carga se incrementa de tal forma, que la falla ocurra entre 10 y 60 segundos, anotándose en el formato la carga P (Kg).

Procedimiento

- a. En este ensayo se preparan y utilizan bloques de roca irregulares de dimensiones entre 15 a 85 mm y de la forma mostrada en la Figura 12. La relación De/W debe ser cercano a 1,0.
- b. La distancia L deberá ser por lo menos $0,5 W$.
- c. Se harán 10 ensayos por muestra.
- d. El ancho W perpendicular a la dirección de carga es anotado. Si los lados no son paralelos entonces W es calculado como $(W1+W2) /2$.
- e. La carga debe ser aplicada constantemente de manera que la falla ocurra entre los 10 y 60 segundos de iniciada la carga. La carga última P es anotada.

Cálculos

El esfuerzo de carga puntual

$$I_s = \frac{P}{De^2}$$

[3]

Donde:

I_s : Índice de carga (Kg/cm²)

P : Carga de falla, Kg

De : Diámetro del núcleo equivalente, cm

El índice de resistencia a la carga puntual corregido [$I_s(50)$] se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_s(50) = \left(\frac{De}{50}\right)^{0.45} \times I_s \quad [4]$$

Dónde:

De en mm.

$I_s(50)$ en kg/cm^2

El índice de resistencia a la carga puntual corregido $I_s(50)$ será calculado eliminando los valores más altos y los valores más bajos de una muestra de 10 ensayos válidos y calculando el promedio de los valores restantes (Tabla 29).

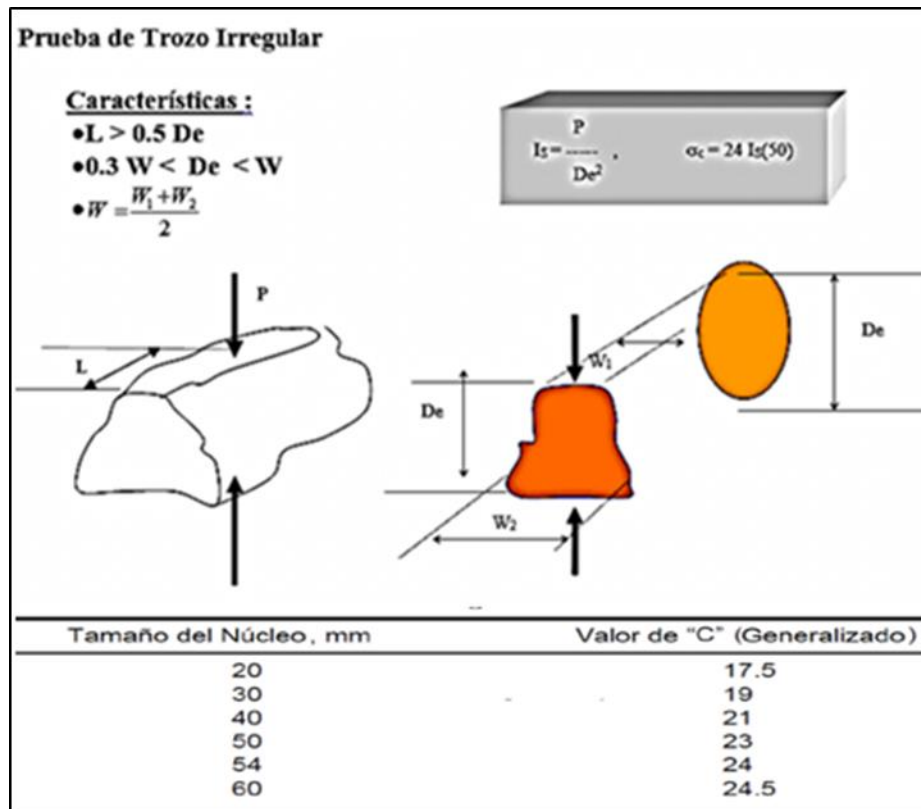
Obtención de la resistencia a la compresión

A partir del índice de carga puntual corregido $I_s(50)$ se puede estimar la resistencia a la compresión mediante la ecuación [5]:

$$\sigma_C = C * I_{s(50)} \quad [5]$$

Figura 12

Índice de resistencia a la carga puntual $I_s(50)$ y σ_c con valor de "C" igual a 24



Nota: Elaboración propia

3.7.2.2. Abrasión los ángeles

Es el ensayo de calidad de los agregados, especificados en la norma ASTM C-131, tiene como objetivo determinar la resistencia del agregado grueso que se va a utilizar ya sea para base, sub-base o adoquín de concreto.

Procedimiento del ensayo

Determinar la granulometría en % retenidos de la muestra, a fin de elegir el método de acuerdo a los tamices que tiene el mayor porcentaje de retenidos. Preparar 5 kg del material, la muestra de agregados debe ser menor a 2" (ver Tabla 14).

Tabla 14

Peso de agregado y número de esferas para agregados gruesos hasta 1½ “

- ASTM C-131

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,50	(1 1/2")	-25,00	(1")	1 250 ± 25			
25,00	(1")	-19,00	(3/4")	1 250 ± 25			
19,00	(3/4")	-12,50	(1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
12,50	(1/2")	-9,50	(3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
9,50	(3/8")	-6,30	(1/4")			2 500 ± 10	
6,30	(1/4")	-4,75	(N°4)			2 500 ± 10	
4,75	(N°4)	-2,36	(N°8)				5 000 ± 10
TOTALES				5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10
N° de esferas				12	11	8	6
N° de revoluciones				500	500	500	500
Tempo de rotación (minutos)				15	15	15	15

Nota: Elaborado en base a la norma ASTM C-131

Luego colocar las esferas, para finalmente hacer girar la máquina a 30-33 rpm, durante 500 revoluciones.

A continuación, el material es retirado y tamizado por la malla # 12 (1,7 mm). El % de abrasión se calcula mediante la (ecuación 6).

$$\text{Abrasión (\%)} = \frac{\text{Peso que pasa la malla \# 12}}{\text{Peso inicial}} * 100 \quad [6]$$

El agregado grueso usado en concreto para pavimentos, sometidas a erosión, abrasión o cavitación, no debe tener un desgaste superior al 50 % en la prueba de abrasión los ángeles, de acuerdo a la Norma ASTM C 131.

3.7.2.3. Granulometría agregados finos y gruesos

La granulometría de los Agregados finos se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.037 o ASTM C 33, la cual describe el procedimiento para obtener una granulometría correcta (Tabla 15).

Tabla 15

Límites de granulometría para el agregado fino según la Norma ASTM C 33

Tamices	Porcentaje que pasa
3/8"	100 %
No. 4	95 a 100 %
No. 8	80 a 100 %
No. 16	50 a 85 %
No. 30	25 a 60 %
No. 50	10 a 30 %
No. 100	2 a 10 %

Nota: Norma ASTM C 33. El agregado fino debe estar graduado dentro de los límites que se muestran en la tabla 15

El agregado fino es un material granular que pasa el tamiz #4 y que queda retenida en el tamiz # 200. Según la Norma Técnica peruana (NTP 400.037) define que, es el agregado artificial o natural, que pasa el tamiz (3/8") y que es retenido en el tamiz N° 200.

Asimismo, la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012) menciona que, el agregado fino no tendrá más de 45 % entre dos mallas y su módulo de fineza debe estar entre 2,3 y de 3,1.

El agregado grueso (NTP 400.037) deberá estar graduado dentro de los límites de una de las especificaciones (ESPECIF N° ASTM) que se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos

ESPECIF N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE SE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (⅜")	4.75 mm N° 4	2.36 mm N° 8	1.18 mm N° 16
1	3 ½" a 1 ½"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 ½" a 1 ½"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a N°4				100	90 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 ½" a ¾"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 ½" a N°4					100	90 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a ½"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a ⅜"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a N°4						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	¾" a ⅜"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	¾" a N°4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 15	0 a 5	
7	½" a N°4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	⅜" a N°8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota: Elaborado en base a la norma NTP 400.037-INACAL 2018

La masa de la muestra de ensayo del agregado grueso seco, debe estar de acuerdo a la Tabla 17.

Tabla 17

Cantidad mínima de la muestra de Agregado grueso

Tamaño máximo nominal Aberturas Cuadradas mm	Cantidad de la muestra de ensayo Mínimo kg
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Nota: Norma Técnica Peruana 400.012





3.7.2.4. Peso específico y Absorción de agregados




Procedimientos de ensayo Peso específico y Absorción del agregado fino

Este ensayo permite determinar el Peso específico y la Absorción del agregado fino (NTP 400.022).

Figura 13

Peso específico de agregado fino natural.

<p>1. Saturar una muestra mayor de 500 gramos, durante 24 horas</p>	
<p>2. Dejarlo secar en una cocina eléctrica, para evaporar el agua superficial</p>	
<p>3. Coger 500 gramos de muestra saturada superficialmente seca (método del cono). 4. Introducir arena superficialmente seca dentro del cono, y con el pisón se da 25 golpes luego del cual se procede a sacar el cono verticalmente. 5. Si se observa que el cono de arena mantiene su altura inicial, pero hubo caída de arena en los bordes, entonces contiene la humedad adecuada para el ensayo.</p>	
<p>6. Pesar la fiola o matraz vacío. 7. Pesamos 500 g de MSSS. Introducimos en la fiola, 500 g del agregado fino (MSSS)</p>	

<p>8. Llenar un poco de agua hasta la marca y luego, se procede a rotar la fiola + arena + agua durante 15 minutos aproximadamente. Con la finalidad de eliminar las burbujas de aire atrapado.</p> <p>9. Dejar reposar por 15 a 20 minutos para ver la marca de la fiola, y se completa la capacidad del matraz con agua hasta la marca de aforo (500 ml).</p> <p>10. Determinar el peso de matraz + agua + arena.</p>	
<p>11. Vaciar en una tara y llevar al horno 24 horas</p>	
<p>12. Dejar enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora y pesar.</p>	

Nota: Elaboración propia

Ensayos para Peso específico y Absorción del agregado grueso EFC

Este ensayo cubre determinar el Peso específico y la absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Preparación de la muestra

Seleccionar por cuarteo, mínimo 2 kg del agregado grueso para TMN ½” a ensayar y eliminar el material que pasa la malla N°4.

El mínimo peso de muestra a ensayar para el agregado grueso se observa en la Tabla 18. Para los cálculos ver tabla 32 y Figura 31.

Tabla 18

Mínimo peso de muestra a ensayar Peso específico y absorción para el agregado grueso.

Tamaño máximo nominal		Mínimo peso de muestra a ensayar
mm	(Pulg.)	Kg
12,5	½"	2
19,0	¾"	3
25,0	1"	4
37,0	1 ½"	5
50,0	2"	8
63,0	2 ½"	12
75,0	3"	18
90,0	3 ½"	25
101,6	4"	40

Nota: Tomado de: Norma ASTM C 127

Procedimiento:

- La muestra se lavará con agua para eliminar el polvo de las partículas; luego se seca en un horno a 110 °C y enfriado al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Luego, es pesado, repitiendo el secado hasta alcanzar el peso constante, y es sumergido en agua, también a temperatura ambiente, por 24 horas.
- Retirar la muestra de agua y secar las partículas con una toalla hasta que el agua haya desaparecido de la superficie.
- Determinar el peso de la muestra en estado saturado con superficie seca (S.S.S.) (B).
- Colocar la muestra dentro de la canasta metálica y determinar y registrar su peso sumergido en agua a una temperatura entre 21° y 25°C (C).
- Secar la muestra en horno a 110 °C, luego enfriar al aire entre 1 a 3 horas y se anota su peso seco o a peso constante (A).

Cálculos

Donde:

A = Peso del agregado grueso seco en gramos en el aire.

B = Peso del agregado grueso saturado con superficie superficialmente seca, en gramos.

C = Peso del agregado grueso saturado sumergido en agua, en gramos.

G_{SS} = Peso específico (S.S.S.):

$$G_{SS} = \frac{B}{B - C} \quad [7]$$

Nota: S.S.S. Saturado con Superficie Seca.

% Abs = Porcentaje de Absorción:

$$\% Abs = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad [8]$$

Ver tabla 37 y Figura 32.

3.7.2.5. Peso unitario suelto y compactado de agregados

La capacidad de medida de muestra de ensayo para el agregado grueso se observa en la Tabla 19.

Tabla 19

Capacidad de la medida para Peso unitario suelto y compactado de agregados.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA ^A	
mm	Pulgadas	L (m ³)	(ft ³)
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	12,0 (0,014)	1/2
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

^A La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.

Nota: Norma Técnica Peruana 400.017

a) Procedimiento de ensayo Peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017).

- La arena se seca al sol y se cuartea.
- Se pesa el recipiente vacío.
- Empleando el cucharón se toma material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 5 cm, hasta que se llene; luego nivelar con una regla metálica.
- Pesar el recipiente conteniendo el agregado fino y se anota su peso.
- Se calcula el peso volumétrico del material seco y suelto *P.U.S.*, con la siguiente fórmula:

$$P. U. S. = \frac{Wm}{Vr} \quad [9]$$

Donde:

P.U.S. = Peso unitario suelto.

Wm = Peso del material en kg.

Wm = (Peso del recipiente + material) – (Peso del recipiente)

Vr = Volumen del recipiente en m³

Para los Pesos Unitario Suelto (Tabla 38) y Compactado (Tabla 39) del Agregado grueso, estas pruebas se realizan en forma similar a las correspondientes en Agregados finos.

3.7.2.6. Humedad de agregado fino y grueso.

En los agregados que se encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, con él se puede saber si aporta agua a la mezcla NTP 339.185 (INDECOPI, 2002b). La Humedad de los agregados fue determinada colocando una muestra de agregado en el horno por 24 horas, transcurrido el tiempo, la muestra es pesada hasta obtener peso constante. Los valores de las humedades de los diferentes agregados se realizaron antes de la preparación de cada diseño de mezcla para luego realizar las correcciones correspondientes, estos resultados se encuentran en los diseños de mezclas en las Tablas 41 y 47 del presente trabajo de investigación.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100 \quad [10]$$

3.7.2.7. Diseño de mezclas con agregados EFC

Para el desarrollo de esta investigación se ha elegido el método del ACI, se realizaron 02 Diseños con los datos de las Tablas 41 y 47. Durante y después del vaciado de cada diseño de mezcla se llevaron a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes al concreto en estado fresco y endurecido.

Por cada diseño se vaciaron 12 adoquines de concreto con EFC para pavimentos de 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 80 cm de espesor. En la Tabla 41, se muestra un diseño de concreto para la combinación de 50 % de agregado grueso EFC y 50 % agregado grueso convencional. En total, se elaboraron 24 unidades de adoquines de concreto con EFC, adoquines con TMN de la grava de 3/8", diseño de mezclas con cemento HS para para la resistencia característica de 380 kg/cm².

Fórmulas utilizadas para el Diseño de mezcla

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado } \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Peso específico del agua (1 000 kg/m}^3\text{)}} \quad [11]$$

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado } \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Relacion } a/c \text{ (para } f'_{cr}\text{)}} \quad [12]$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad [13]$$

$$\text{Peso seco del A. grueso } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{b}{b_0} (\text{Peso unitario compactado del A. grueso}) \quad [14]$$

$$\text{Volumen agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}} \quad [15]$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. grava}) \quad [16]$$

$$\text{Peso agregado fino } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino}) \quad [17]$$

Ajustes por Humedad y Absorción

$$\text{Agregado grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \% W_g \\ \text{Absorción} = \% a_g \end{array} \right.$$

$$\text{Agregado fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \% W_f \\ \text{Absorción} = \% a_f \end{array} \right.$$

Pesos de agregados corrección por Humedad y Absorción

$$\text{Peso A. grueso humedo} = (\text{peso A. grueso seco}) \times \left(1 + \frac{\% W_g - \% a_g}{100}\right) \quad [18]$$

$$\text{Peso A. fino humedo} = (\text{peso A. fino seco}) \times \left(1 + \frac{\% W_f - \% a_f}{100}\right) \quad [19]$$

Agua efectiva

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{peso A. grueso seco}) \times \left(\frac{\% W_g - \% a_g}{100}\right) = X \quad [20]$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{peso A. fino seco}) \times \left(\frac{\% W_f - \% a_f}{100}\right) = Y \quad [21]$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (X + Y) \quad [22]$$

Cálculo de proporciones en peso

Cemento:	Agregado fino	Agregado grueso	/	Agua
$\frac{P. \text{ cemento}}{\text{Peso cemento}}$	$\frac{P. A. F. \text{ Humedo}}{\text{Peso cemento}}$	$\frac{P. A. G. \text{ Humedo}}{\text{Peso cemento}}$		$\frac{P. \text{ Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$

Cálculo de proporciones en volumen

Cemento:	Agregado fino	Agregado grueso	/	Agua
$\frac{Vol. cemento}{Vol. cemento}$	$\frac{V. A. F. Humedo}{Vol. cemento}$	$\frac{V. A. G. Humedo}{Vol. cemento}$		$\frac{V. Agua efectiva}{Vol. cemento}$

[24]

3.7.2.8. Resistencia a la compresión de adoquines de concreto

El objetivo es medir el esfuerzo de compresión simple NTP 399.604 de un adoquín de concreto para pavimentos, es definido como el esfuerzo necesario para producir la fractura del adoquín de concreto. La fractura se produce al caer repentinamente la aplicación de la carga, no siendo capaz de soportar un aumento de carga posterior.

Equipos

- Máquina de ensayo o prensa; para medir la carga aplicada, capacidad de 100 toneladas.
- Dos placas de acero para la aplicación de la carga, sobre las cuales se colocará en la placa inferior el adoquín de concreto y la parte superior quedará en contacto con el cabezal superior del equipo de compresión.

Procedimiento

- Determinada el área neta del Adoquín. Limpiar las caras inferior y superior del adoquín.
- Colocar el adoquín sobre la placa inferior. La carga y la placa superior se acerca al testigo lentamente. La carga se aplica sin impactos y de manera uniforme
- La carga se debe aplicar continuamente constante de manera que la rotura ocurra a los 5 minutos después de iniciada la carga.
- Registrar la máxima lectura de la carga de rotura.

Resultados del ensayo

La resistencia a la compresión del adoquín se obtiene dividiendo la carga máxima por el área neta del adoquín de concreto, según la ecuación 25.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad [25]$$

En donde:

- $f'c$: Esfuerzo a la compresión del adoquín de concreto en kg/cm^2
 P : Carga máxima de rotura aplicada en kg
 A : Área neta del adoquín de concreto en cm^2

3.7.2.9. Absorción de adoquines de concreto

El objetivo del ensayo fue medir la Absorción como el peso del agua, en porcentaje del peso seco, absorbido por el adoquín de concreto sumergido en agua según la Norma NTP 399.604.

Instrumentos y materiales

- Tres unidades de adoquines de concreto artesanales o fabricados.
- Balanza con una precisión de 0,5 g.
- Recipiente de agua.
- Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C .

Muestras

Estuvo constituida por tres unidades de Adoquines secos enteros obtenidos de la fabricación.

Procedimiento

1. Sumergir el adoquín en agua a la temperatura de 15°C a 25°C durante 24 horas.
2. A continuación, dejar drenar el agua durante 1 minuto, procediéndose a secar sus superficies con una franela.
3. Registrar el peso saturado del adoquín de concreto (G1).
4. Finalmente introducir el adoquín de concreto en el horno a temperatura entre 100°C y 110°C, por 24 horas. Luego pesarlo y el peso obtenido de esta manera es el peso seco (G3).

Resultados del ensayo

Con los valores obtenidos en el ensayo, se determina el % de Absorción del adoquín con la ecuación 26:

$$A = \frac{G1 - G3}{G3} \times 100 \quad [26]$$

Donde:

- G1 : Peso del adoquín saturado, en g.
G3 : Peso del adoquín seco, en g.
A : Porcentaje del contenido de agua absorbida.

CAPÍTULO IV

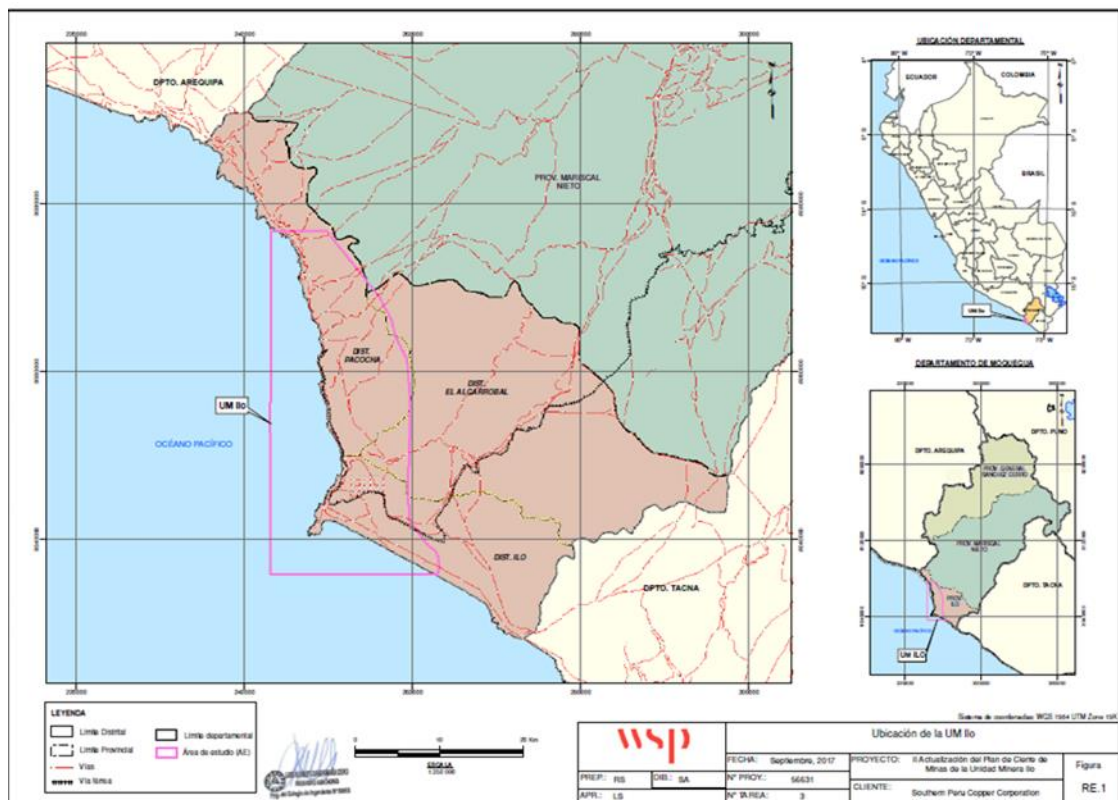
RESULTADOS

4.1. Identificación, descripción y evaluación del pasivo ambiental

El diagnóstico para la presente tesis se realizó entre junio y setiembre el año 2022. La Figura 14 muestra la ubicación del pasivo ambiental de residuos de la Fundición de cobre de Ilo.

Figura 14

Mapa político de la región Moquegua



Nota: II Actualización del Plan de cierre de minas de la Unidad minera Ilo

El área ambiental de influencia directa comprende las áreas urbanas de la ciudad de ILO, Fundación de ILO, lugares donde se desarrollan actividades de generación de EFC (Figura 15).

Figura 15

Área ambiental de influencia directa de ILO.



Nota: El grafico representa el Área ambiental de influencia directa de ILO

4.1.1. Identificación de lugares críticos con depósitos de EFC

Los lugares críticos identificados mayormente se localizan en la carretera panamericana costanera norte, entre la Fundación de Ilo y la playa marina con un perímetro de 2 054 m y área de 62 488 m² (Figura 16, Tabla 20), línea de tren en la ciudad de Ilo (Figura 19). Los puntos identificados P1, P2, P3, P4 y P5 se muestran en la Figura 18 y el punto P6 en la Figura 20.

Figura 16

Mapa de identificación de lugares críticos EFC, zona fundición de ILO.



Parte superior área sin delimitar, parte inferior área delimitada de residuos de fundición de cobre de Ilo.
Nota: Elaboración propia

Tabla 20

Medida del perímetro y área de lugares críticos zona fundición de ILO.

Medidas de lugares críticos zona fundición de ILO	
Perímetro	2 054 m
Área	62 488 m ²

Nota: Elaboración propia, en base a Figura 16

Adicional a lo anterior se pudo ubicar e identificar los lugares críticos de disposición inadecuada de EFC en los siguientes mapas (Figuras 18, 20): Mapas de identificación de lugares críticos, en el que se utilizó como herramienta el GPS manual marca Garmin modelo 72H (Figura 17), cámara fotográfica, libreta de notas.

Figura 17

GPS manual marca Garmin modelo 72H



Nota: Elaboración propia

4.1.2. Volumen diagnóstico de EFC depositados en zona de Ilo

En la Tabla 21, se toman los datos ancho, largo y alto de la ficha de campo (Anexo: *Toma de datos en Ficha de registro de Residuos Mineros EFC*) y en la Tabla 22, se muestra el cálculo de los volúmenes en los lugares identificados, todos los lugares

fueron calculados con la fórmula del trapecioide o paralelepípedo. La ecuación. [1] fue usada para cálculos del volumen de EFC.

Figura 18

Ubicación de puntos críticos con EFC, zona fundición de ILO.



Nota: Lugares críticos P1, P2, P3, P4 y P5 de disposición inadecuada de EFC

Figura 19

Identificación del punto crítico con EFC, zona de ciudad de ILO.



Nota: Elaboración propia.

Figura 20

Ubicación del lugar crítico P6 con EFC, zona de ciudad de ILO.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 21

Datos recogidos en campo para cada lugar identificado en ILO.

Punto	Código de registro	Método aplicado para el cálculo de volumen	Datos de campo		
			Ancho a (m)	Largo b (m)	Alto h (m)
P1	EFC-ILO-0001	Trapezoide	30,45	41,20	17,30
P2	EFC-ILO-0002	Trapezoide	30,80	42,80	10,50
P3	EFC-ILO-0003	Trapezoide	25,54	51,14	15,80
P4	EFC-ILO-0004	Trapezoide	85,91	312,15	14,10
P5	EFC-ILO-0005	Trapezoide	58,46	545,49	11,90
P6	CIU-ILO-0006	Paralelepípedo	04,50	200,00	0,30

La ec. [1] fue usada para cálculos del volumen de EFC.

Nota: Elaboración propia, en base a (PI 2013, 2013) y datos de Anexo: Toma de datos en Ficha de registro de Residuos Mineros EFC

A continuación, se presentan en la Tabla 22, los volúmenes encontrados en los lugares críticos de disposición inadecuada de EFC.

Tabla 22

Volúmenes de los lugares críticos identificados.

Punto	CÓDIGO DEL REGISTRO	COORDENADAS		VOLUMEN m ³
		ESTE	NORTE	
P1	EFC-ILO-0001	249065	8065264	21 703,54
P2	EFC-ILO-0002	249036	8065199	13 841,52
P3	EFC-ILO-0003	248960	8065163	20 636,63
P4	EFC-ILO-0004	249057	8064869	378 116,97
P5	EFC-ILO-0005	249130	8064373	379 483,21
P6	CIU-ILO-0005	251690	8047726	270,00
Volumen total				814 051,87

La ec. [1] fue usada para cálculos del volumen de EFC.

Nota: Elaboración propia, en base a (PI 2013, 2013) y datos de la Tabla 21

4.1.3. Resultado de la evaluación del valor del paisaje.

El método utilizado para la evaluación del valor del paisaje fue el método directo de subjetividad representativa (Muñoz-Pedrerros, 2004), donde se realizó con un grupo de cinco personas cuya opinión global se valora en base a listas de adjetivos, que tienen una expresión numérica que facilita su procesamiento e interpretación. La secuencia de fases del método mencionado, se muestra en las Tablas 7: *Lista de adjetivos jerarquizados y su correlación con la escala universal de valores*, y Tablas 23 y 24 que a continuación se especifica y para lo cual se utilizan las fotos de las fichas (Anexo: *Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros*), cuyos **Puntos** y **Código de Registro** son los siguientes: **P1**: EFC-ILO-0001, **P2**: EFC-ILO-0002, **P3**: EFC-ILO-0003, **P4**: EFC-ILO-0004, **P5**: EFC-ILO-0005.

Tabla 23

Resultado de la valoración visual del paisaje visual de las EFC depositados en ILO.

VALOR	EFC depositados en Ilo				
	EFC-ILO-0001	EFC-ILO-0002	EFC-ILO-0003	EFC-ILO-0004	EFC-ILO-0005
Numérico	0,45	0,50	1,02	0,82	0,65
Nominal	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Categoría	Feo	Feo	Feo	Feo	Feo
Adjetivo	Horrible	Desagradable	Feo	Pésimo	Desagradable

Nota: Elaboración propia

El valor NUMÉRICO del paisaje visual de las EFC depositados en Ilo en promedio es de **0,69** (Tabla 24), de acuerdo a este resultado su **Valor nominal** es Bajo su **Categoría** es Feo y su **Adjetivo** es Desagradable.

Tabla 24*Evaluación del valor del paisaje visual de las EFC depositados en la ciudad de ILO.*

Valor nominal	Categoría	Adjetivos	Valor Numérico	EFC-ILO-0001	EFC-ILO-0002	EFC-ILO-0003	EFC-ILO-0004	EFC-ILO-0005						TOT	PROM
BAJO	0-1	Insoporable	0,00	1	1	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Horrible	0,25	1	1	1	2	0	0,25	0,25	0,25	0,50	0,00	1,25	0,05
		Desagradable	0,50	2	1	1	0	3	1,00	0,50	0,50	0,00	1,50	3,50	0,14
		Pésimo	0,75	0	1	0	0	1	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	1,50	0,06
		Feo	1,00	1	1	0	1	1	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	4,00	0,16
	1,1-2	Triste	1,10	0	0	1	1	0	0,00	0,00	1,10	1,10	0,00	2,20	0,09
		Pobre	1,25	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Frío	1,50	0	0	1	1	0	0,00	0,00	1,50	1,50	0,00	3,00	0,12
		Monótono	1,75	0	0	1	0	0	0,00	0,00	1,75	0,00	0,00	1,75	0,07
		Sin interés	2,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIO	2,1-4	Común	2,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sencillo	2,50	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Pasable	3,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Regular	3,50	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4,1-8	Aceptable	4,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Interesante	4,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Grato	5,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Conservado	7,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Singular	8,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Valor nominal	Categoría	Adjetivos	Valor Numérico	EFC-ILO-0001	EFC-ILO-0002	EFC-ILO-0003	EFC-ILO-0004	EFC-ILO-0005						TOT	PROM
		Variado	8,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Estimulante	10,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fantástico	Bonito	12,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	8,1-16	Hermoso	14,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTO		Precioso	16,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Estupendo	16,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Soberbio	20,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Espectacular	Maravilloso	24,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	16,1-32	Fantástico	28,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Espectacular	32,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALES				5	5	5	5	5	2,25	2,50	5,10	4,10	3,25	17,20	0,69
PROMEDIOS				0,45	0,50	1,02	0,82	0,65							0,69

Nota: Elaboración propia, en base a (Muñoz-Pedrerros, 2004)

4.1.4. Evaluación de áreas degradadas identificadas

Se realizaron visitas de identificación y evaluación de pasivos ambientales, reconocimiento y relevamiento del área de estudio. Posteriormente se realizó, en gabinete, una evaluación de la información obtenida durante dichas visitas y de cada variable que integra la Línea Base Ambiental (Dp Word, 2010). Estas dos fases permitieron un mejor análisis cualitativo de estos pasivos. Los pasivos ambientales en el área del Proyecto se describen en los cuadros en el Anexo: *Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros* de la presente tesis, considerando cada una de las variables ambientales involucradas, y calificadas de acuerdo al tipo de importancia que presentan, pudiendo clasificarse en irrelevantes, moderados, severos y críticos (Tabla 25 y Figura 21), a fin de proponer su solución respectiva de acuerdo a la Tabla 8: *Valoración de impactos negativos de áreas degradadas identificadas*.

Tabla 25

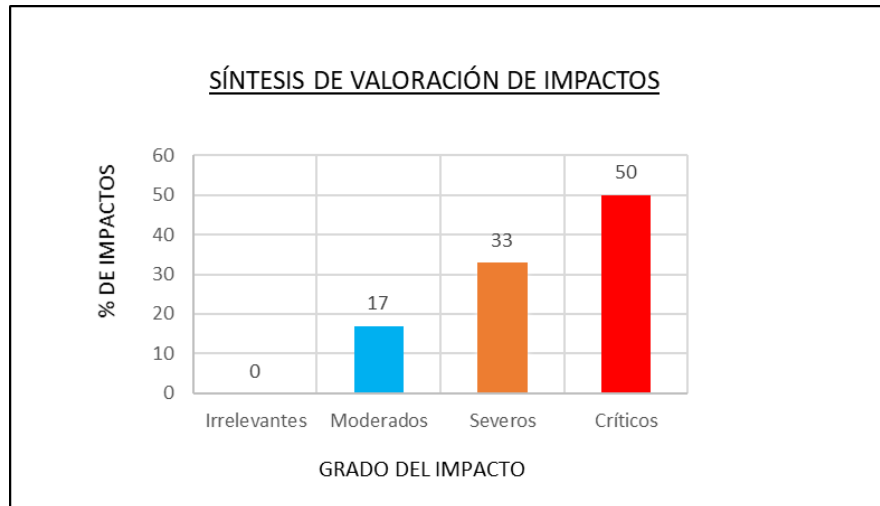
Evaluación de áreas degradadas identificadas

Punto	CÓDIGO DEL REGISTRO	COORDENADAS		Índice de Importancia IM	Clasificación
		ESTE	NORTE		
P1	EFC-ILO-0001	249065	8065264	-80	Crítico
P2	EFC-ILO-0002	249036	8065199	-68	Severo
P3	EFC-ILO-0003	248960	8065163	-68	Severo
P4	EFC-ILO-0004	249057	8064869	-92	Crítico
P5	EFC-ILO-0005	249130	8064373	-92	Crítico
P6	CIU-ILO-0006	251690	8047726	-46	Moderado

Nota: Elaboración propia, en base a (Dp Word, 2010) y datos de campo del Anexo: *Ficha de identificación de Pasivos Ambientales Mineros*

Figura 21

Síntesis de evaluación de áreas degradadas identificadas



Nota: Elaboración propia

4.1.5. Identificación de fuentes de impactos ambientales y evaluación de los pasivos

La acción se define como la parte operante que interviene en la relación de causa-efecto que da origen a un impacto ambiental (Tabla 26). Estas causas pueden establecerse en todas las fases del desarrollo del proyecto y en todas las partes y elementos que lo componen.

Tabla 26

Identificación de fuentes de impactos ambientales.

ACTIVIDAD RELEVANTE
Disposición inadecuada de los residuos de fundición de cobre de ILO.

Nota: Elaboración propia

4.1.5.1. Matriz de evaluación de los pasivos ambientales de la fundición de cobre de Ilo

En la Tabla 27 se presenta el consolidado de la evaluación de los impactos negativos de los pasivos ambientales de la Fundición de cobre de la ciudad de ILO, de

acuerdo con la metodología de Gómez Orea (1999) con datos de la Tabla 9: Componentes, elementos y factores ambientales y el Anexo: Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros.

Tabla 27

Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de los pasivos ambientales de la fundición de ILO

Pasivos ambientales de la fundición de ILO														
Componente ambiental	Elemento ambiental	Etapa	Abandono de los pasivos										IM	Clasificación
		Criterios Factor ambiental	NA	MG	EX	DR	RV	RC	PE	TD	TI	PO		
Atmosférico	Aire	Emisión dematerial particulado	(-)	4	2	4	4	8	1	1	1	2	-37	Moderado
		Emisión de gases de combustión y metalúrgicos	(-)	2	2	1	1	8	1	1	1	1	-24	Irrelevante
		Generación de ruido	(-)	2	2	1	1	8	1	1	1	1	-24	Irrelevante
Físico	Suelo	Afectación por la remoción de la capa orgánica, compactación del suelo	(-)	8	4	12	12	8	12	2	1	2	-81	Crítico
		Procesos erosivos	(-)	8	4	12	8	8	12	2	2	4	-80	Crítico
		Cambio dedrenaje superficial	(-)	8	8	4	8	8	8	1	1	2	-72	Severo
		Movimiento en masa, destrucción de playas	(-)	8	8	12	8	8	4	2	1	2	-77	Crítico
		Afectación por la generación de residuos	(-)	8	8	1	12	8	12	2	2	4	-81	Crítico
	Agua	Variación de la dinámica fluvial	(-)	4	4	4	4	8	12	1	1	4	-54	Severo
		Características fisicoquímicas, la pérdida de calidad de agua	(-)	8	4	12	8	8	12	2	2	4	-80	Crítico
		Paisaje	Variación de las geoformas iniciales	(-)	8	8	12	12	8	4	2	2	1	-81
	Cambio en la percepción paisajística por la presencia de elementos extraños, la contaminación ambiental		(-)	8	8	12	12	8	12	2	2	1	-89	Crítico
	Biótico	Flora	Presencia de especies invasoras exóticas	(-)	2	1	1	1	8	1	1	1	1	-22
Disminución o muerte de individuos, daño y pérdida de biodiversidad			(-)	4	4	8	8	8	4	1	2	2	-53	Severo
Remoción de la cobertura vegetal, la pérdida de la capa de vegetación			(-)	8	8	8	12	8	4	2	2	4	-80	Crítico
Fauna		Migración de especies o de animales	(-)	4	4	8	8	8	4	1	1	4	-54	Severo
		Disminución o muerte de individuos	(-)	4	4	4	4	8	1	1	2	4	-44	Moderado

Pasivos ambientales de la fundición de ILO														
Componente ambiental	Elemento ambiental	Etapa	Cierre y abandono de los pasivos										IM	Clasificación
		Criterios	NA	MG	EX	DR	RV	RC	PE	TD	TI	PO		
		Factor ambiental												
Socio-económica	Económico	Creación de empleos	(-)	4	1	8	8	8	1	1	1	1	-42	Moderado
		Incremento del ingreso familiar	(-)	4	1	12	4	8	4	1	2	2	-47	Moderado
	Social	Calidad de vida, la percepción de vivir en ambientes contaminados	(-)	8	8	8	4	8	1	1	2	2	-66	Severo
		Vías públicas, urbana ferroviaria	(-)	4	1	1	1	8	1	1	2	2	-30	Moderado
		Creación de expectativas	(-)	2	1	4	4	8	1	1	2	2	-30	Moderado
IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+T1)														

Donde Fj=Factor ambiental, Ci= Criterios, IMij= Importancia del Impacto

Nota: Elaboración en base a Gómez (1999), la Tabla 9 y el Anexo: Ficha de identificación de pasivos ambientales mineros

En la Tabla 28 y Figura 22, se presenta la síntesis de evaluación de los pasivos ambientales de la Fundición de cobre de la ciudad de ILO.

Tabla 28

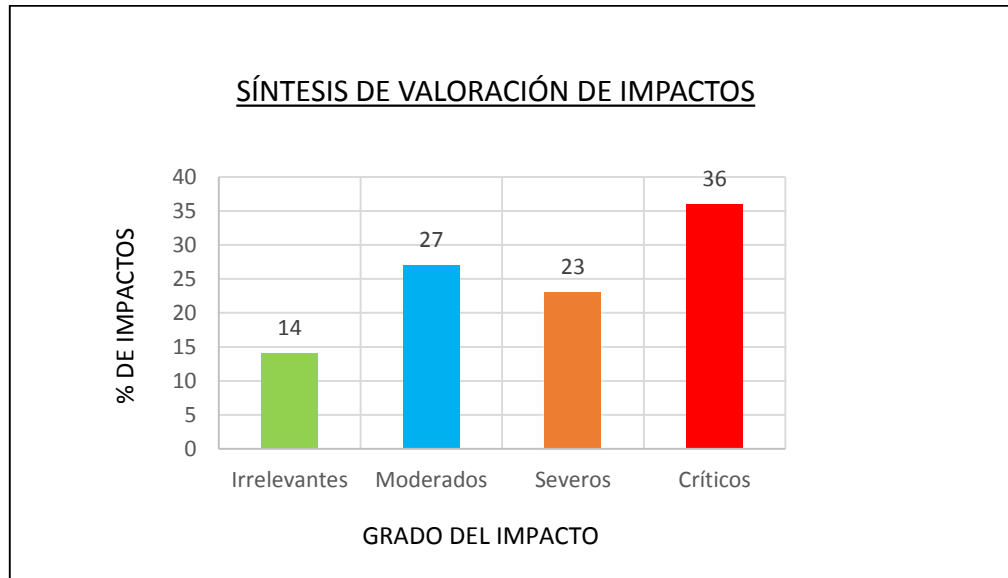
Valoración para la calificación de impactos negativos

Valor de impacto ambiental <-25 y >-75	Grado de importancia del impacto	Nº de impactos	% de impactos
IM < - 25	Impactos irrelevantes	3	14 %
-25 ≥ IM < -50	Impactos moderados	6	27 %
-50 ≥ IM < -75	Impactos severos	5	23 %
-75 ≥ IM	Impactos críticos	8	36 %
TOTAL		22	100 %

Nota: Elaboración propia en base a Gómez (1999)

Figura 22

Síntesis de evaluación de los pasivos ambientales de la Fundación de ILO



Nota: Elaboración propia

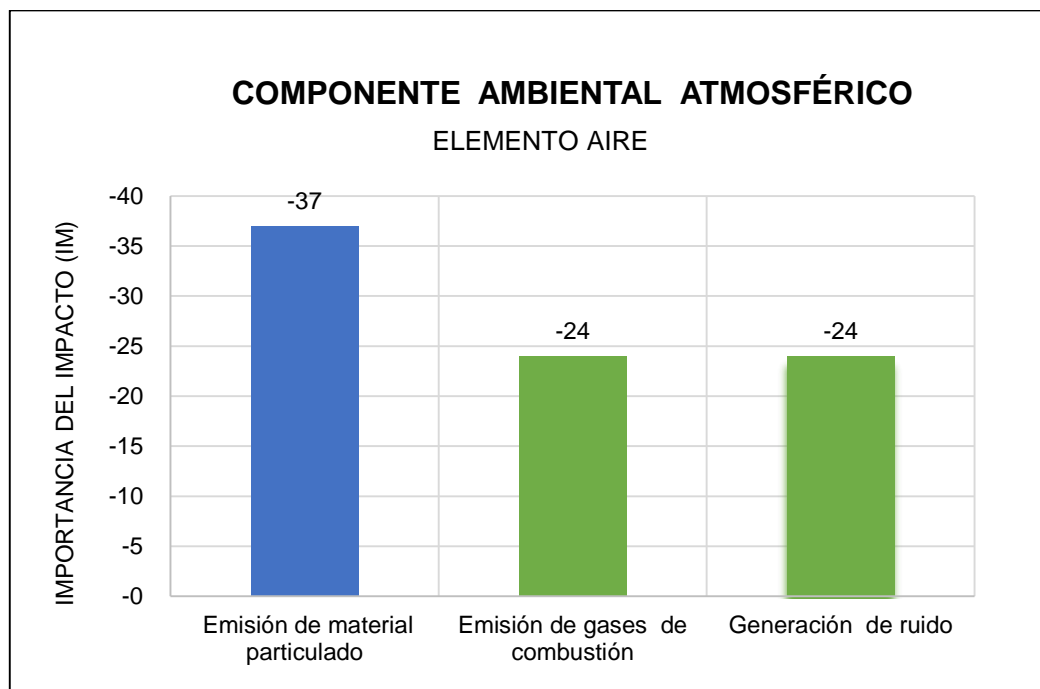
4.1.5.2. Análisis de la matriz de evaluación de los impactos de los pasivos ambientales de EFC

Componente Atmosférico

La figura 23 muestra que el mayor valor de IM fue -37. Esto indica que la importancia del pasivo ambiental del aire es *moderada* por sus implicaciones en el cambio climático del medio ambiental; su afectación no requiere de prácticas correctivas, ya que puede ser mitigada. Además, este componente está poco impactado ya que actualmente el pasivo ambiental en estudio está abandonado.

Figura 23

Importancia del pasivo ambiental del elemento aire en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



Nota: Elaboración propia

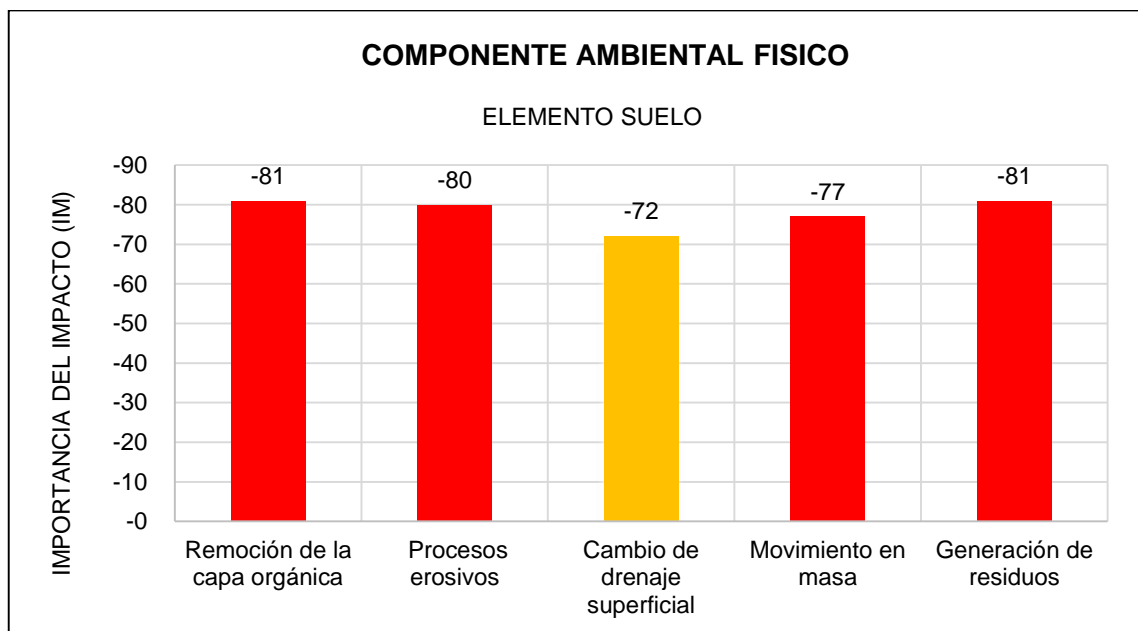
El componente ambiental Físico

El elemento Suelo

En la Figura 24 se observa que los valores obtenidos indican que el elemento Suelo muestra valores de IM superiores a -72, lo que representa que los impactos mostrados son de importancia *severa* por el cambio de drenaje superficial, la afectación de este, requiere la recuperación de las condiciones del medio ambiente con medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación requerido es durante un período prolongado. Y es de IM *crítica* por la Remoción de la capa orgánica, Procesos erosivos, Movimiento en masa y Generación de residuos. Su afectación se encuentra por encima del límite aceptable. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Figura 24

Importancia del pasivo ambiental del elemento Suelo en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



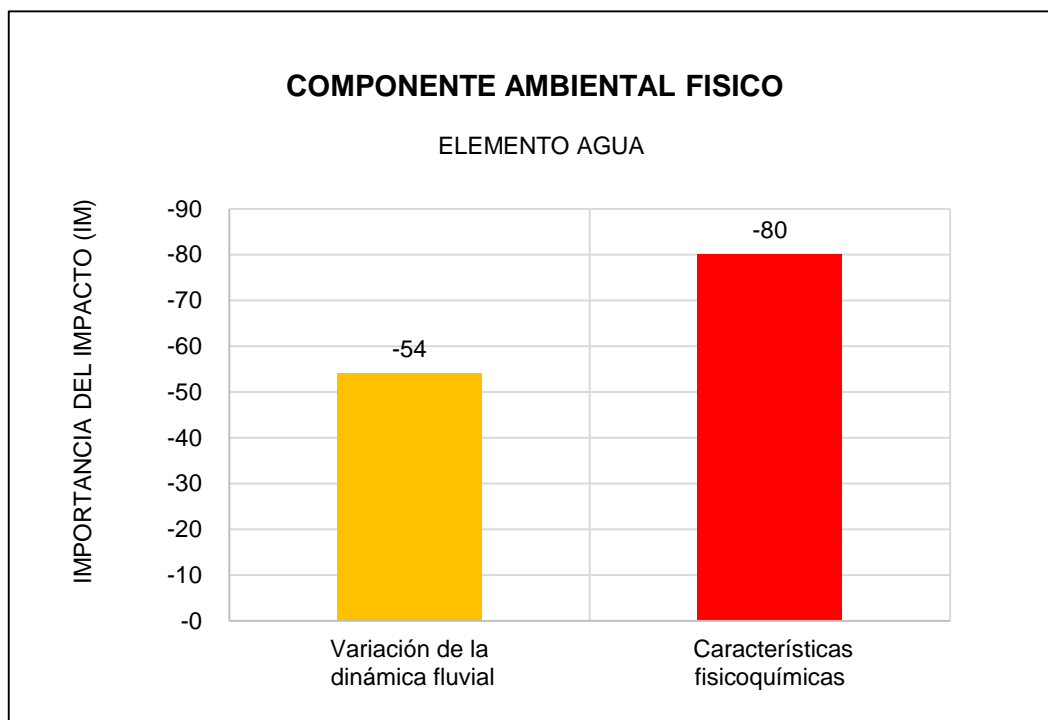
Nota: Elaboración propia

Elemento Agua

Con respecto al elemento Agua, se encontró que el pasivo ambiental investigado ayuda en gran medida a la contaminación del agua, que por su parte llega a la carretera costanera y a la playa marina en época de lluvias, por escurrimiento superficial y agua filtrada. Por consiguiente, afecta sus propiedades físico-químicas, ocasionando cambios en el olor, sabor y color. Los resultados de la evaluación muestran valores de la importancia del pasivo de grado *crítico*. Por lo tanto, su afectación es superior al límite aceptable. Hay una pérdida permanente de calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna, para mitigar se deben realizar jornadas de limpieza y recuperación de la playa marina para prevenir la toxicidad humana (ver Figura 25).

Figura 25

Importancia del pasivo ambiental del elemento Agua en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



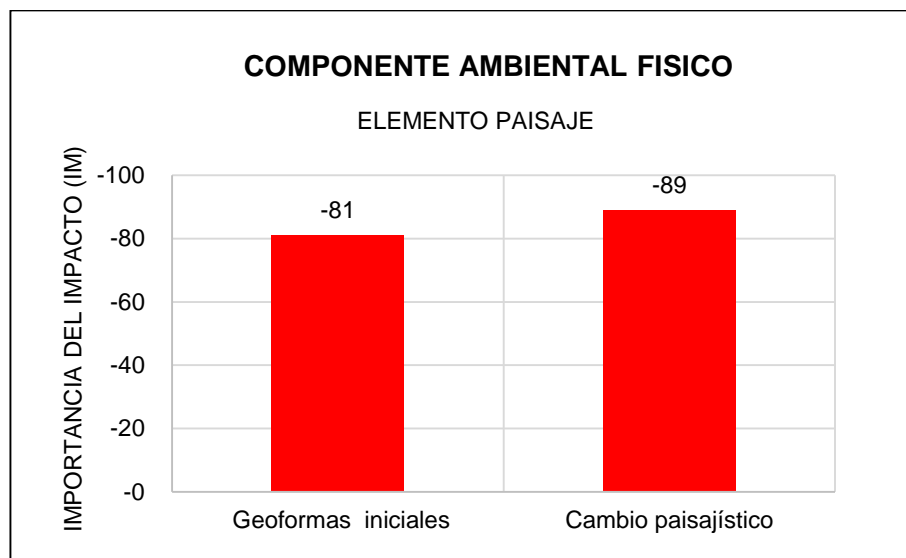
Nota: Elaboración propia

Elemento paisaje

Este elemento es el más afectado por el abandono de los pasivos ambientales de la Fundición ILO, debido a que el terreno ocupado ha perdido su Geoforma inicial, por lo que el impacto visual es de suma importancia, esto debido al cambio en la percepción paisajística por la presencia de elementos extraños, la contaminación ambiental. En consecuencia, el resultado del estudio muestra que su importancia es *crítica* (figura 26). Por lo tanto, su afectación es superior al límite aceptable. Hay una pérdida permanente de calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Figura 26

Importancia del pasivo ambiental del elemento paisaje en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



Nota: Elaboración propia.

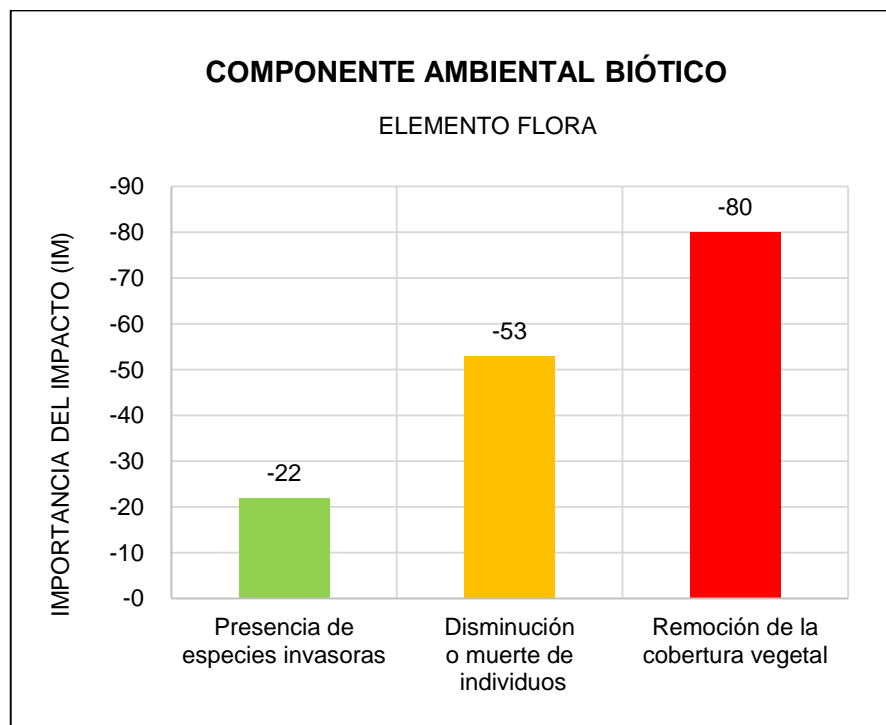
Componente ambiental Biótico

Elemento Flora

Los resultados representados en la Figura 27, concluyen que el elemento Remoción de la cobertura vegetal o la pérdida de la capa de vegetación tiene valor de IM mayor a -80, lo que significa que el impacto presentado es de importancia *crítica*. Por lo tanto, su afectación es superior al límite aceptable. Hay una pérdida permanente de calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Figura 27

Importancia del pasivo ambiental del elemento Flora en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



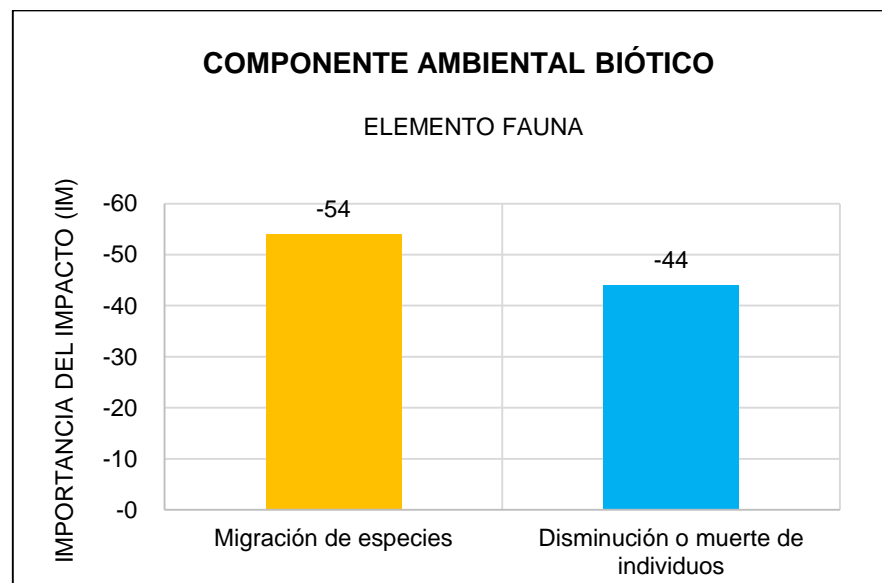
Nota: Elaboración propia

Elemento Fauna

La fauna que alguna vez vivieron en estas áreas del pasivo minero fue migrando, debido a la contaminación, al crecimiento industrial y la actividad minera que se desarrollaba en el lugar. Sin embargo, se encontraron algunas aves marinas y crustáceos en las áreas de estudio. Este elemento tiene una importancia *severa* en la Migración de Especies, con un valor de -54 (Figura 28). En conclusión, la afectación de este, requiere la recuperación de las condiciones del medio ambiente con medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación requerido es durante un período prolongado.

Figura 28

Importancia del pasivo ambiental del elemento Fauna en los Pasivos ambientales de la Fundición de ILO



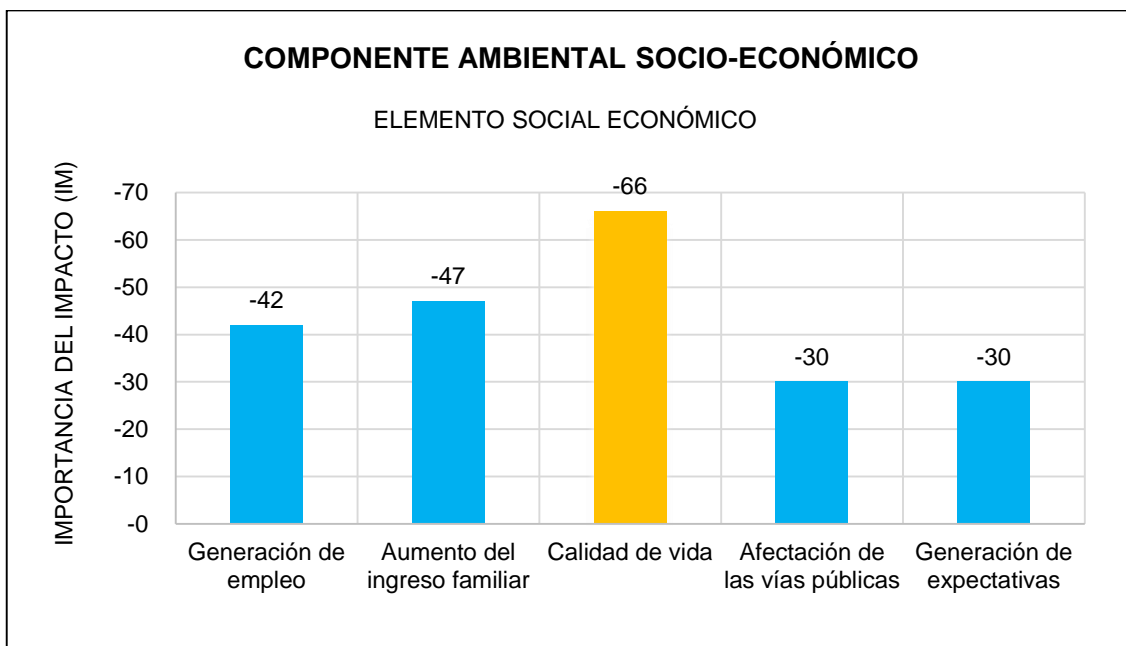
Nota: Elaboración propia

Componente ambiental Socioeconómico

Los resultados del estudio muestran que la calidad de vida de las urbanizaciones del área de influencia se vio afectada por un IM pasivo de -66 (Figura 29), lo que indica que es *severo*, por el riesgo que genera el abandono del pasivo ambiental, ya que en estos lugares de los pasivos no hay actividades pesqueras, ni playas turísticas e impactan en el cambio climático y la salud humana. El cambio climático es una importante amenaza emergente para la salud pública y está cambiando la forma en que se debe pensar sobre la protección de las poblaciones vulnerables. Es decir, en la producción de cobre, se debe tener en cuenta, en mayor grado, el impacto ambiental Socioeconómico.

Figura 29

Importancia del pasivo ambiental del elemento Socioeconómico en los Pasivos ambientales de la Fundación de ILO



Nota: Elaboración propia

4.2. Ensayo de laboratorio para elaboración de adoquines de concreto para pavimentos con agregados EFC

Los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los agregados provenientes de EFC, se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Rocas y Concreto de la UNJBG (Figura 11).

4.2.1. Índice de resistencia a la carga puntual $I_s(50)$, agregado grueso 100 % EFC

Tabla 29

Índice de resistencia a la carga puntual $I_s(50)$: Muestra de agregado grueso 100 % EFC

Nº	Diámetro de la muestra cm	Longitud de la muestra cm	Ancho de la muestra cm	Fuerza aplicada kg	I_s kg/cm ²	$I_s(50)$ kg/cm ²	$I_s(50)$ N/mm ²
1	1,51	1,52	2,22	1 230	539,45	314,74	30,87
2	1,52	1,75	2,28	1 320	571,33	334,33	32,79
3	1,65	1,65	2,20	670	246,10	149,43	14,66
4	1,95	2,00	2,33	980	257,73	168,71	16,55
5	1,94	2,10	2,03	780	207,25	135,35	13,28
6	1,90	1,91	3,24	1 440	207,25	135,35	13,28
7	1,80	1,81	2,90	1 130	398,89	258,08	25,31
8	2,30	2,33	2,31	1 420	348,77	220,23	21,60
PROMEDIO					347,09	214,53	21,04



1 N/mm² = 1 Megapascal [MPa]

Nota: Elaboración propia

El principal papel de la resistencia a la Carga puntual es la clasificación de rocas y la caracterización por resistencia, en promedio la resistencia a la compresión uniaxial es entre 20 y 25 veces la resistencia a la carga puntual. En la Tabla 29 se obtiene para la EFC un $I_s(50) = 21,04$ Mpa (N/mm²) y con la ecuación [5] obtenemos: $\sigma_c = C \times I_s(50) = (17,5)(21,04) = 374,5$ Mpa, para la muestra de agregado grueso EFC 100 %.

4.2.2. Abrasión los ángeles de agregados gruesos 100 % EFC

Tabla 30

Abrasión los ángeles de agregados gruesos 100 % EFC

GRADACIÓN "C"						
PASA	MALLA RETENIDO	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.
1"	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/4"	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/2"	3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/8"	1/4"	2 500,20	50,00	50,00	50,00	
1/4"	Nº 4	2 500,00	50,00	100,00	0,00	
TOTAL		5 000,20	100,00			854,50
% DE DESGASTE						17,09



Abrasión de agregados gruesos EC 100 %.

Nota: Elaboración propia

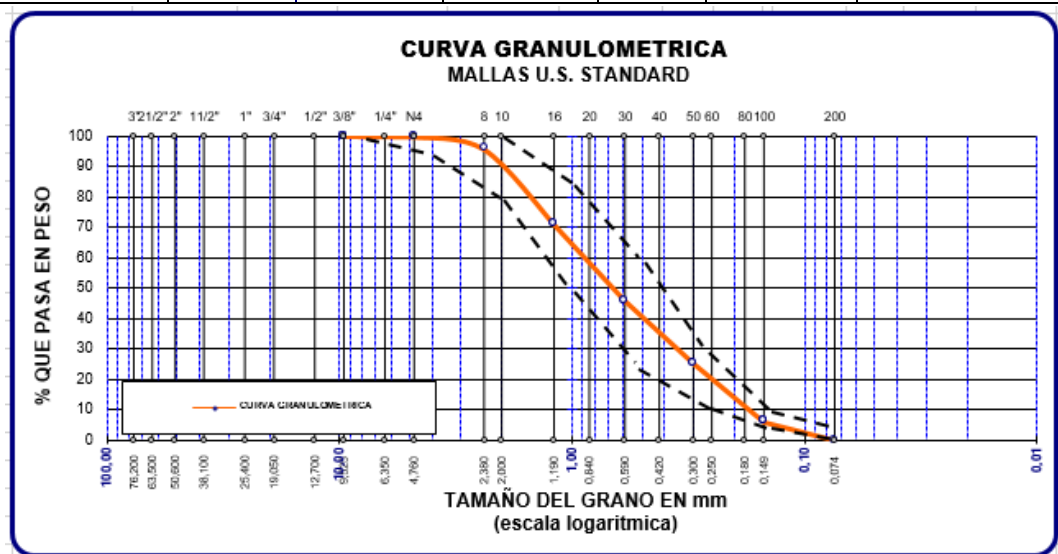
En la presente investigación en lo referente al % de Abrasión de agregado grueso 100 % EFC, se obtuvo 17,09 % (Tabla 30), mediante la ecuación [6].

4.2.3. Análisis granulométrico del agregado fino natural

Tabla 31

Análisis granulométrico del agregado fino natural ASTM C – 136

TESIS		APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021						
ELABORADO POR		ING. ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI						
UBICACIÓN		CIUDAD UNIVERSITARIA AV. MIRAFLORES CON AV. CUZCO S/N - UNJBG						
MUESTRA		AGREGADO FINO PARA CONCRETO PROCEDENTE DE LA CANTERA VIÑANI						
FECHA		23-03-2022						
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. ASTM C 33		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Muestra: Agregado fino cantera Viñani Peso específico 2 606,00 kg/m ³ . Peso unitario suelto 1 456,99 kg/m ³ Peso unitario compactado 1 730,83 kg/m ³ Porcentaje de absorción: 1,63 % Contenido de humedad 1,00 % Peso de la muestra 1 388,50 g. Modulo de fineza 2,60 Observaciones Textura lisa
1 1/2"								
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700							
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00	100		
1/4"	6,350							
No4	4,760	2,10	0,15	0,15	99,85	95	100	
No8	2,380	57,40	4,13	4,29	95,71	80	100	
No10	2,000							
No16	1,190	343,60	24,75	29,03	70,97	50	85	
No20	0,840							
No30	0,590	348,40	25,09	54,12	45,88	25	60	
No40	0,420							
No 50	0,300	285,00	20,53	74,65	25,35	10	30	
No60	0,250							
No80	0,180							
No100	0,149	268,80	19,36	94,01	5,99	2	10	
No200	0,074	83,20	5,99	100,00	0,00	0	5	
TOTAL		1 388,50						



Nota: Elaboración propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM C – 136

Figura 30

Análisis de granulometría del agregado fino natural



Nota: Elaboración propia

Con los datos de la Tabla 31 y Figura 30 se obtiene la gráfica de las curvas granulométricas del agregado fino y sus requisitos que debe cumplir para saber si cae dentro de ellos ESPECIFICACIÓN ASTM C 33 (Tabla 15). En el cual se puede observar que el agregado fino cumple con el requisito, por lo tanto, se puede afirmar que es un agregado fino bien graduado, y por lo tanto también será bueno para realizar diseño de mezcla para adoquines de concreto.

4.2.4. Peso específico y Absorción del agregado fino

Tabla 32

Peso específico y Absorción del agregado fino

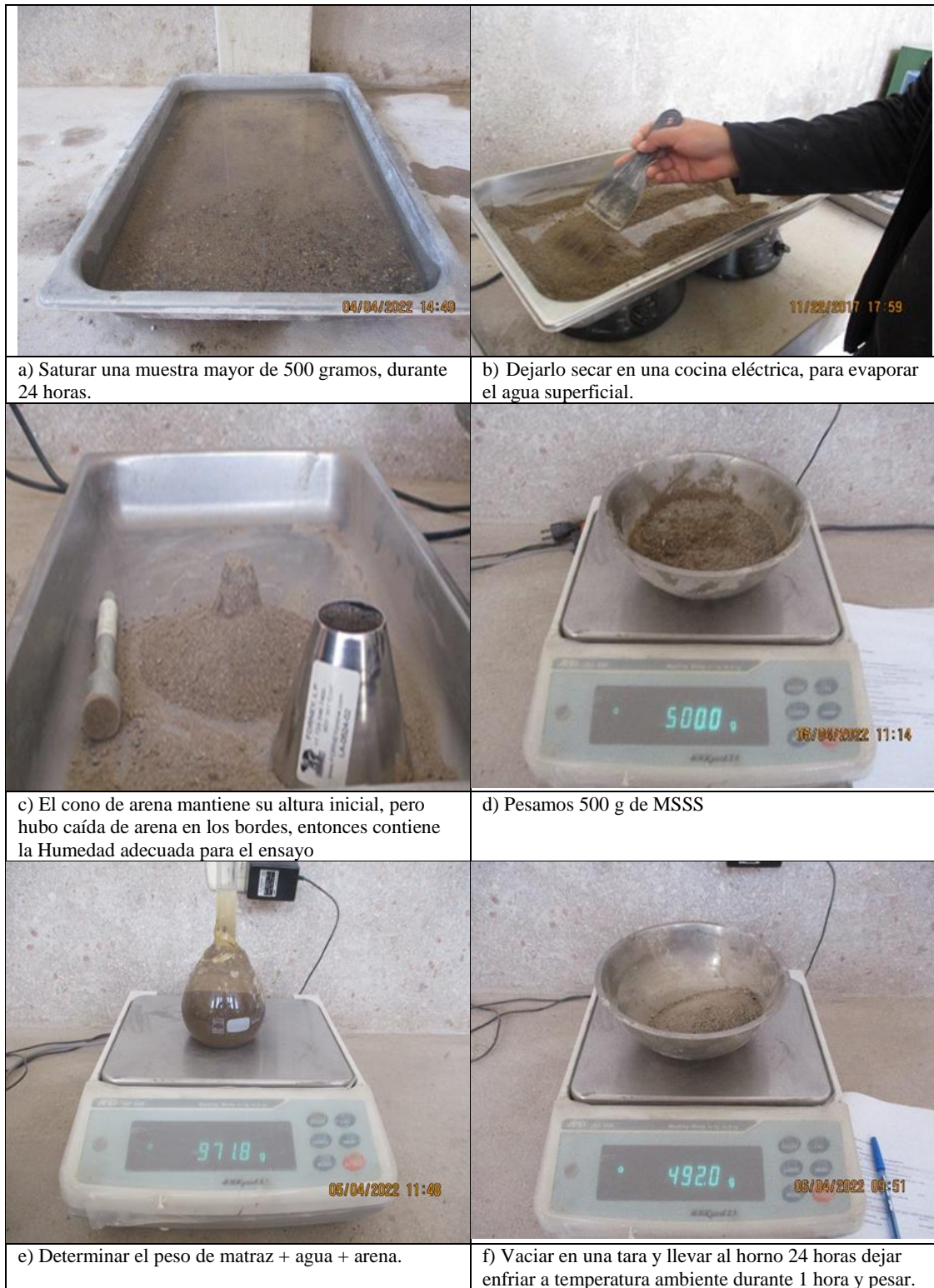
ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO				
I DATOS				
	DESCRIPCIÓN			PESO (g)
1	PESO SECO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA			500,00
2	PESO DE LA ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO MATRAZ + PESO AGUA+PESO TAPITA			971,80
3	PESO DEL MATRAZ			163,70
4	PESO DEL AGUA (W)		2-(1+3)	308,10
5	PESO SECO DE LA ARENA SECA AL HORNO (A)			492,00
6	VOLUMEN DEL MATRAZ (V), en cm ³			500,00
II RESULTADOS				
1	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO P.E.M.S.S.S.=500/(V-W)	500/(6-4)	(kg/m ³)	2 606,00
2	ABSORCIÓN (500-A) *100/A	(500-5)*100/5	(%)	1,63

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 32 se obtiene el Peso específico del A.F. es de 2 606,00 kg/m³ y la Absorción del agregado fino es de 1,63 %. En la Figura 31 se describe el procedimiento para obtener el Peso específico y Porcentaje de Absorción agregado fino (Figura 13 y Figura 31).

Figura 31

Peso específico y porcentaje de Absorción agregado fino



Nota: Elaboración propia

4.2.5. Peso unitario suelto y compactado de agregado fino

Tabla 33

Peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO		PESOS
I DATOS		(g)
1	PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA	6 829,2
2	PESO DE LA VASIJA	4 424,3
3	PESO DE LA MUESTRA SUELTA	2 404,9
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	1 650,6
II RESULTADOS		kg/m ³
5	PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	1 456,99



a). Peso de la muestra suelta + vasija



b). Peso de la vasija

Nota: Elaboración propia

La Tabla 33 presenta el Peso unitario suelto (P.U.S.) del agregado fino de 1 456,99 kg/m³ obtenido en laboratorio y calculado mediante la ecuación [9].

Para el Peso unitario compactado (P.U.C.), del agregado fino (Tabla 34) debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta enrasar. Cada una de las capas de agregado se apisona con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente en cada capa (NTP 400.017). El cálculo es similar al del P.U.S.

Tabla 34

Peso unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO	
I DATOS	PESOS (g)
1 PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA	7 281,20
2 PESO DE LA VASIJA	4 424,30
3 PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	2 856,90
4 VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	1 650,06
II RESULTADOS	kg/m ³
1 PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	1 730,83



a) peso de la muestra compactada + vasija



b) peso de la vasija

Nota: Elaboración propia

La Tabla 34 presenta el Peso unitario compactado del agregado fino de 1 730,83 kg/m³ obtenido en laboratorio, se calculó con la ecuación [9].

4.2.6. Humedad de agregado fino

Tabla 35

Contenido de humedad total del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO FINO		
I DATOS		
DESCRIPCIÓN		PESOS (g)
1	PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	2 000,00
2	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	1 980,20
3	CONTENIDO DE AGUA (g)	19,80
II RESULTADOS		
1	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1,00



a) peso de la muestra húmeda



b) Muestra secada al horno



c) Peso de la muestra secada al horno

Nota: Elaboración propia

La Tabla 35 presenta el Contenido de Humedad de 1,00 % del agregado fino obtenido en laboratorio, se calculó con la ecuación [10].

4.2.7. Análisis granulométrico agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

Con los datos de la Tabla 36 se obtiene la gráfica de las curvas granulométricas del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC y sus requisitos se cumplen ya que caen dentro de la ESPECIFICACIÓN ASTM N° 8 (Tabla 16). En el cual se puede observar que nuestro agregado grueso 50 % EFC cumple con el requisito, por lo tanto, se puede afirmar que es un agregado grueso bien graduado, y por lo tanto también será bueno para realizar diseño de mezcla para adoquines de concreto para pavimentos.

Tabla 36

Granulometría del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC ASTM C – 136.

TESIS		APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021					
ELABORADO POR		ING. ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI					
UBICACIÓN		CIUDAD UNIVERSITARIA AV. MIRAFLORES CON AV. CUZCO S/N - UNJBG					
MUESTRA		ESCORIA DE COBRE DE PASIVOS DE LA FUNDICIÓN DE COBRE ILO Y A.G. DEL D.C.G.A.L. DE TACNA					
FECHA		23-03-2022					

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENID	% RETENID PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA	ESPECIFIC. ASTM N° 8		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200							Muestra: agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC Pasivo ambiental: Ilo y D.C.G.A.L. Tacna. Peso específico SSS. 2 565,00 kg/m ³ . Porcentaje de absorción 1,69 % Peso unitario suelto 1 725,68 kg/m ³ Peso unitario compactado 1 895,13 kg/m ³ Contenido de humedad 0,20 % Peso de la muestra: 1 245,40 g Tamaño máximo 1/2" Tamaño máximo nominal 3/8" Observaciones Irregular con bordes agudos y redondeados, textura lisa.
2 1/2"	63,500							
2"	50,600							
1 1/2"	38,100							
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00	100		
3/8"	9,525	127,30	10,22	10,22	89,78	85	100	
1/4"	6,350							
No4	4,760	854,70	68,63	78,85	21,15	10	30	
No8	2,380	227,80	18,29	97,14	2,86	0	10	
No10	2,000							
No16	1,190	35,60	2,86	100,00	0,00	0	5	
No20	0,840							
No30	0,590							
No40	0,420							
No 50	0,300							
No60	0,250							
No80	0,180							
No100	0,149							
No200	0,074							
TOTAL		1 245,40						

CURVA GRANULOMETRICA
MALLAS U.S. STANDARD

TAMANO DEL GRANO EN mm
(escala logarítmica)

Nota: Elaboración propia

4.2.8. Peso específico y Absorción del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

Tabla 37

Peso específico y Absorción del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

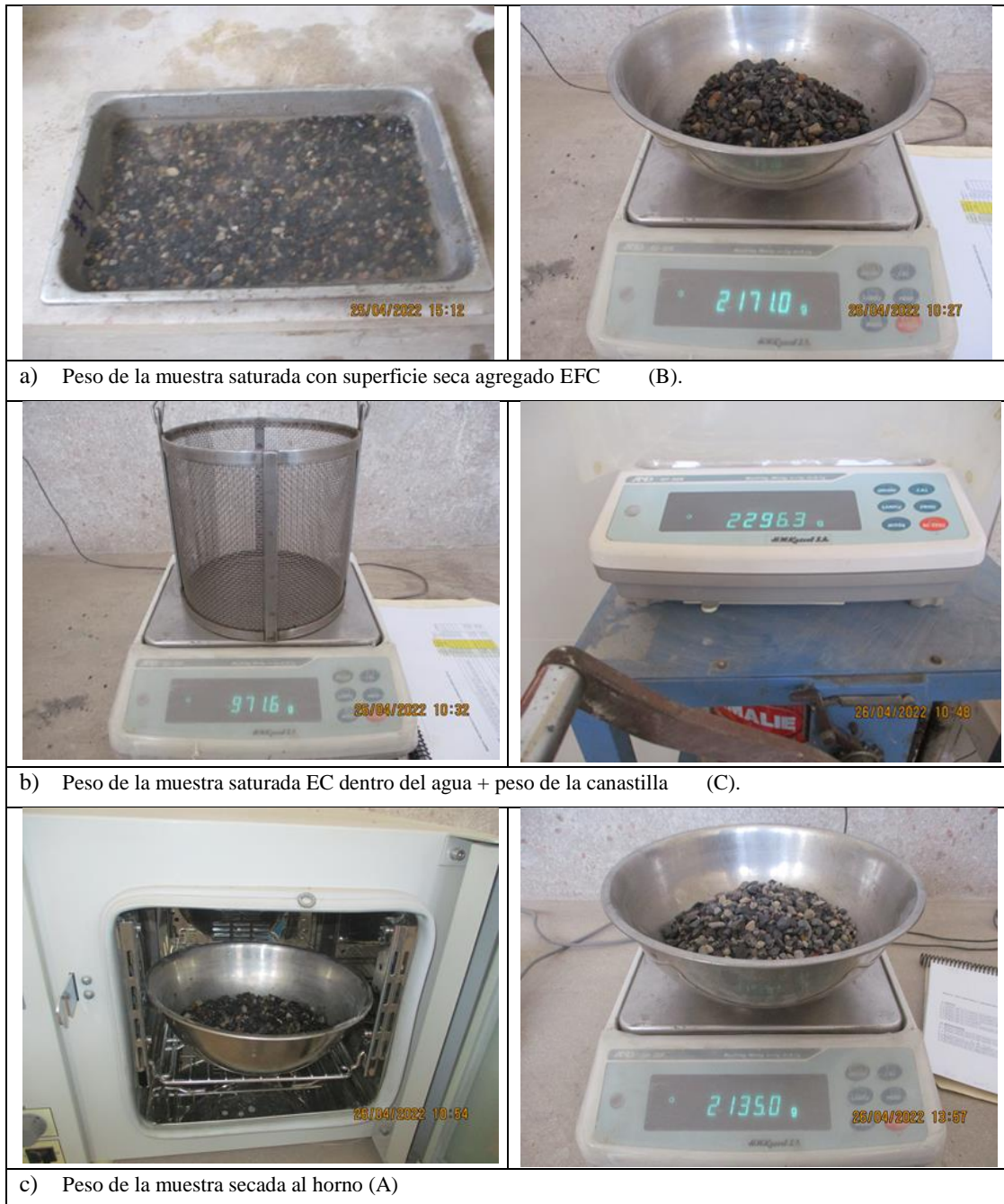
P.E. Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO 50 % NATURAL Y 50 % EFC		
I DATOS		
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 50 % EFC		50 %
	DESCRIPCIÓN	PESOS (g)
1	Peso de la muestra seca al horno (A)	2 135,00
2	Peso de la muestra S.S.S. (B)	2 171,00
3	Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2 296,30
4	Peso de la canastilla	971,60
5	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C) (3-4)	1 324,70
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [PEMSSS = $B/(B - C)$] (kg/m ³)	2 565,00
2	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN $(B - A) / A * 100$ (%)	1,69

Nota: Elaboración propia

Se analizó el agregado grueso 50 % (confitillo), agregado grueso de los Pasivos de la fundición de cobre de Ilo 50 %. El Peso específico del A.G. es de 2 565,00 kg/m³ el cual indica que son agregados con buena densidad, la Absorción es de 1,69 % que es aceptable (Tabla 37 y Figura 32), calculados con las Ecuaciones [7] y [8].

Figura 32

Peso específico y Porcentaje de absorción agregado grueso escoria de cobre 50 % y A.G. natural 50 %.



Nota: Elaboración propia

4.2.9. Peso unitario suelto y compactado de agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

Para los Pesos unitario suelto (Tabla 38) y compactado (Tabla 39) del agregado grueso, estas pruebas se realizan en forma similar a las correspondientes en agregados finos, se usa la ecuación [9].

Tabla 38

Peso unitario suelto (P.U.S.) del agregado 50 % natural y 50 % EFC

PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.) AGREGADO GRUESO 50 % NATURAL Y 50 % EFC	
I DATOS	
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 50 % EFC	50 %
DESCRIPCIÓN	PESOS (g)
1 PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA	7 452,10
2 PESO DE LA VASIJA	4 664,80
3 PESO DE LA MUESTRA SUELTA	2 787,30
4 VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	1 615,19
II RESULTADOS	
1 PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	kg/m ³
	1 725,68



a) peso de la muestra suelta + vasija



b) peso de la vasija

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 38 se observa el Peso unitario suelto (P.U.S.) del agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC es 1 725,68 kg/m³ obtenido en laboratorio.

Tabla 39

Peso unitario compactado (P.U.C.), agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.), AGREGADO GRUESO 50 % NATURAL Y 50 % EFC		
I DATOS		
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 50 % EFC		50 %
DESCRIPCIÓN		PESOS (g)
1	PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA	7 725,80
2	PESO DE LA VASIJA	4 664,80
3	PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3 061,00
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	1 615,19
II RESULTADOS		kg/m ³
1	PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	1 895,13



a) peso de la muestra suelta + vasija



b) peso de la vasija

Nota: Elaboración propia


En la Tabla 39 se observa el Peso unitario compactado (P.U.C.) del Agregado natural 50 % y EFC 50 % es 1 895,13 kg/m³ obtenido en laboratorio. Se usó la ecuación [9].

4.2.10. Humedad de agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC


Tabla 40

Contenido de humedad total agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC


CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO GRUESO 50 % NATURAL Y 50 % EFC		
I DATOS		
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 50 % EFC		50 %
DESCRIPCIÓN		PESOS (g)
1	PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	503,20
2	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	502,20
3	CONTENIDO DE AGUA (g)	1,00
II RESULTADOS		(%)
1	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,20



a) Peso de la muestra húmeda



b) Muestra secada al horno



c) Peso de la muestra secada al horno

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 40 se observa el Contenido de humedad del agregado grueso natural 50 % y EFC 50 % es 0,20 % obtenido en laboratorio, calculado con la ecuación [10].

4.2.11. Diseño de mezcla D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

En la Tabla 41, se presenta el primer Diseño de mezcla de la presente investigación D-01 A.G. 50 % EFC (agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC). Se ha elegido el método del ACI, con el cual se reemplazó agregado grueso natural por escoria de cobre en porcentaje de 50 % con relación al peso de Agregado grueso. Fue elaborada con especificaciones de la NTP 399.611: *Adoquín Tipo II (vehicular ligero)*, con Tablas del Anexo: *Tablas a utilizar en los Diseños de mezcla (método en el diseño ACI)* y Ecuaciones del [11] al [24]. En este diseño se obtuvo un asentamiento de 7,60 cm.

Tabla 41

Diseño de mezclas D-01 A.G. 50 %, EFC 50 % (50 % Agregado natural y 50 % EFC, por el método ACI).

<u>DATOS DE LABORATORIO:</u>			
a.- <u>PESOS ESPECÍFICOS (p.e.)</u>	UNIDAD	FUENTE	OBSERVACIONES
CEMENTO YURA TIPO HS	2 700,00 kg/m ³	Especificación.	
AGUA	1 000,00 kg/m ³		
A.F.	2 606,00 kg/m ³	Tabla 32	
A.G.	2 565,00 kg/m ³	Tabla 37	
b.- <u>PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C)</u>	kg/m ³		
AGREGADO FINO	1 730,83 kg/m ³	Tabla 34	
AGREGADO GRUESO	1 895,13 kg/m ³	Tabla 39	
c.- <u>PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S)</u>			
AGREGADO FINO	1 456,99 kg/m ³	Tabla 33	
AGREGADO GRUESO	1 725,68 kg/m ³	Tabla 38	
d.- <u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>			
A.F.	1,00 %	Tabla 35	
A.G.	0,20 %	Tabla 40	
e.- <u>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</u>			
A.F.	1,63 %	Tabla 32	
A.G.	1,69 %	Tabla 37	
f.- <u>MÓDULO DE FINEZA A.F.</u>	2,60	Tabla 31	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (F'c)

	F'c	380 kg/cm ²	NTP 399.611	37 Mpa, Adoquín Tipo II (vehicular ligero)
	Si no se tiene datos agrupados:		Tabla 3	
	F'c<210	F'cr=F'c+70		
	210<F'c<350	F'cr=F'c+84		
	F'c>350	F'cr=F'c+980		F'cr=380+98 = 478 kg/cm ²
1.-	F'cr	478 kg/cm ²	Tabla 62	F'cr: resistencia a la compresión requerida
2.-	TMN A.G.	3/8 in	Tabla 36	TMN A.G.: 3/8" (9,525 mm), de granulometría A.G.
3.-	DISEÑAR EL ASENTAMIENTO	3 in	Tabla 63	f (tipo de construcción), lozas y pavimentos
4.-	CANTIDAD DE AGUA	228,00 L/m ³	Tabla 64	F (3.- asentamiento y 2.- TMN A.G.), L/m ³ de concreto
5.-	AIRE	0,03 3,0 %	Tabla 67	F (2.- TMN A.G.), contenido de aire atrapado en %
6.-	RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A-C)	0,352 razón	Tabla 65	F (1.- F'cr), resistencia a 28 días, concreto sin aire incorporado
7.-	CANTIDAD DE CEMENTO	647,73 Kg/m ³	[12]	= (4.- Cantidad de Agua/6.- (A-C)
7.1.-	FACTOR CEMENTO (FC)	15,24 bolsas/m ³	= FC	= 7.- CANTIDAD DE CEMENTO/42,5
<u>CANTIDAD DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO (Pag)</u>				
	b/bo	0,48	Tabla 66	f (2.- TMN A.G. Y f.- MÓD. DE FINEZA A.F.), vol. del A.G. seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos Módulos de Fineza del A.F.
8.-	Pag	909,66 Kg/m ³	[14]	= (b/bo x b.- P.U.C.A.G.)
9.-	<u>CÁLCULO DE LA SUMA DE VOLÚMENES</u>			
	CEMENTO	0,2399 m ³	[13]	= 7.- CANTIDAD DE CEMENTO / a.- p.e. cemento (kg/m ³)
	AGUA	0,2280 m ³	[11]	= 4.- CANTIDAD DE AGUA / a.- p.e. agua
	AGREGADO GRUESO	0,3546 m ³	[15]	= 8.- Pag /a.- p.e. A.G. (kg/m ³)
	AIRE	0,0300 m ³	Tabla 67	= 3 %, f(2.- TMN del A.G.)
	TOTAL	0,8525 m³		

10.- **CÁLCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO**

Vaf	0,1475 m ³	[16]	=1 – 9. -TOTAL <u>SUMA DE VOLÚMENES</u> = 0,147475
Paf	384,27 kg	[17]	= (Vaf x p.e. A.F.) = (0,147475 x 2 606,00)

11.- **TOTAL DE PESOS SECOS**

CEMENTO	647,73 kg.		Balance
AGUA	228,00 L		
Paf	384,27 kg		Peso agregado fino seco
Pag	909,66 kg		2 196,66 Peso agregado grueso seco

12.- **PESOS DE AGREGADOS POR CORRECCIÓN DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN**

Pafh	381,87 kg	[18]	Peso agregado fino húmedo
Pagh	896,14 kg	[19]	Peso agregado grueso húmedo

13.- **PESOS CORREGIDOS HÚMEDOS**

CEMENTO	647,73 kg		
AGUA DE DISEÑO (Agua efectiva)	243,93 L	[22]	Agua efectiva
AGREGADO FINO HÚMEDO	381,87 kg		
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	896,14 kg		2 196,66

14.- **PROPORCIÓN POR PESO HÚMEDO**

CEMENTO	1,00	[23]	
AGUA	0,38	[23]	
AGREGADO FINO HÚMEDO	0,59	[23]	
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1,38	[23]	

15.- **PESO POR TANDA DE UN SACO DE CEMENTO**

CEMENTO	42,50 Kg/bolsa	1,00 x 42,5
AGUA DE DISEÑO	16,01 L/bolsa	0,38 x 42,5
AGREGADO FINO HÚMEDO	25,06 Kg/bolsa	0,59 x 42,5
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	58,80 Kg/bolsa	1,38 x 42,5

16.- **PESO POR PIE CÚBICO (PPC)**

AGREGADO FINO HÚMEDO (PPCaf)	9,25 Kg/ft ³	PPC	PPCaf = 12.- Pafh * 35,31/b,-P.U.S.,AF	numeral 12.-
AGREGADO GRUESO HÚMEDO (PPCag)	18,34 Kg/ft ³		PPCag = 12.- Pagh * 35,31/b,-P.U.S.,AG	numeral 12.-

17.- **DOSIFICACIÓN EN VOLÚMENES**

CEMENTO	1,00 ft ³	=7.1.- FC/FC	numeral 7.1.-
AGUA DE MEZCLA	16,01 L/bolsa	= 13.-Agua efectiva/FC	numeral 13.-
AGREGADO FINO HÚMEDO	0,61 ft ³	= PPCaf/FC	numeral 16.-
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1,20 ft ³	= PPCag/FC	numeral 16.-



Diseño de mezcla, moldeado, vibrado y curado de adoquines de concreto con 50 % EFC

1 Bolsa de cemento: Volumen=1 p³, Peso=42,5 kg, 1 m³= 35,31 p³

Nota: Elaboración propia

4.2.12. Granulometría del agregado grueso 100 % EFC

Tabla 42

Análisis granulométrico del agregado grueso 100 % Escoria de cobre ASTM C-136

TESIS	APROVECHAMIENTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE ILO, 2021						
ELABORADO POR	ING. ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI						
UBICACIÓN	CIUDAD UNIVERSITARIA AV. MIRAFLORES CON AV. CUZCO S/N - UNJBG						
MUESTRA	ESCORIA DE COBRE DE PASIVOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE FUNDICIÓN DE COBRE ILO						
FECHA	24-03-2022						

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENID	% RETENID PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM N° 8		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Muestra: Agregado Escoria de Fundición de cobre Pasivo Ambiental: Ilo Peso específico SSS. 2 980,00 kg/m ³ Porcentaje de Absorción 0,11 % Peso unitario suelto seco 1 899,49 kg/m ³ Peso Unitario varillado seco 2 114,38 Kg/m ³ Humedad Natural 0,06 % Peso de la Muestra: 1 371,60 g Tamaño máximo 1/2" Tamaño máximo nominal 3/8" Observaciones Irregular con bordes agudos y redondeados
3"	76,200							
2 1/2"	63,500							
2"	50,600							
1 1/2"	38,100							
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00	100		
3/8"	9,525	192,80	14,06	14,06	85,94	85	100	
1/4"	6,350							
No4	4,760	1 012,40	73,81	87,87	12,13	10	30	
No8	2,380	143,10	10,43	98,30	1,70	0	10	
No10	2,000							
No16	1,190	23,30	1,70	100,00	0,00	0	5	
No20	0,840							
No30	0,590							
No40	0,420							
No 50	0,300							
No60	0,250							
No80	0,180							
No100	0,149							
No200	0,074							
TOTAL		1 371,60						

CURVA GRANULOMETRICA
MALLAS U.S. STANDARD

TAMAÑO DEL GRANO EN mm (escala logarítmica)

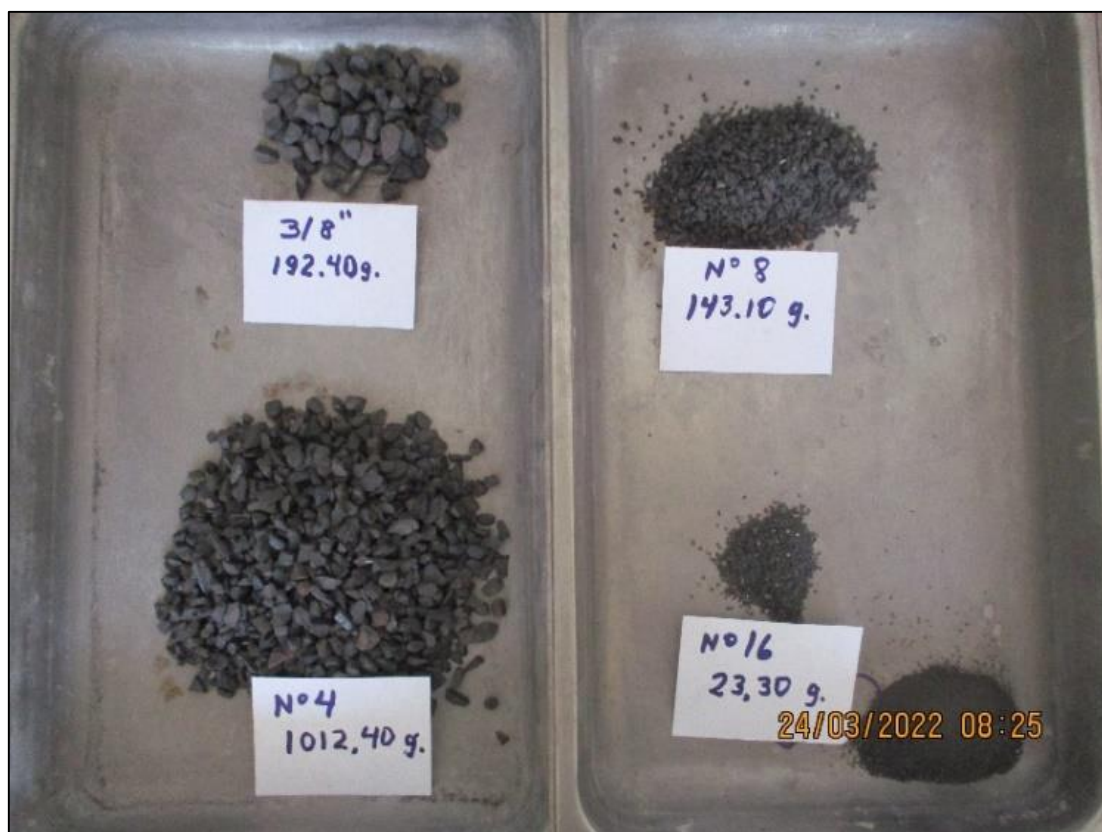
Nota: Elaboración propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM C - 136

Figura 33

Análisis granulometría del agregado grueso 100 % EFC



Nota: Elaboración propia

Con los datos de la Tabla 42 y Figura 33 se obtiene la gráfica de las curvas granulométricas del agregado grueso 100 % EFC y sus requisitos que debe cumplir para saber si cae dentro de ellos ESPECIFICACIÓN ASTM N° 8 (Tabla 16). En el cual se puede observar que nuestro agregado grueso 100 % EFC cumple con el requisito, por lo tanto, se puede aseverar que es un agregado grueso bien graduado, y, por lo tanto, también será bueno para realizar diseño de mezcla para adoquines de concreto para pavimentos.

4.2.13. Peso específico y Absorción del agregado grueso 100 % EFC

Tabla 43

Peso específico y Absorción del agregado grueso 100 % EFC

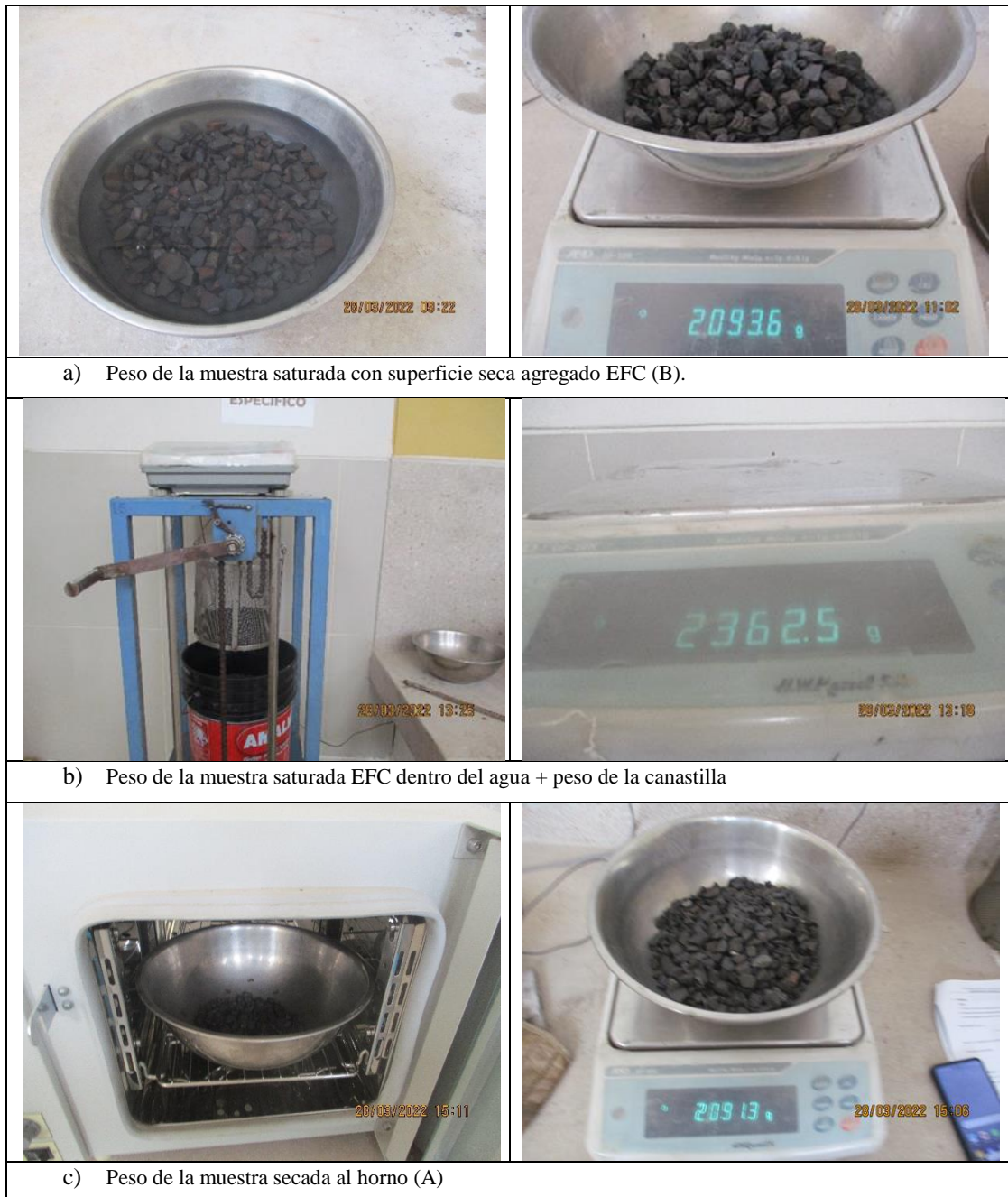
ENSAYO: P.E. Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO EFC 100 %			
I DATOS			
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO EFC 100 %			100 %
DESCRIPCIÓN			PESOS (g)
1	Peso de la muestra seca al horno. (A)		2 091,30
2	Peso de la muestra S.S.S. (B)		2 093,60
3	Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		2 362,50
4	Peso de la canastilla		971,50
5	Peso de la muestra saturada dentro del agua. (C)	(3-4)	1 391,00
II RESULTADOS			
1	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [PEMSSS = B/ (B - C)]		(kg/m ³) 2 980,00
2	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (B - A) / A * 100		(%) 0,11

Nota: Elaboración propia

Se analizó el agregado grueso 100 % EFC (confitillo), agregado grueso 100 % de los Pasivos de la fundición de cobre de Ilo. El Peso específico del A.G. es de 2 980,00 kg/m³ el cual indica que son agregados con buen Peso específico, la Absorción es de 0,11 % que es aceptable Tabla 43 y Figura 34, calculados con las Ecuaciones [7] y [8].

Figura 34

Peso específico y Porcentaje de absorción agregado grueso Escoria de Cobre 100 %.



Nota: Elaboración propia

4.2.14. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso 100 % EFC

Para los Pesos unitario suelto (Tabla 44) y compactado (Tabla 45) del agregado grueso 100 % EFC, estas pruebas se realizaron en forma similar a las correspondientes en agregados finos, se usa la ecuación [9].

Tabla 44

Peso unitario suelto (P.U.S.) del Agregado grueso 100 % EFC

PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.) AGREGADO GRUESO 100 % EFC	
I DATOS	
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 100 % EFC	100 %
DESCRIPCIÓN	PESOS (g)
1 PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA	7 406,50
2 PESO DE LA VASIJA	4 271,20
3 PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3 135,30
4 VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	1 650,60
II RESULTADOS	
1 PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	1 899,49 kg/m ³



a) peso de la muestra suelta + vasija



b) peso de la vasija

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 44 se observa el Peso unitario suelto (P.U.S.) del agregado grueso 100 % EFC es 1 899,68 kg/m³ obtenido en laboratorio.

Tabla 45*Peso unitario compactado (P.U.C.) agregado grueso 100 % EFC*

PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.) AGREGADO GRUESO 100 % EFC	
I DATOS	
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 100 % EFC	100 %
DESCRIPCIÓN	PESO (g)
1 PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA	7 761,20
2 PESO DE LA VASIJA	4 271,20
3 PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3 490,00
4 VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	1 650,60
II RESULTADOS	
1 PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	2 114,38



a) peso de la muestra suelta + vasija



b) peso de la vasija

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 45 se observa el Peso unitario compactado (P.U.C.) del agregado grueso 100 % EFC es 2 114,38 kg/m³ obtenido en laboratorio, se usó la ecuación [9].

4.2.15. Humedad de agregado grueso 100 % EFC

Tabla 46

Contenido de humedad total del agregado grueso 100 % EFC

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO 100 % EFC	
I DATOS	
PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO 100 % EFC	100 %
DESCRIPCIÓN	PESO (g)
1 PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	500,70
2 PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	500,40
3 CONTENIDO DE AGUA (g)	0,30
II RESULTADOS (%)	
1 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,06



a) peso de la muestra húmeda

b) Muestra secada al horno

c) Peso de la muestra secada al horno

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 46 se observa que el Contenido de humedad del agregado grueso EFC 100 % es 0,06 % obtenido en laboratorio, calculado con la ecuación [10].

4.2.16. Diseño de mezclas D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC

En la Tabla 47, se presenta el segundo diseño de mezcla D-02 A.G. 100 % EFC (agregado grueso 100 % EFC) realizado en la presente investigación. Se ha elegido el método del ACI, con el cual se reemplazó agregado grueso natural por escoria de cobre en porcentaje de 100 % con relación al peso de agregado grueso. Fue elaborada con especificaciones de la NTP 399.611: *Adoquín Tipo II (vehicular ligero)*, con Tablas del Anexo: *Tablas a utilizar en los diseños de mezcla (método en el diseño ACI)* y ecuaciones del [11] al [24]. En este diseño se obtuvo un asentamiento de 7,80 cm.

Tabla 47

Diseño de mezclas D-02 A.G. 100 %, agregado grueso 100 % EFC por el método ACI.

LABORATORIO

		UNIDAD	FUENTE	OBSERVACIONES
a.-	<u>PESOS ESPECÍFICOS (p.e.)</u>			
	CEMENTO YURA TIPO HS	2 700,00 kg/m ³	Especificación.	
	AGUA	1 000,00 kg/m ³		
	A.F.	2 606,00 kg/m ³	Tabla 32	
	A.G.	2 980,00 kg/m ³	Tabla 43	
b.-	<u>PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C)</u>	kg/m ³		
	AGREGADO FINO	1 730,83 kg/m ³	Tabla 34	
	AGREGADO GRUESO	2 114,38 kg/m ³	Tabla 45	
c.-	<u>PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S)</u>			
	AGREGADO FINO	1 456,99 kg/m ³	Tabla 33	
	AGREGADO GRUESO	1 899,49 kg/m ³	Tabla 44	
d.-	<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>			
	A.F.	1,00 %	Tabla 35	
	A.G.	0,06 %	Tabla 46	
e.-	<u>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</u>			
	A.F.	1,63 %	Tabla 32	
	A.G.	0,11 %	Tabla 36	
f.-	<u>MÓDULO DE FINEZA A.F.</u>	2,60	Tabla 31	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (F'c)

	F'c	380 kg/cm ²	NTP 399.611	37 Mpa, Adoquín Tipo II (vehicular ligero)
	Si no se tiene datos agrupados		Tabla 3	
	F'c<210	F'cr=F'c+70		
	210<F'c<350	F'cr=F'c+84		
	F'c>350	F'cr=F'c+98		F'cr=380+98 = 478 kg/cm ²
1	F'cr	478 kg/cm ²	Tabla 62	F'cr: resistencia a la compresión requerida
2	TMN A.G.	3/8 in	Tabla 42	TMN A.G.: 3/8" (9,525 mm), de granulometría A.G.
3	DISEÑAR EL ASENTAMIENTO	3 in	Tabla 63	f (tipo de construcción), lozas y pavimentos
4	CANTIDAD DE AGUA	228,00 L	Tabla 64	f (3.- asentamiento y 2.- TMN A.G.), L/m ³ de concreto
5	AIRE	0,03 3,0 %	Tabla 67	F (2.- TMN A.G.), contenido de aire atrapado en %
6	RELACIÓN AGUA-CEMENTO	0,352 razón	Tabla 65	F (1.- F'cr), resistencia a 28 días, concreto sin aire incorporado)
7	CANTIDAD DE CEMENTO	647,73 Kg	[12]	= (4.- Cantidad de Agua/6.- (A-C)
	FACTOR CEMENTO (FC)	15,24 bolsas/m ³	= FC	= 7.- CANTIDAD DE CEMENTO/42,5
	<u>CANTIDAD DEL PESO DEL AGREGADO GRUESO (Pag)</u>			
	b/bo	0,48	Tabla 66	f (2.- TMN A.G. Y f.- MÓD. DE FINEZA A.F.), vol. del A.G. seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos Módulos de Fineza del A.F.
8	Pag	1014,90 Kg	[14]	= (b/bo x b.- P.U.C.A.G.)
9	<u>CÁLCULO DE LA SUMA DE VOLÚMENES</u>			
	CEMENTO	0,2398 m ³	[13]	= 7.- CANTIDAD DE CEMENTO / a.- p.e. cemento (kg/m ³)
	AGUA	0,2280 m ³	[11]	= 4.- CANTIDAD DE AGUA / a.- p.e. agua
	AGREGADO GRUESO	0,3406 m ³	[15]	= 8.- Pag /a.- p.e. A.G. (kg/m ³)
	AIRE	0,0300 m ³	Tabla 67	= 3 %, f (2.- TMN del A.G.)
	TOTAL	0,8385 m³		

10	<u>CÁLCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO</u>			
	Vaf	0,1615 m ³	[16]	=1 – 9. -TOTAL <u>SUMA DE VOLÚMENES</u> = 0,147475
	Paf	420,95 kg	[17]	= (Vaf x p.e. A.F.) = (0,147475 x 2 606,00)
11	<u>TOTAL, DE PESOS SECOS</u>			Balance
	CEMENTO	647,73 kg.		
	AGUA	228,00 L		
	Paf	420,95 kg		Peso agregado fino seco
	Pag	1 014,90 kg		2 311,58 Peso agregado grueso seco
12	<u>PESOS DE AGREGADOS POR CORRECCIÓN DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN</u>			
	Pafh	418,31 kg	[18]	Peso agregado fino húmedo
	Pagh	1 014,39 kg	[19]	Peso agregado grueso húmedo
BU13	<u>PESOS CORREGIDOS HÚMEDOS</u>			
	CEMENTO	647,73 kg		
	AGUA DE DISEÑO (Agua efectiva)	231,14 L	[22]	Agua efectiva
	AGREGADO FINO HÚMEDO	418,31 kg		
	AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1 014,39 kg		2 311,58
14	<u>PROPORCIÓN POR PESO HÚMEDO</u>			
	CEMENTO	1,00	[23]	
	AGUA	0,36	[23]	
	AGREGADO FINO HÚMEDO	0,65	[23]	
	AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1,57	[23]	

15	<u>PESO POR TANDA DE UN SACO DE CEMENTO</u>			
	CEMENTO	42,50 Kg/bolsa	1,00 x 42,5	
	AGUA DE DISEÑO	15,17 L/bolsa	0,36 x 42,5	
	AGREGADO FINO HÚMEDO	27,63 Kg/bolsa	0,65 x 42,5	
	AGREGADO GRUESO HÚMEDO	66,73 Kg/bolsa	1,57 x 42,5	
16	<u>PESO POR PIE CÚBICO (PPC)</u>			PPC
	AGREGADO FINO HÚMEDO	10,14 Kg/ft ³		PPCaf = 12.- Pafh * 35,31/b.-P.U.S. _{AF} numeral 12.-
	AGREGADO GRUESO HÚMEDO	18,87 Kg/ft ³		PPCag =12.- Pagh * 35,31/b.-P.U.S. _{AG} numeral 12.-
17	<u>DOSIFICACIÓN EN VOLÚMENES</u>			Donde
	CEMENTO	1,00 ft ³		=7.1.- FC/FC numeral 7.1.-
	AGUA DE MEZCLA	15,17 L/bolsa		= 13.-Agua efectiva/FC numeral 13.-
	AGREGADO FINO HÚMEDO	0,67 ft ³		= PPCaf/FC numeral 16.-
	AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1,24 ft ³		= PPCag/FC numeral 16.-



Diseño de mezcla para adoquines de concreto 100 % EFC.

1 bolsa de cemento: Volumen=1 p³, Peso=42,5 kg, 1 m³ = 35,31 p³

Nota: Elaboración propia

4.2.17. Resistencia a compresión de adoquines de concreto para pavimentos

La resistencia a la compresión de cada adoquín se obtiene dividiendo la carga máxima registrada por el área neta del adoquín de concreto de acuerdo a la ecuación [25].

$$f'c = \frac{P}{A} \quad [25]$$

Donde:

- **f'c** : Resistencia a la compresión del adoquín en Kg/cm²
- **P** : Carga de rotura máxima aplicada en Kg
- **A** : Área Neta del adoquín de concreto en cm²

En total se ensayaron 24 adoquines de concreto con EFC con TMN 3/8", distribuyéndose en 02 tipos de diseño, siendo 18 adoquines ensayadas a resistencia a compresión (Tabla 13).

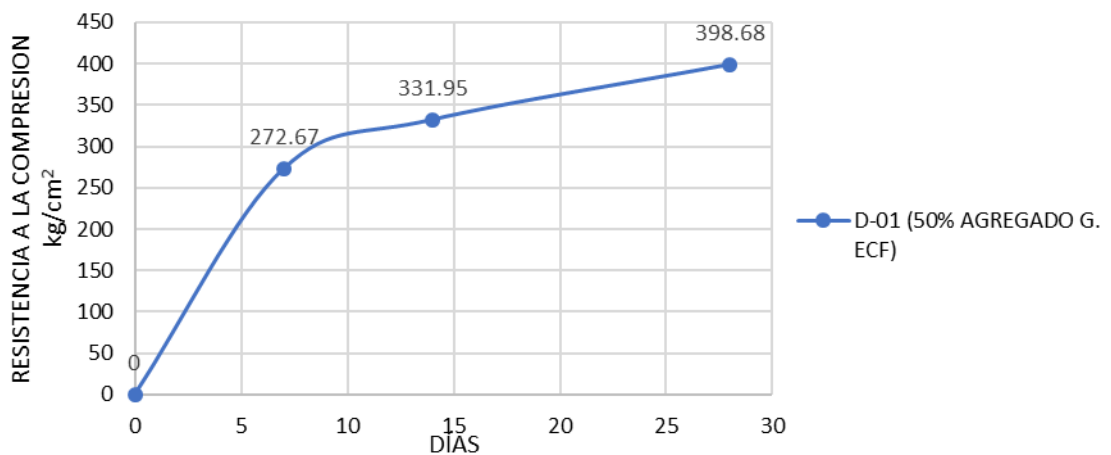
4.2.17.1. Diseño D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

En la Tabla 48, se observa que para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 MPa) con agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC, de TMN 3/8" (0,95 cm) el por ciento de resistencia a los 7 días fue del 71,76 %; a los 14 días fue del 87,36 %; y a los 28 días fue del 104,92 %.

Tabla 48

Resistencia a compresión especificado: $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ – agregado grueso 50 % EFC

N.º de Adoq	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad días	Área cm^2	Lectura Kg-F	Resist. kg/cm^2	% Especificado	Promedio Resist kg/cm^2	Promedio % Especificado
1	22-05-18	22-05-25	7	200,7	53 030	264,22	69,53		
2	22-05-18	22-05-25	7	200,6	56 330	280,81	73,90	272,67	71,76
3	22-05-18	22-05-25	7	200,3	54 680	272,99	71,84		
4	22-05-18	22-06-01	14	200,7	68 000	338,81	89,16		
5	22-05-18	22-06-01	14	201,1	65 400	325,21	85,58	331,95	87,36
6	22-05-18	22-06-01	14	201,0	66 700	331,84	87,33		
7	22-05-18	22-06-15	28	200,7	78 810	392,67	103,34		
8	22-05-18	22-06-15	28	200,5	81 630	396,86	104,44	398,68	104,92
9	22-05-18	22-06-15	28	200,8	79 570	406,52	106,98		



Nota: Elaboración propia

En la Tabla 48, para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC, de TMN 3/8", la resistencia a los 7 días fue del $272,67 \text{ kg/cm}^2$; a los 14 días fue del $331,95 \text{ kg/cm}^2$; finalmente a los 28 días fue del $398,68 \text{ kg/cm}^2$, ecuación [25].

Figura 35

Resistencia a compresión de diseños $f'c=380$ kg/cm² con 50 % de agregado grueso EFC.



Nota: Elaboración propia

En la Figura 35, para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC, de TMN 3/8", se observa:

- Para el adoquín Nro. 1, a los 7 días, alcanzó la carga de 53 030 Kg-F y el porcentaje de resistencia del 69,53 %;
- Para el adoquín Nro. 4, a los 14 días, alcanzó la carga de 68 000 Kg-F y el porcentaje de resistencia del 89,16 %;
- Para el adoquín Nro. 7, a los 28 días, alcanzó la carga de 78 810 Kg-F y el porcentaje de resistencia del 103,34 %;

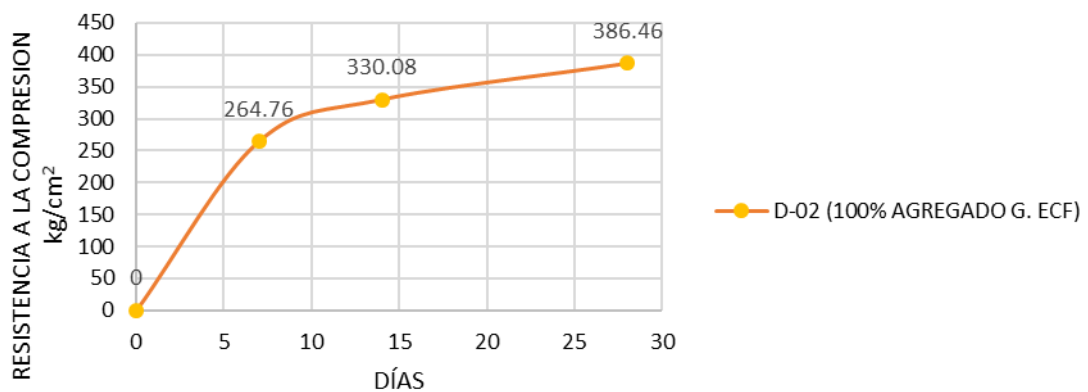
4.2.17.2. Diseño D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC

En la Tabla 49, se observa que para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso 100 % EFC, de TMN 3/8" el por ciento de resistencia a los 7 días fue del 69,67 %; a los 14 días fue del 86,86 %; a los 28 días fue del 101,70 %.

Tabla 49

Resistencia a compresión especificada $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ - agregado grueso 100 % EFC

N.º de Adoq.	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Área cm^2	Lectura Kg-F	Resist. kg/cm^2	% Especificado	Promedio Resist kg/cm^2	Promedio % Especificado
1	22-05-12	22-05-19	7	201,0	54 780	272,54	71,72		
2	22-05-12	22-05-19	7	200,9	51 550	256,59	67,52	264,76	69,67
3	22-05-12	22-05-19	7	200,5	53 165	265,16	69,78		
4	22-05-12	22-05-26	14	200,8	64 940	323,41	85,11		
5	22-05-12	22-05-26	14	200,9	67 330	335,14	88,19	330,08	86,86
6	22-05-12	22-05-26	14	200,9	66 640	331,71	87,29		
7	22-05-12	22-06-09	28	200,8	78 410	390,49	102,76		
8	22-05-12	22-06-09	28	201,1	76 850	382,15	100,56	386,46	101,70
9	22-05-12	22-06-09	28	200,7	77 620	386,75	101,78		



Nota: Elaboración propia

En la Tabla 49, se observa que para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso 100 % EFC, de TMN 3/8" la resistencia a los 7 días fue de $264,76 \text{ kg/cm}^2$; a los 14 días fue de $330,08 \text{ kg/cm}^2$; finalmente a los 28 días fue de $386,46 \text{ kg/cm}^2$, ecuación [25].

Figura 36

Resistencia a compresión de diseños $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ con 100 % de agregado EFC



Nota: Elaboración propia

En la Figura 32, para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso 100 % de EFC, de TMN 3/8", se observa:

- Para el adoquín Nro. 1, a los 7 días, alcanzó la carga de 54 780 Kg-F y el porcentaje de resistencia del 71,72 %;
- Para el adoquín Nro. 5, a los 14 días, alcanzó la carga de 67 330 Kg-F y el porcentaje de resistencia del 88,19 %;
- Para el adoquín Nro. 7, a los 28 días, alcanzó la carga de 78 410Kg-F y el porcentaje de resistencia del 102,76 %;

4.2.17.3. Resistencia a compresión de adoquines con sustitución 50 % y 100 % EFC

Resumen de resistencia a compresión comparación de % de sustitución; 50 % y 100 % a 28 días en base a las Tablas 48 y 49 respectivamente (ver Tabla 50).

Tabla 50

Resistencia a compresión especificado $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ - agregado grueso EFC; 50 % y 100 % a 28 días de curado.

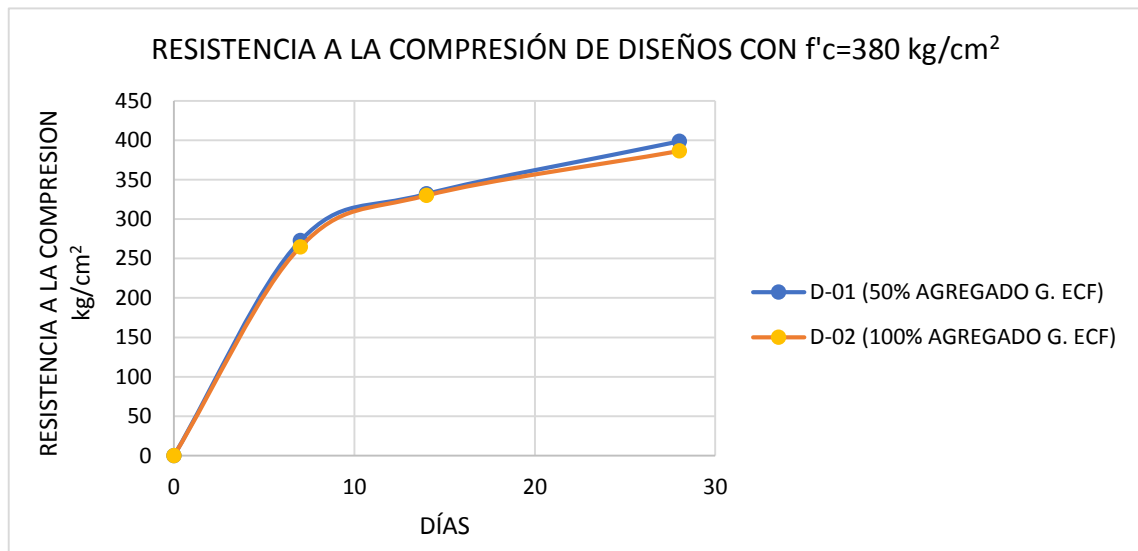
N.º	Sust Agr Gru %	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad días	Área cm^2	Lectura Kg-F	Resist. kg/cm^2	% Especificad	Promed Resist. kg/cm^2	Promed % Especificad
1	50	22-05-18	22-06-15	28	200,7	78 810	392,67	103,34		
2	50	22-05-18	22-06-15	28	200,5	81 630	396,86	104,44	398,68	104,92
3	50	22-05-18	22-06-15	28	200,8	79 570	406,52	106,98		
4	100	22-05-12	22-06-09	28	200,8	78 410	390,49	102,76		
5	100	22-05-12	22-06-09	28	201,1	76 850	382,15	100,56	386,46	101,70
6	100	22-05-12	22-06-09	28	200,7	77 620	386,75	101,78		

Nota: Elaboración propia

Figura 37

Resistencia a compresión de $f'c=380$ kg/cm² con 50 % y 100 % de agregado grueso

EFC a 28 días



Nota: Elaboración propia, elaborado en base a la Tabla 50

Como se observa en la Tabla 50 y Figura 37, la resistencia a la compresión obtenida mediante el ensayo de tres adoquines de concreto con sustitución con 50 % y tres adoquines con 100 % de EFC respecto al peso del agregado grueso, está dentro de los parámetros de la norma técnica peruana NTP 399.611 y 399.604 para su uso como pavimento de 380 kg/cm² (37 Mpas). Siendo la resistencia a la compresión promedio obtenida de $398,68$ kg/cm² y $386,46$ kg/cm² respectivamente, a los 28 días de curado.

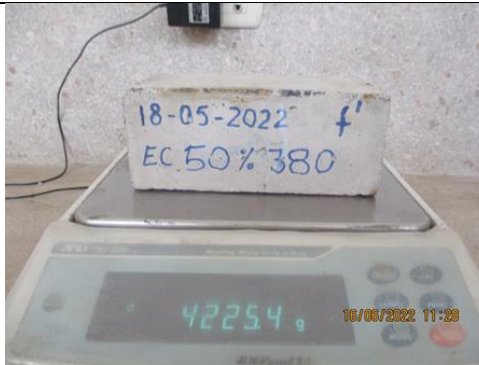
4.2.18. Absorción de adoquines de concreto para pavimentos 50 % y 100 % EFC

4.2.18.1. Diseño D-01 A.G. 50 % EFC, agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

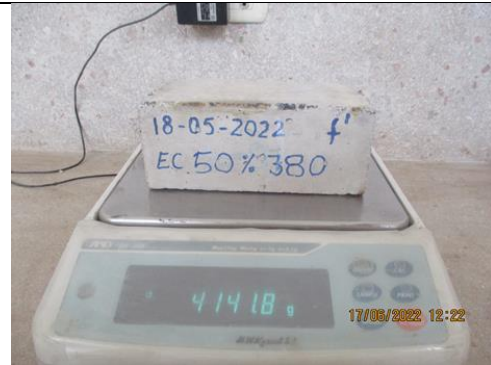
En la Tabla 51 se observa que para un diseño de $f'c= 380$ kg/cm² (37 MPa), con agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC, de TMN 3/8" (0,95 cm) el por ciento de absorción a los 28 días fue del 2,12 %.

Tabla 51*Absorción de adoquines de concreto con A.G. EFC 50 % a 28 días de curado*

N° de adoquín:	1	2	3
Peso del espécimen saturado, en g	4 225,40	4 256,40	4 259,30
Peso del espécimen seco, en g	4 141,80	4 161,70	4 172,70
Contenido de agua absorbida en %	83,60	94,70	86,60
Absorción %	2,02	2,28	2,08
Absorción promedio en %	2,12		



Peso del espécimen saturado, en Kg



Peso del espécimen seco, en Kg

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 51, se muestra que la Absorción promedio de 03 adoquines de concreto con 50 % de EFC fue del 2,12 %, con lo que se cumple con la norma NTP 399.611 y 399.604, ya que no supera la absorción máxima del 6 % permitido del promedio de tres unidades según la normativa mencionada. El % de Absorción del adoquín fue obtenido con la ecuación [26].

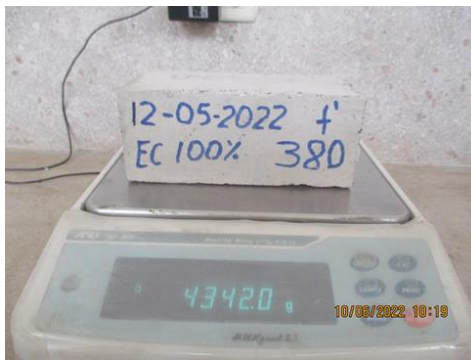
4.2.18.2. Diseño D-02 A.G. 100 % EFC, agregado grueso 100 % EFC

En la Tabla 52, se observa que para un diseño de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 MPa), con agregado grueso 100 % EFC, de TMN 3/8" el por ciento de absorción a los 28 días fue del 1,65 %.

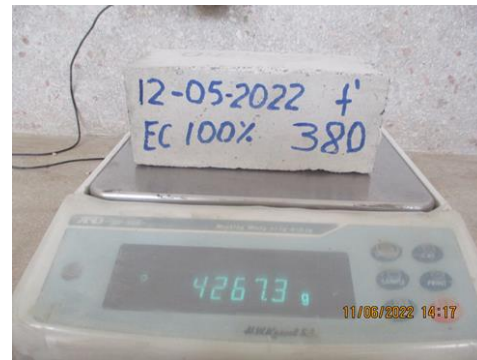
Tabla 52

Absorción de adoquines de concreto con A.G. 100 % EFC a 28 días de curado

N° de adoquín:	1	2	3
Peso del espécimen saturado, en Kg	4 342,00	4 305,60	4 337,00
Peso del espécimen seco, en Kg	4 267,30	4 235,00	4 272,00
Contenido de agua absorbida en %	74,70	70,60	65,00
Absorción %	1,75	1,67	1,52
Absorción promedio en %	1,65		



Peso del espécimen saturado, en kg



Peso del espécimen seco, en kg

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 52, se muestra que la absorción promedio de 03 adoquines de concreto con 100 % de EFC fue del 1,65 %, cumpliendo con la norma NTP 399.611 y 399.604, ya que no supera la absorción máxima del 6 % permitido del promedio de tres unidades según la normativa mencionada. El % de Absorción del adoquín fue obtenido con la ecuación [26].

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

El aprovechamiento de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre es una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, en la ciudad de Ilo, 2021.

Hipótesis específicas

- a) Existe alto nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo.
- b) Es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es mayor a 37 MPa (380 kg/cm^2) en la ciudad de Ilo.

A continuación, se contrasta cada una de las hipótesis específicas, las que contrastarán a su vez a la hipótesis general.

4.3.2. Primera hipótesis

Para la prueba de la primera hipótesis específica: Existe alto nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo. Se toma los datos de la Tabla 25: *Evaluación de áreas degradadas identificadas*, con los datos de la columna: Índice de Importancia IM que valora 6 Impactos ambientales y los datos de la Tabla 27: *Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de los pasivos ambientales de la Fundición de Ilo*, con los datos de la columna: Índice de importancia IM que valora 22 Impactos ambientales, con estos 22 datos se procederá con la prueba de normalidad.

4.3.3. Prueba de normalidad

- a) Planteo de hipótesis
Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5\% = 0,05$
Si $p \text{ valor} > \alpha$ Aceptamos H_0 : que los datos provienen de una distribución normal
Si $p \text{ valor} < \alpha$ Aceptamos H_1 : que los datos no provienen de una distribución normal
- b) Aplicación de la prueba

Siendo muestra pequeña < 30 se tomará la prueba Shapiro Wilk w_c

Tabla 53*Prueba de normalidad Shapiro-Wilk*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IM	0,178	22	0,069	0,896	22	0,024

Nota: Procesado en SPSS V24.00

c) Decisión

Siendo que $p = 0,024$ entonces $< \alpha$, por tanto, se rechaza que los datos provienen de una distribución normal, en consecuencia, se procede a aplicar Prueba de U de Mann-Whitney.

Para que los datos provengan de una distribución normal ambas series de datos deben cumplir con esta condición.

Los datos no se comportan como una distribución normal, entonces se puede aplicar la Prueba de U de Mann-Whitney.

4.3.4. Prueba de hipótesis de investigación

Para la prueba de la primera hipótesis específica “Existe alto nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo”, se toma los datos de la Tabla 25: *Evaluación de áreas degradadas identificadas*, con los datos de la columna: Índice de Importancia IM que valora 6 Impactos ambientales y la Tabla 27: *Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de los pasivos ambientales de la Fundición de Ilo*, con los datos de la columna: Índice de importancia IM que valora 22 Impactos ambientales.

a) Planteamiento de hipótesis

Ho: El nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre no es distinto según la evaluación por Áreas degradadas y Estado del pasivo.

H1: El nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre es distinto según la evaluación por Áreas degradadas y Estado del pasivo.

b) Regla de decisión

Si $p \text{ valor} < \alpha$ se rechaza Ho

Si $p \text{ valor} > \alpha$ Aceptamos Ho

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$

c) Aplicación de Prueba de U de Mann-Whitney

Tabla 54

*Tabla de contingencia: Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo*

		Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo			Total
		Evaluación del pasivo		Total	
			Áreas degradadas		Estado del pasivo
Clasificación del impacto	Irrelevante	Recuento	0	3	3
		% dentro de evaluación del pasivo	0,0 %	13,6 %	10,7 %
	Moderada	Recuento	1	6	7
		% dentro de evaluación del pasivo	16,7 %	27,3 %	25,0 %
	Severo	Recuento	2	5	7
		% dentro de evaluación del pasivo	33,3 %	22,7 %	25,0 %
	Crítico	Recuento	3	8	11
		% dentro de evaluación del pasivo	50,0 %	36,4 %	39,3 %
	Total	Recuento	6	22	28
		% dentro de evaluación del pasivo	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Prueba de U de Mann-Whitney

		Rangos		
Evaluación del pasivo		N	Rango promedio	Suma de rangos
Clasificación del impacto	Áreas degradadas	6	17,33	104,00
	Estado del pasivo	22	13,73	302,00
	Total	28		

Estadísticos de contraste^a

Clasificación del impacto	
U de Mann-Whitney	49,000
W de Wilcoxon	302,000
Z	-,999
Sig. asintót. (bilateral)	0,318
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0,365

a. Variable de agrupación: Evaluación del pasivo

Nota: Procesado en SPSS V24.00

d) Conclusión

Conforme al reporte de SPSS, $p = 0,318 > \alpha$, en consecuencia, se acepta H_0 y rechaza H_1 , por tanto, queda comprobado que, el nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente la evaluación por Áreas degradadas no difiere de la evaluación por el Estado del pasivo. En consecuencia, se puede concluir que existe *Alto* nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo, en vista que en ambos métodos aplicados en la Clasificación del impacto: *Severo* y *Crítico* presentan altos porcentajes en el nivel del impacto ambiental (Tabla 54: *Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo*).

4.3.5. Segunda hipótesis

Para la prueba de la segunda hipótesis específica: Es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es de 37 MPa (380 kg/cm²) en la ciudad de Ilo. Se tomó los datos de la Tabla 50: *Resistencia a compresión especificado $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 MPa) - agregado grueso EFC; 50 % y 100 % a 28 días de curado*, la columna (Resist. Kg/cm²), 06 resistencias obtenidas en laboratorio.

4.3.6. Prueba de normalidad

a) Planteo de hipótesis

Si $p \text{ valor} > \alpha$ Aceptamos H_0 : que los datos provienen de una distribución normal

Si $p \text{ valor} < \alpha$ Aceptamos H_1 : que los datos no provienen de una distribución normal

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$

b) Aplicación de la prueba

Siendo la muestra pequeña < 30 se tomará la prueba Shapiro Wilk W_c :

Tabla 55

Pruebas de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
resistencia	0,162	6	0,200	0,972	6	0,905

Nota: Procesado en SPSS V24.00

c) Decisión

Siendo que $p = 0,905$ entonces $> \alpha$, por tanto, se acepta que los datos provienen de una distribución normal, en consecuencia, se procede a aplicar la prueba estadística t de Student.

4.3.7. Prueba de hipótesis de investigación

a) Planteamiento de hipótesis

Ho: μ_0 de la resistencia de compresión con agregado EFC $\leq 380 \text{ Kg/cm}^2$ (37 Mpa)

Hi: μ_0 de la resistencia de compresión con agregado EFC $> 380 \text{ Kg/cm}^2$ (37 Mpa)

b) Regla de decisión

Si $p \text{ valor} < \alpha$ se rechaza Ho

Si $p \text{ valor} > \alpha$ Aceptamos Ho

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$

c) Aplicación del estadístico t de Student

En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado μ_0 , se hace uso del estadístico t :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}, \quad [28]$$

Donde \bar{x} es la media muestral, s es la desviación estándar muestral y n es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor $n-1$.

Tabla 56*Prueba de muestra única*

	Valor de prueba = 380					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Resistencia A.G. EFC	3,631	5	0,015	12,57333	3,6712	21,4755

Nota: Procesado en SPSS V24.00

d) **Conclusión**

Conforme al reporte de SPSS, $p = 0.015 < \alpha$, en consecuencia, se rechazó H_0 y se acepta H_1 , por tanto, queda comprobado que la resistencia obtenida del concreto con agregado EFC es mayor a 380 Kg/cm^2 (37 Mpa). Por lo tanto, es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre, dado que la resistencia obtenida es mayor a 380 Kg/cm^2 (37 Mpa), elaborada con especificaciones de la NTP 399.611: *Adoquín Tipo II (vehicular ligero)*, en la ciudad de Ilo.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

Valoración para la calificación de los impactos de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre presentes ILO

Con el valor del impacto, de acuerdo con la metodología propuesta por Gómez Orea (2009), se procedió a la calificación de este, tal como se presenta en la Tabla 57, en *Irrelevante, Moderada, Severo y Crítico*. En la Tabla 57 se presenta la equivalencia de estos términos. La equivalencia de los términos *Irrelevante* y *Moderado* son similares. Sin embargo, la equivalencia entre *Significativo* y *Alto* necesita mayor análisis. De acuerdo al SEIA (MINAN, 2014. R.M. N° 398-2014-MINAN), los impactos de Categoría I son considerados *Leves*, los de Categoría II son *Moderados* y los de Categoría III son *Significativos*. Por otra parte, la denominación de impacto *Alto* del D.L. N° 1394, es equivalente a la de *Significativo* del Reglamento del SEIA. A su vez, de acuerdo con la metodología de Gómez Orea, existe una subdivisión adicional, la cual considera a los impactos como *Severo* y *Crítico*. En consecuencia, debido a que no existe el mismo número de subdivisiones, tanto en el Reglamento del SEIA como en el D.L. N° 1394, de esta forma se agrupó a la calificación de impacto *Severo* y *Crítico*, dentro de la metodología de Gómez Orea, en la categoría de “*Alto*”.

En la Tabla 54: *Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo-Prueba de U de Mann-Whitney*, se observa que, queda comprobado, el nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, la Evaluación por Áreas degradadas no difiere, es decir es similar a la Evaluación por el Estado del pasivo. En consecuencia, se puede concluir que existe “*Alto*” nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre en el medio ambiente, en la ciudad de Ilo, en vista que en ambos métodos aplicados en la Clasificación del impacto: *Severo* y *Crítico* presentan

altos porcentajes en el nivel del impacto ambiental tal cual se observa en la Tabla 57:
*Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo-Equivalencias.*

Tabla 57

*Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo-Equivalencias*

Tabla de contingencia Clasificación del impacto * Evaluación del pasivo					
		Evaluación del pasivo			Total
		Áreas degradadas	Estado del pasivo		
Clasificación del impacto	Irrelevante	Recuento	0	3	3
		% dentro de evaluación del pasivo	0,0 %	13,6 %	10,7 %
	Moderada	Recuento	1	6	7
		% dentro de evaluación del pasivo	16,7 %	27,3 %	25,0 %
	Severo	Recuento	2	5	7
		% dentro de evaluación del pasivo	33,3 %	22,7 %	25,0 %
	Crítico	Recuento	3	8	11
		% dentro de evaluación del pasivo	50,0 %	36,4 %	39,3 %
Total	Recuento	6	22	28	
	% dentro de Evaluación del pasivo	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

Valor de Impacto Ambiental	Grado de Importancia del impacto
IM < - 25	Impactos irrelevantes
-25 ≥ IM < -50	Impactos moderados
-50 ≥ IM < -75	Impactos severos
-75 ≥ IM	Impactos críticos

Equivalencia entre la calificación final del impacto según Gómez Orea, Reglamento de la Ley del SEIA y el D.L. N° 1394

Calificación del impacto según la clasificación de Gómez Orea	Calificación del impacto según el Reglamento de la Ley del SEIA	Terminología del impacto según el D.L. 1394
Irrelevantes	Leve	Leve
Moderados	Moderado	Moderado
Severos	Significativo	Alto
Críticos		

Nota: Elaboración propia

El agregado fino (A.F.)

Se analizó el agregado fino (A.F.) de la cantera Wiñani, el cual presenta un tamaño óptimo de las partículas dentro de los límites especificados en NTP 400. 037 o ASTM C-33. Además, su comportamiento en el hormigón estuvo influenciado por un buen acabado del adoquín de hormigón. A continuación, se muestra un cuadro resumen de las propiedades de los agregados finos naturales, hallados en los ensayos de laboratorio realizados en la presente investigación (Tabla 58).

Tabla 58

Propiedades de agregado fino natural

PROPIEDADES	AGREGADO FINO NATURAL
PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	2 606,00
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1,63
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1 456,99
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³)	1 730,83
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1,00
MÓDULO DE FINURA	2,60

Nota: Elaboración propia

- El Peso específico del A.F. es de 2 606,00 kg/m³, que es aceptable, y superior a 2 400 kg/m³, que es el valor mínimo aceptable estipulado por la norma respectiva.
- La absorción de agregado fino es aceptable con un valor de 1,63 % inferior al 5 % especificado por la Norma NTP 400.022.
- El A.F. tiene un contenido de humedad de 1,00 % y un peso unitario suelto de 1 456,99 kg/m³, valor aceptable que es superior de 1.300 kg/m³ e inferior de 2 100 kg/m³ especificado en la norma respectiva.
- El agregado fino presenta un aceptable módulo de finura de 2,60, valor aceptable que es mayor que 2,30 y menor de 3,00, especificado por la Norma NTP 400.012 (Vilchez, 2008).

El agregado grueso 50 % natural y 50 % EFC

Se analizó el agregado grueso (confitillo) de la cantera Wiñani 50 % y agregado grueso de los Pasivos de la fundición de cobre 50 % en peso, con el cual se hicieron varios ensayos para su caracterización.

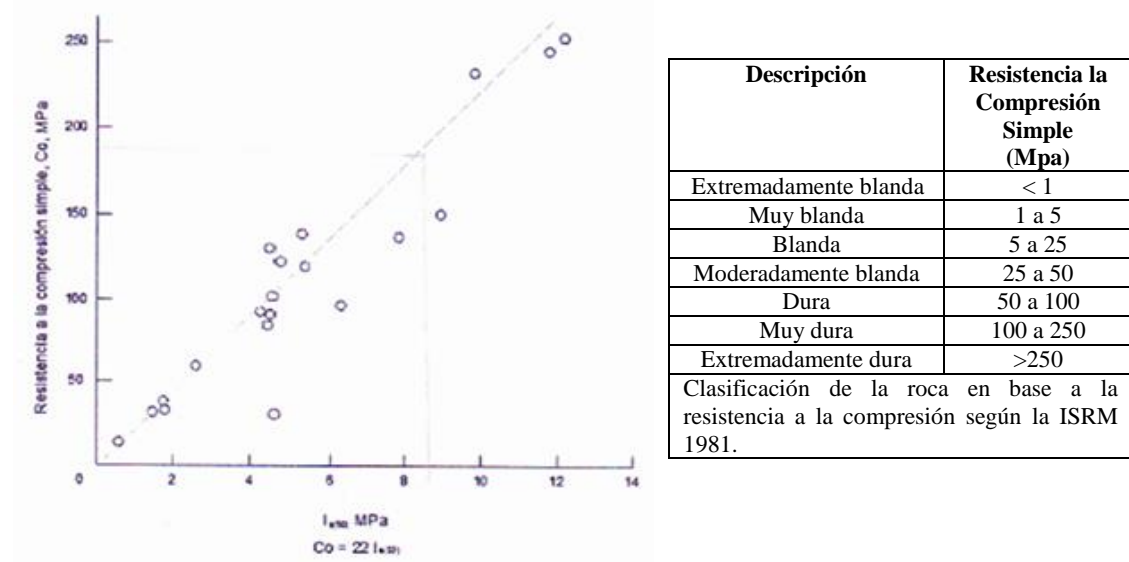
El peso específico del A.G. 50 % natural y 50 % EFC es de 2 565,00 kg/m³ lo cual es aceptable y es muy similar a 2 600 kg/m³ especificado en la norma, lo que indica que estos son agregados con buen peso específico, el porcentaje de Absorción es de 1,69 % el cual es aceptable ya que son menores al 3,00 % valor máximo establecido en la Norma respectiva (ver Tabla 59).

El agregado grueso 100 % escoria de fundición de cobre

Se analizó el agregado grueso 100 % escoria de fundición de cobre (confitillo) de los Pasivos de la fundición de cobre, en el cual se realizaron pruebas de resistencia a la carga puntual Is(50), pruebas de desgaste o Abrasión, Análisis de distribución Granulométrica, Peso específico y Absorción, Peso Volumétrico Compactado y Suelto y el Contenido de humedad de sus partículas (ver Tabla 59).

Figura 38

Correlación entre Carga puntual y Resistencia a la compresión uniaxial



1 N/mm² = 1 Megapascal [MPa]= 10,1972 kg/cm²

Nota: (Ulusay y Hudson, 2013)

El principal papel de la resistencia a la Carga puntual es la clasificación de rocas y la caracterización por resistencia, en promedio, la resistencia a la compresión uniaxial es entre 17,5 y 25 veces la resistencia a la carga puntual. En la Tabla 29 se obtuvo para la EFC un $I_s(50) = 21,04$ Mpa, con la ecuación [5] se obtuvo: $\sigma_c = C \times I_s(50) = (17,5)(21,04) = 374,5$ Mpa, esta resistencia según la Clasificación de la roca en base a la resistencia a la compresión, la EFC se clasifica como *Extremadamente dura* según la ISRM 1981 para rocas con mayor a 250 Mpa (Feijoo y Brito, 2021), tal como se muestra, en el cuadro de la derecha en la Figura 38.

El Peso específico del A.G. es de 2 980,00 kg/m³ el cual es aceptable y es mayor a 2 600 kg/m³ especificada por la Norma (Tabla 59), lo cual indica que son agregados con buena densidad, de igual manera, para (Nazer et al., 2016), la densidad real de las escorias de cobre estudiadas es entre 2 960 kg/m³. El porcentaje de Absorción obtenido es de 0,11 % que es aceptable ya que es inferior del 3 % que es el valor máximo que especificado

en su Norma correspondiente. Se presenta un resumen de evaluación de propiedades de agregados gruesos EFC en la Tabla 59.

Tabla 59

Resumen ensayos realizados de propiedades de agregados gruesos 50 % y 100 %

PROPIEDADES AGREGADOS GRUESOS	AGREGADO GRUESO 50 % EFC	AGREGADO GRUESO 100 % EFC	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	ACEPTACIÓN
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/8"	-	-
PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	2 565,00	2 980,00	>2 600	Aceptable
ABSORCIÓN (%)	1,69	0,11	<3,0	Aceptable
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1 725,68	1 899,49	1 300 a 2 100	Aceptable
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m ³)	1 895,13	2 114,38	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,20	0,06	-	-
CARGA PUNTUAL Is(50) (N/mm ²)	-	21,04	>9	Aceptable
ABRASIÓN (%)	-	17,09	<50	Aceptable

Nota: Elaboración propia

El porcentaje de desgaste obtenido para la escoria gruesa EFC (16 %) es significativamente bajo en comparación a los hallados en agregados gruesos convencionales que oscilan entre el 30 % y 50 % (Parra & García, 2010). En la presente investigación en lo referente al % de Abrasión del A.F.100 % EFC se obtuvo 17,09 % (Tabla 59) muy similar al obtenido para la escoria gruesa por (Parra & García, 2010) de 16 %.

Sobre los diseños de mezcla para la elaboración del adoquín de concreto con agregado grueso EFC

Se ha elegido método del ACI, con el cual se reemplazó agregado grueso por escoria de cobre en porcentaje de 50 % y 100 % con relación al peso de Agregado grueso, con lo que permitió aumentar la resistencia a la compresión en los adoquines de concreto diseñados para un hormigón de 380 kg/cm² (37 Mpa), se logró una resistencia de 398,68

kg/cm², para el diseño D-01 agregado grueso 50 % EFC, la relación agua/cemento inicial fue de 0,35, con un asentamiento inicial de 3” para un esfuerzo preliminar de 380 kg/cm². También para el diseño de mezcla de adoquines de hormigón, se realizaron las correcciones de humedad y absorción de agua. Por lo tanto, a la hora de realizar los adoquines, la mezcla requiere menos agua para obtener una mayor resistencia a la rotura y, a su vez, un buen desmolde, una buena textura y un buen acabado de la unidad. Por esta razón, para el diseño final, se optó por una relación a/c = 0,35.

Las cantidades por m³ de concreto fueron determinados empleando el método del comité 211 del ACI. El agregado grueso tratado fue sometido a diferentes pruebas de laboratorio para obtener sus propiedades físicas y mecánicas y para realizar un diseño de mezcla para un esfuerzo a la compresión de $f'c = 37 \text{ Mpa}$ (380 kg/cm²), esta resistencia fue elegida de acuerdo a los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 399.611.2017, para unidades de adoquines de concreto para pavimentos.

Seleccionándose el árido grueso objeto del estudio situado en la fracción granulométrica No 16 (1,19 mm) a 3/8” (9.53 mm), se ensayó con las dosificaciones resultantes y porcentajes de sustitución del agregado grueso del 50 % de EFC y 100 % de EFC. Una vez fabricado el concreto con los parámetros definidos y el porcentaje de agregado grueso de los residuos de fundición de cobre, se procedió a la elaboración de los adoquines para pavimentos, a caracterizar sus especificaciones en estado fresco y endurecido. Un resumen de dosificación de diseños de mezcla con agregado EFC se presenta en la Tabla 60.

Tabla 60

Resumen de dosificación de diseños de mezcla con agregado EFC para una bolsa de cemento.

DISEÑO DE MEZCLA	D-01 AGREGADO GRUESO 50 % EFC	D-02 AGREGADO GRUESO 100 % EFC
PRESENTACIÓN EN PESO HÚMEDO		
CEMENTO	1,00	1,00
AGUA DE DISEÑO	0,38	0,36
AGREGADO FINO HÚMEDO	0,59	0,65
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	1,31	1,57
PESO POR TANDA DE UN SACO DE CEMENTO		
CEMENTO (kg)	42,50	42,50
AGUA DE MEZCLA (L)	16,01	15,17
AGREGADO FINO HÚMEDO (kg)	25,06	27,63
AGREGADO GRUESO HÚMEDO (kg)	58,80	66,73

Nota: Elaboración propia

La dosificación de un diseño de mezclas (Tabla 41, Tabla 47) depende específicamente de las propiedades que cada material, es decir, agregados, cemento o agua, para determinarse de esta forma los pesos y volúmenes adecuados para alcanzar la resistencia de diseño (Laura, 2006), es por ello, que se describió los materiales utilizados en secciones anteriores de esta tesis, y no se encontraron grado de comparación con otras investigaciones, sin embargo, la dosificación con las resistencias aquí obtenidas cumplen con los parámetros normativos de la NTP 399.611.2017, para que puedan ser considerados para nuevas investigaciones.

Resistencia a la compresión de adoquines con EFC para pavimentos

El esfuerzo a la compresión simple NTP 399.604, se realizó por medio de la aplicación de una carga sobre el adoquín de concreto en la dirección en que trabaja en el pavimento. El valor del esfuerzo a la compresión del adoquín con la sustitución de agregado grueso 50 % a los 28 días para los adoquines de 8 cm x 10 cm x 20 cm fue de 398,68 Kg/cm² y para los adoquines con la sustitución de agregado grueso 100 % a los

28 días la resistencia a compresión fue de 386,46 Kg/cm², valores que están dentro de lo estipulado en la norma NTP 399.611.2017, para adoquines de concreto para pavimentos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 61.

Tabla 61

Resistencia a compresión especificado $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ (37 Mpa) – agregado grueso EFC; 50 % y 100 % a 28 días de curado.

Nº	Sustitución agreg. grueso %	Edad días	Resistencia kg/cm ²	% Especificado	Promedio Resistencia kg/cm ²	Promedio % Especificado
1	50	28	392,67	103,34		
2	50	28	396,86	104,44	398,68	104,92
3	50	28	406,52	106,98		
4	100	28	390,49	102,76		
5	100	28	382,15	100,56	386,46	101,70
6	100	28	386,75	101,78		

Nota: Elaboración propia

Absorción de adoquines con EFC para pavimentos

La determinación de la Absorción se realizó de acuerdo a la Norma NTP 399.604, el cual estipula la obtención de 6 % como valor promedio de la prueba de tres muestras y de 7,5 % por unidad de adoquín individual. Los adoquines de concreto de 8 cm x 10 cm x 20 cm, con la sustitución de 50 % EFC y 100 % EFC con respecto al agregado grueso tiene una Absorción de 2,12 % y 1,65 %, respectivamente y cumplen la norma, menores a 6 %. Y las unidades individuales de los adoquines con el 50 % de EFC con respecto al agregado grueso fueron (2,02 %; 2,28 %; 2,08 %) cumplen con la norma que son menores de 7,5 % individual. De igual forma, y las unidades individuales de los adoquines con el 100 % de EFC con respecto al agregado grueso fueron (1,75 %; 1,67 %; 1,52 %) cumplen con la norma NTP 399.611.2017, que son menores de 7,5 % individual.

CONCLUSIONES

1. Por los altos volúmenes encontrados en los pasivos ambientales en lugares críticos de disposición inadecuada de RFC, en un total de 814 051,87 m³ y a los ensayos de calidad practicados a los adoquines de concreto con sustitución de agregado grueso con EFC satisfacen los requisitos de resistencia a la compresión y absorción especificados en la NTP 399.604 y NTP 399.611, mejorando la absorción, volviéndolo más compacto y por lo tanto de mayor resistencia en la intemperie, los prototipos pueden ser utilizados en zonas de tránsito peatonal y vehicular ligero y en zonas de estacionamiento. Por lo tanto, el aprovechamiento de los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre es una alternativa viable para la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, en la ciudad de Ilo, 2021.

2. La evaluación de los pasivos ambientales de la Fundición Ilo muestra que los Componentes ambientales más afectados son el Componente Físico y el Componente Biótico. En el Componente Físico los impactos ambientales fueron calificados como Severos y Críticos; en el elemento Suelo la generación de residuos, en el Agua las características fisicoquímicas y en el elemento paisaje obtuvieron resultados de un pasivo ambiental Crítico. En el Componente Biótico; el elemento Flora, pérdida de la capa de vegetación obtuvo una importancia Crítica. En el Componente Socioeconómico en el elemento Calidad de vida obtuvo una importancia Severa. Concluyéndose que existe *Alto* nivel de impacto ambiental que producen los pasivos ambientales de los residuos de fundición de cobre, en Ilo.

3. El concreto moldeado en adoquines de 8x10x20 cm, para pavimentos ensayados a los 28 días de curados, con sustitución de agregado grueso de 50 % EFC alcanzó una resistencia a compresión de 398,68 kg/cm² y una Absorción de 2,12 %. Con sustitución de agregado grueso 100 % EFC alcanzó una resistencia a compresión de 386,46 kg/cm² y una Absorción de 1,65 %; cumpliendo en ambos casos, la Norma NTP 399.611, que estipula la obtención como valor promedio de la prueba de tres muestras de adoquín para pavimentos, la resistencia obtenida debe ser *mayor* a 380 kg/cm² y una Absorción menor

a 6 %. En consecuencia, quedó demostrado que es posible aprovechar los pasivos ambientales de residuos de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos, al sustituir el agregado grueso natural con escoria de cobre 50 % y 100 % en peso, dado que la resistencia obtenida es mayor a 380 kg/cm^2 (37 Mpa).

RECOMENDACIONES

1. Para todos los profesionales interesados en continuar con la investigación, es interesante realizar un trabajo de caracterización puntual en toda la zona del pasivo ambiental de los residuos de fundición de cobre de Ilo, de todos aquellos puntos donde se concentra la máxima disposición final de EFC en escombreras, realizando un estimativo del lugar proyectando los principales impactos ambientales de las áreas degradadas por las pésimas condiciones de disposición final. Es decir, se generará un mapa del pasivo con la identificación de los sitios afectados versus estudio de impacto ambiental del lugar. Se recomienda realizar estudios sobre el residuo EFC efectuando pruebas de la composición química y propiedades físicas ya que estos varían según el lugar y la forma de cómo se encuentra la EFC. Se debe considerar que a partir de estos resultados el Estado pueda emitir normas legales para la fabricación de adoquines de concreto con EFC.

2. Implementar la educación ambiental en la comunidad de ILO, empezando desde la formación básica (inicial, primaria y secundaria) hasta institutos, universidades, empresas y personas adultas; mediante campañas, talleres, seminarios, etc. fomentando el aprovechamiento de las EFC y evitando que la emisión de estas escorias al mar origine, en primer término, contaminación con metales pesados en aguas y organismos marinos, imposibilitando el desarrollo de la maricultura al perder hábitats propicios, disminuyendo la producción pesquera y por ende las oportunidades de empleo. Como segundo efecto, las playas queden ocupadas por las escorias, perdiéndose su biodiversidad y hábitats naturales, con el posterior deterioro del paisaje y menores oportunidades para el veraneo y el turismo. Encargarse estos mismos de sensibilizar a las autoridades ambientales y a las empresas para que velen por el cumplimiento de las políticas ambientales en la región.

3. Empezar por ejecutar la normativa ambiental, para el manejo adecuado de las EFC, para lo cual se que tiene emitir una adecuada legislación respecto al uso o aprovechamiento de las EFC, seguido de la generación de estrategias de manejo de Residuos de Fundición de Cobre.

4. Además, para continuar el proceso de reaprovechamiento es necesario que se cuente con estadísticas de generación de EFC, cantidad de EFC que es reaprovechado, cantidad de EFC que es dispuesto en las escombreras y rellenos sanitarios y cantidad de residuos peligrosos que se generan por volumen de EFC generado. Estas estadísticas permitirán establecer metas medibles para la minimización de EFC, identificar el potencial de reaprovechamiento de los EFC, proponer opciones de inversión privada para el manejo de las EFC y cuantificar la cantidad de áreas requeridas para cubrir la demanda total de disposición final de EFC. Esto generará un mercado de reaprovechamiento de estos residuos mineros y una disminución de la cantidad de residuos que se derivarán hacia la disposición final. A su vez permitirá liberar espacios que actualmente son ocupados, al mismo tiempo que se disminuirá la extracción de agregado natural, el cual tiene un fin medio ambiental, reduciendo la extracción de agregados naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellán, M., & Barja, A. (1993). Referencia a tres de los métodos más utilizados en la valoración de impactos ambientales. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 8, 199-210.
- Anicama, G. (2011). *Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/500>
- Arboleda, G. (2005). *Manual de evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos, obras o actividades*.
https://www.academia.edu/14204956/Manual_de_evaluaci%C3%B3n_de_impacto_ambiental_EIA_de_proyectos_obras_o_actividades
- Arthur, P., & Alvear, G. (2012). Escalamiento gradual de Isasmelt-la clave para el éxito. *Xstrata Technology*.
- ASTM D5731-16. (2016). *Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications*.
<https://webstore.ansi.org/standards/astm/astmd573116>
- Baldoceda, J., & Vega, D. (2019). *Diseño de concreto de alta densidad reforzado con escoria de cobre para atenuar la transmisión de la radiación ionizante* [Tesis, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2737>
- Balvín, D. (1995). *Agua, minería y contaminación. El caso de Southern Perú*. Labor.
- Benayas, J. (1991). *Paisaje y educación ambiental: Evaluación de cambios de actitudes hacia el entorno* [Tesis. Universidad Autónoma de Madrid.]
- Bravo, M., & Díaz, J. (2018). *Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cementos tipo ip y tipo v, mediante pruebas de esclerometría y compresión axial de testigos sometidos a curado por inmersión*. [Universidad Andina del Cusco].
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2215>
- Briceño, M. (2009). El valor estético y ecológico del paisaje urbano y los asentamientos humanos sustentables. *Revista geográfica venezolana*, 50(2), 213-233.

- Calzada, J. (2014). *La evaluación estratégica del impacto paisajístico en los pasivos mineros y su rentabilidad ambiental* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de La Rioja]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=43239>
- Carrasco, P. (2017). *Propuesta de reciclaje de la escoria de cobre de la fundición ventanas de Codelco, para mitigar el impacto ambiental* [Tesis, Universidad Técnica Federico Santa María sede Viña del mar - José Miguel Carrera]. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/39971>
- Cendoya, P. (2009). Efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como agregado fino en el comportamiento resistente del hormigón. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-33052009000100009>
- Codelco, E. (2022). *Glosario de conceptos mineros | Codelco Educa*. CodelcoEduca. <http://codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/glodario.html>
- Conesa, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (4.^a ed.). Mundi Prensa.
- Dávila, D., Arias, V., & Falcón, R. (2004). La valoración de las escorias metalúrgicas como recursos industriales. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 7(13), Article 13. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v7i13.513>
- Diaz, A., & Giovanni, C. (2009). Disminución de las pérdidas de cobre en la escoria del horno Isasmelt mediante el cambio de su fisicoquímica en la fundición de Ilo— Southern Peru Copper. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2210>
- Dp Word. (2010). *Capítulo 6. Pasivos Ambientales*. Vsip.Info. <https://vsip.info/capitulo-6-pasivos-ambientales-pdf-free.html>
- Egúsquiza, E. (2010). Fundición de Cobre de Ilo [Economistas Egúsquiza]. *Infraestructura Peruana*. <http://infraestructuraperuana.blogspot.com/2009/06/fundicion-de-cobre-de-ilo.html>
- Feijoo, P., & Brito, E. (2021). Rock Characterization Through Physical Properties and Their Relationship to Simple Compressive. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2(4), 5081-5093. <https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9507>

- García, C., García, M., & Agudelo, C. (2014). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. *Revista Tecnura*, 18(42), 90. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.4.a07>
- Gómez, D. (1999). *Evaluación del impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mundi-Prensa en coed. con Agrícola Española.
- INDECOPI. (1999). *Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. INDECOPI-CRT. <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/norma-tecnica-peruana-tres/norma-tecnica-peruana-tres.pdf>
- INDECOPI. (2002a). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. https://www.academia.edu/26938679/NORMA_TÉCNICA_NTP_400.021_PERUANA_2002
- INDECOPI. (2002b). *NTP 339.185—2002 -Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados 'por secado*. vdocuments.site. <https://vdocuments.site/ntp-339185-2002-57095b785ce2e.html>
- Khanzadi, M., & Behnood, A. (2009). Mechanical properties of high-strength concrete incorporating copper slag as coarse aggregate. *Construction and Building Materials*, 23(6), 2183-2188.
- Lamond, J. (2001). Removal and Reuse of Hardened Concrete Reported by ACI Committee 555. *ACI Committee 555*, 26.
- Larraín, A. (1989). Ambiente, calidad de vida y desarrollo regional: Una perspectiva de futuro. *Ambiente y desarrollo*, V, 21.
- Laura, S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto* (1.^a ed.). Universidad Nacional del Altiplano.
- León, J. (2014). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo*. Uniambiental. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
- López, M., & Pinedo, M. (2015). Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico

- en su proceso de fabricación—Nuevo Chimbote—2015. *Universidad Nacional del Santa*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2707>
- Luque, G. (2018). *Peligros Geológicos Movimientos en Masa Moquegua*. INGEMMET. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://energiayminasmoquegua.gob.pe/web/phocadownload/capacitaciones/Peligros_Geologicos_Movimientos_en_Masa_Moquegua.pdf
- Medina, K. (2017). *Proceso de Ocupación Informal del Territorio y su Influencia en el Paisaje Histórico – Cultural Caso: Cerro Intiorko, Distrito Alto de la Alianza, Ciudad de Tacna 2003 al 2017* [Tesis]. Universidad Privada de Tacna.
- Melo, R. (2011). *Evaluación de un pasivo ambiental metalúrgico* [Tesis, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3555>
- Montejo, A., Montejo, F., & Montejo, A. (2013). *Tecnología y patología del concreto armado*. Universidad Católica de Colombia. <https://publicaciones.ucatolica.edu.co/gpd-tecnologia-y-patologia-del-concreto-armado.html>
- Morón, J. (2018). Modelo de Gestión del Uso de Escoria de Cobre para Disminuir el Impacto Ambiental en la Región Moquegua 2018. *Universidad Privada de Tacna*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/UPT/624>
- Muñoz, A. (2017). El paisaje visual: Un recurso importante y pobremente conservado. *Ambiente & Sociedad*, 20(1), 165-182. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20150088r1v2012017>
- Muñoz-Pedrerros, A. (2004). La evaluación del paisaje: Una herramienta de gestión ambiental. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 139-156. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100011>
- Nazer, A., Pavez, O., Rojas, F., & Aguilar, C. (2010). Una revisión de los usos de las escorias de cobre. *Universidad de Atacama*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3740.0328>
- Nazer, A., Payá, J., Borrachero, M. V., & Monzó, J. (2016). Caracterización de escorias de cobre de fundiciones chilenas del Siglo XIX. *Revista de Metalurgia*, 52(4), Article 4. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.083>

- Orizola, S. (2006). *Uso de escoria de cobre en cementos*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104451>
- Ortiz, M. (2012). *Estudio del paisaje como determinante en la implantación de los proyectos arquitectónicos. Estudio de caso para la Casa de convivencias en Ictocruz*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/571>
- Oyarzun, I. (2013). *Influencia de las escorias de cobre en la fabricación de hormigón* [Tesis, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmficio.97i/doc/bmficio.97i.pdf>
- Oyarzun, R., Higuera, P., & Lillo, J. (2011). *Minería Ambiental: Una Introducción a los Impactos y su Remediación*. GEMM -Aula2punto.net.
- Parra, M., & García, D. (2010). *Análisis de la valorización de escorias negras como material agregado para concreto en el marco de la gestión ambiental siderúrgica Diaco Municipio Tuta Boyacá*. [Tesis]. Universidad de la Salle.
- Pérez, F., Andrés, J., Rubio, M., Parrón, M., & Parrón, E. (2016). Influencia en la huella hídrica en la fabricación de hormigón con escoria cobre y polvo de humo. *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*. <http://xxicnim.edu.umh.es/>
- Pérez, L. (2013). *Uso de la escoria de procesos metalúrgicos como agregado del concreto para la fabricación de elementos no estructurales* [Maestría, Universidad Industrial de Santander]. <https://www.studocu.com/es/document/universidad-industrial-de-santander/analydiseno-avanzado-de-estructuras/resumenes/uso-de-la-escoria-de-procesos-metalurgicos-como-agregado-del-concreto-para-la-fabricacion-de-elementos-no-estructurales/3009914/view>
- PI 2013. (2013). *Identificación, cuantificación y clasificación de los residuos de la construcción y la demolición depositados en espacios públicos*. Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/guia_meta09_VIVIE NDA.pdf
- PUD. (2016). *Plan Urbano Distrital Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa 2016 – 2021*. Equipo técnico PUD/MDCGAL; 01_PUD_2016-2021_MDCGAL-TACNA.pdf.
- Quevedo Rivera, S. G., & Guamán Altamirano, C. A. (2014). *Proyecto de Factibilidad para la Producción de Eco-Adoquines Peatonales Mediante la Reutilización de*

- Desechos Plásticos (Pet)*. [Titulo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3029>
- Romero, A. (2005). *Origen del drenaje ácido de minas y problemática ambiental de las Escombreras de Peña del Hierro (Faja Pirítica Ibérica)*. [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Sevilla].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=24061>
- Sánchez, M. (2002). *Obtención de subproductos con valor comercial a partir de escorias pirometalúrgicas provenientes de fundiciones de concentrados de cobre de la gran minería de Chile*. Investigación y Desarrollo C&T.
https://www.conicyt.cl/wp-content/themes/fondef/encuentra_proyectos/PROYECTO/02/I/D02I1159.html
- Sánchez, M., Parada, F., Parra, R., Marquez, F., Jara, R., Carrasco, J., & Palacios, J. (2004). Management of copper pyrometallurgical slags: Giving additional value to copper mining industry. *VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts*, 8.
- Santelices, B. (2013). *Innovación basada en conocimiento científico: Estudio en homenaje a los 50 años del Instituto de Chile y de la Academia Chilena de Ciencias*. Academia Chilena de Ciencias.
- Ulusay, R., & Hudson, J. (2013). *Serie completa de los métodos recomendados por la ISRM para la caracterización de rocas en laboratorio*. Sociedad Colombiana de Geotecnia, miembro de la ISRM.
- Vilchez, A. C. (2008). *Correlación de resultados de ensayos de resistencias en probetas de concreto estándar de 6°x12° y 4°x8° con cemento portland tipo I (sol) y cemento portland puzolánico tipo IP (atlas) con piedra serie n°57* [Tesis, Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/136>

ANEXOS

Ficha de identificación de Pasivos Ambientales Mineros

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P1 DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA Código de Registro: EFC-I LO-0001	
1. LOCALIZACIÓN	
Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E:249065 N:8065264 Altitud: 18,00 m	
2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL	
Cerros artificiales de color negruzco, que corresponde a los desechos mineros; la escoria de cobre, las cuales se vierten a botaderos.	
3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL	
Zona inestable de deslizamiento de material fundido a altas temperaturas (escoria de cobre) vertidos en botaderos improvisados, que genera material particulado y cambio de la percepción paisajística y visual; Remoción de la cobertura vegetal, migración de especies, disminución o muerte de la fauna.	
	
4. CAUSA / ORIGEN	
Abandono indiscriminado de material de los residuos de la fundición, en tierras no adecuadas para su depósito.	

5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES						
Deslizamiento y derrumbes	X	Erosión, sedimentación de cauce		Botaderos indiscriminados	X	
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	X	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		OTROS: Describa		
6. MATRIZ DE IMPORTANCIA						
MAGNITUD	EXTENSIÓN	DURACIÓN		PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA
Baja	Puntual	Fugaz		Irregular	En la fase de proyecto	
Media	Parcial	Temporal		Periódico	En la fase de obra	
Alta	Extenso	4	Pertinaz	8	Discontinuo	8
Muy alta	8	Total	Permanente		Continuo	12
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		TENDENCIA	TIPO	
Corto plazo		Largo plazo		Simple	Indirecto o secundario	
Mediano plazo		Medio plazo		Acumulativo	2	Directo o primario
Largo plazo		Inmediato		4		
Irreversible	12	Crítico				
7. CATEGORÍA AMBIENTAL						
Ecología		X	Aspectos estéticos			X
Contaminación ambiental			Aspectos de interés humano			

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010).

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P2**DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA**Código de Registro: **EFC-ILO-0002****1. LOCALIZACIÓN**

Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E: 249036 N:8065199 Altitud: 16,00 m

2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Presencia de material escorias de la fundición en el lado izquierdo de la carretera, dispuestos inadecuadamente.

3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Calidad estética deficiente, material fundido escoria de cobre en botadero improvisado, que genera material particulado y cambio de la percepción paisajística y visual; migración de especies, disminución o muerte de la fauna.

**4. CAUSA / ORIGEN**

Abandono indiscriminado de material de los residuos de la fundición, en tierras no adecuadas para su depósito.

5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES

Deslizamiento y derrumbes	X	Erosión, sedimentación de cauce	X	Botaderos indiscriminados	X
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		OTROS: Describa	

6. MATRIZ DE IMPORTANCIA											
MAGNITUD		EXTENSIÓN		DURACIÓN		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		IMPORTANCIA	
Baja		Puntual		Fugaz		Irregular		En la fase de proyecto		SEVERO IM -68	
Media		Parcial		Temporal		Periódico		En la fase de obra			
Alta	4	Extenso	4	Pertinaz	8	Discontinuo		Posterior al proyecto	8		
Muy alta		Total		Permanente		Continuo	12	No es posible			
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				TENDENCIA		TIPO			
Corto plazo		Largo plazo				Simple		Indirecto o secundario			
Mediano plazo		Medio plazo				Acumulativo		2	Directo o primario		2
Largo plazo		Inmediato				4					
Irreversible	12	Crítico									
7. CATEGORÍA AMBIENTAL											
Ecología				X		Aspectos estéticos				X	
Contaminación ambiental						Aspectos de interés humano					

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P3**DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA**Código de Registro: **EFC-ILO-0003****1. LOCALIZACIÓN**

Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E:248960 N:8065163 Altitud: 0,70 m

2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Zona inestable de deslizamiento de material fundido a altas temperaturas (escoria de cobre) vertidos en botaderos improvisados, que genera material particulado

3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Calidad estética deficiente, material fundido escoria de cobre en botadero improvisado, que genera material particulado, contribuyendo a la acumulación de sedimentos en la playa marina causando el cambio de la percepción paisajística y visual; migración de especies, disminución o muerte de la fauna.

**4. CAUSA / ORIGEN**

Abandono indiscriminado de material de los residuos de la fundición, en tierras no adecuadas para su depósito.

5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES

Deslizamiento y derrumbes	X	Erosión, sedimentación de cauce	X	Botaderos indiscriminados	X
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	X
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		OTROS: Describa	

6. MATRIZ DE IMPORTANCIA											
MAGNITUD		EXTENSIÓN		DURACIÓN		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		IMPORTANCIA	
<i>Baja</i>		<i>Puntual</i>		<i>Fugaz</i>		<i>Irregular</i>		<i>En la fase de proyecto</i>		SEVERO IM -68	
<i>Media</i>		<i>Parcial</i>		<i>Temporal</i>		<i>Periódico</i>		<i>En la fase de obra</i>			
<i>Alta</i>	4	<i>Extenso</i>	4	<i>Pertinaz</i>	8	<i>Discontinuo</i>		<i>Posterior al proyecto</i>	8		
<i>Muy alta</i>		<i>Total</i>		<i>Permanente</i>		<i>Continuo</i>	12	<i>No es posible</i>			
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				TENDENCIA		TIPO			
<i>Corto plazo</i>		<i>Largo plazo</i>				<i>Simple</i>		<i>Indirecto o secundario</i>			
<i>Mediano plazo</i>		<i>Medio plazo</i>				<i>Acumulativo</i>		2	<i>Directo o primario</i>		2
<i>Largo plazo</i>		<i>Inmediato</i>				4					
<i>Irreversible</i>	12	<i>Crítico</i>									
7. CATEGORÍA AMBIENTAL											
<i>Ecología</i>				X	<i>Aspectos estéticos</i>				X		
<i>Contaminación ambiental</i>				X	<i>Aspectos de interés humano</i>						

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P4**DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA**Código de Registro: **EFC-ILO-0004****1. LOCALIZACIÓN**

Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E: 249057 N:8064869 Altitud: 0,40 m

2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Zona de derrumbes de material fundido a altas temperaturas (escoria de cobre) sobre la playa marina, que genera acumulación de sedimentos causando que la profundidad del mar disminuya en dicha zona. garantizar la estabilidad estructural del depósito

3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Calidad estética deficiente, material fundido escoria de cobre en botadero improvisado, que genera acumulación de material particulado, contribuyendo a la acumulación de sedimentos en la playa marina y fondo marino, causando el cambio de la percepción paisajística y visual; migración de especies, disminución o muerte de la fauna. garantizar la estabilidad estructural del depósito, y de la presa para evitar su erosión. En ocasiones estos lixiviados son de carácter ácido y llevan disueltos elementos potencialmente tóxicos, que pueden provocar daños muy severos y con el paso del tiempo pueden llegar a ser irreversibles si no hay una buena predicción del impacto o si las medidas correctoras no son adecuadas (Romero, 2005).

**4. CAUSA / ORIGEN**

Abandono indiscriminado de material de los residuos de la fundición, en la playa marina.

5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES

Deslizamiento y derrumbes	X	Erosión, sedimentación de cauce	X	Botaderos indiscriminados	X
Contaminación de aguas	X	Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	X

Accesos a poblados interrumpidos				Daños a las fuentes de agua de los poblados				OTROS: Describa			
6. MATRIZ DE IMPORTANCIA											
MAGNITUD		EXTENSIÓN		DURACIÓN		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		IMPORTANCIA	
Baja		Puntual		Fugaz		Irregular		En la fase de proyecto		CRÍTICO IM -92	
Media		Parcial		Temporal		Periódico		En la fase de obra			
Alta		Extenso		Pertinaz		Discontinuo		Posterior al proyecto	8		
Muy alta	8	Total	8	Permanente	12	Continuo	12	No es posible			
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				TENDENCIA		TIPO			
Corto plazo		Largo plazo				Simple		Indirecto o secundario			
Mediano plazo		Medio plazo				Acumulativo		2	Directo o primario		2
Largo plazo		Inmediato				4					
Irreversible		12 Crítico									
7. CATEGORÍA AMBIENTAL											
Ecología				X		Aspectos estéticos				X	
Contaminación ambiental				X		Aspectos de interés humano					

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P5

DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA

Código de Registro: **EFC-ILO-0005**

1. LOCALIZACIÓN

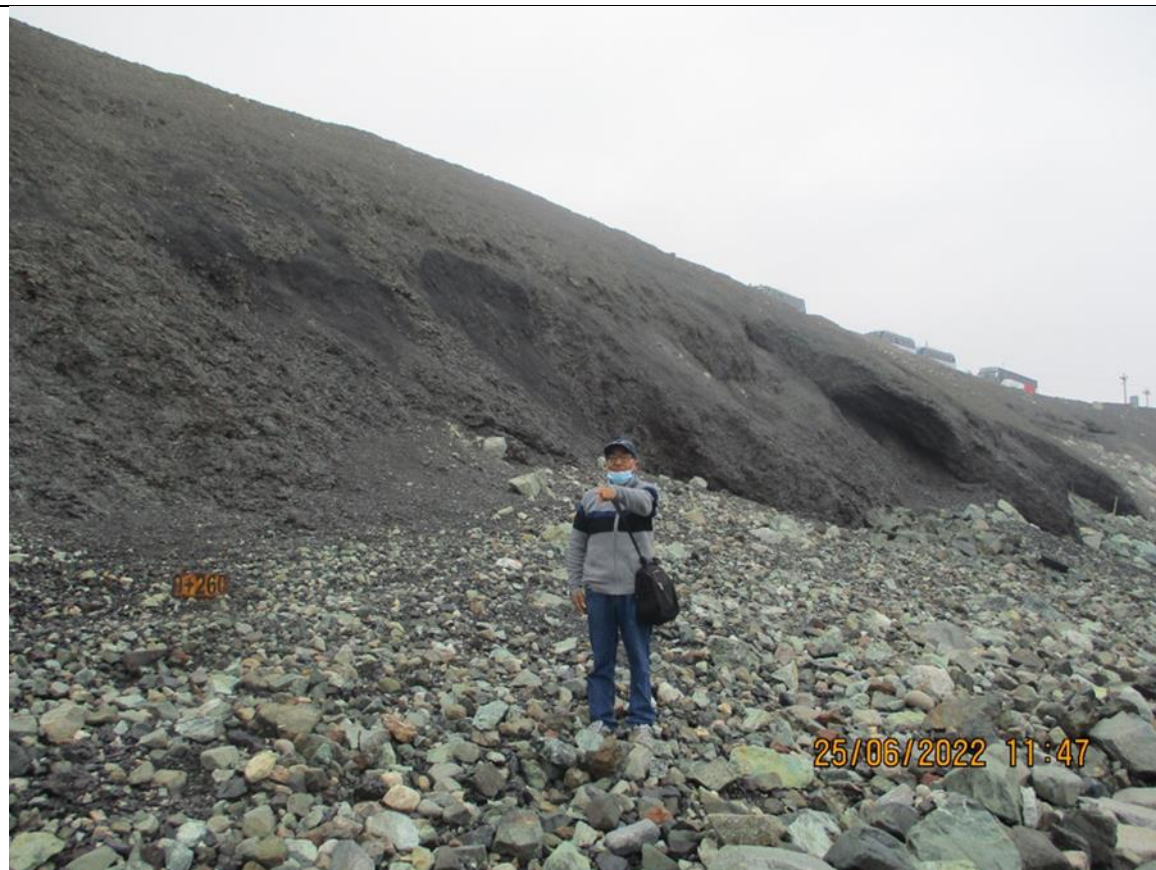
Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E: 249130 N:8064373 Altitud: 5,60 m

2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Zona de derrumbes de material fundido a altas temperaturas (escoria de cobre) sobre la playa marina, que genera acumulación de sedimentos causando que la profundidad del mar disminuya en dicha zona. garantizar la estabilidad estructural del depósito

3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Calidad estética deficiente, material fundido escoria de cobre en botadero improvisado, que genera acumulación de material particulado, contribuyendo a la acumulación de sedimentos en la playa marina y fondo marino, causando el cambio de la percepción paisajística y visual; migración de especies, disminución o muerte de la fauna. garantizar la estabilidad estructural del depósito, y de la presa para evitar su erosión. En ocasiones estos lixiviados son de carácter ácido y llevan disueltos elementos potencialmente tóxicos, que pueden provocar daños muy severos y con el paso del tiempo pueden llegar a ser irreversibles si no hay una buena predicción del impacto o si las medidas correctoras no son adecuadas (Romero, 2005).



4. CAUSA / ORIGEN

Abandono indiscriminado de material de los residuos de la fundición, en la playa marina.

5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES

Deslizamiento y derrumbes	X	Erosión, sedimentación de cauce	X	Botaderos indiscriminados	X
Contaminación de aguas	X	Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	X

Accesos a poblados interrumpidos				Daños a las fuentes de agua de los poblados				OTROS: Describa			
6. MATRIZ DE IMPORTANCIA											
MAGNITUD		EXTENSIÓN		DURACIÓN		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		IMPORTANCIA	
Baja		Puntual		Fugaz		Irregular		En la fase de proyecto		CRÍTICO IM -92	
Media		Parcial		Temporal		Periódico		En la fase de obra			
Alta		Extenso		Pertinaz		Discontinuo		Posterior al proyecto	8		
Muy alta	8	Total	8	Permanente	12	Continuo	12	No es posible			
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				TENDENCIA		TIPO			
Corto plazo		Largo plazo				Simple		Indirecto o secundario			
Mediano plazo		Medio plazo				Acumulativo		2	Directo o primario	2	
Largo plazo		Inmediato				4					
Irreversible	12	Crítico									
7. CATEGORÍA AMBIENTAL											
Ecología				X		Aspectos estéticos				X	
Contaminación ambiental				X		Aspectos de interés humano					

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS N° P6**DISTRITO DE ILO, PROVINCIA DE ILO, REGIÓN DE MOQUEGUA**Código de Registro: **CIU-ILO-0006****1. LOCALIZACIÓN**

Datum: WGS84 zona: 19k Coordenadas UTM: E: 251690 N:8047726 Altitud: 29,00 m

2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Material escoria de cobre que lo utilizan como balastro en las vías férrea, gravilla para líneas de ferrocarriles.

3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Una de las funciones del balastro es facilitar la evacuación de las aguas de lluvia

**4. CAUSA / ORIGEN***Deposición indiscriminada de material de los residuos de la fundición, en la línea férrea.***5. TIPOS DE PASIVOS AMBIENTALES**

<i>Deslizamiento y derumbes</i>	X	<i>Erosión, sedimentación de cauce</i>	<i>Botaderos indiscriminados</i>	X
<i>Contaminación de aguas</i>		<i>Daños ecológicos y paisajísticos</i>	<i>Áreas degradadas</i>	X
<i>Accesos a poblados interrumpidos</i>		<i>Daños a las fuentes de agua de los poblados</i>	<i>OTROS: Describa</i>	<i>contaminación de suelos</i>

6. MATRIZ DE IMPORTANCIA									
MAGNITUD		EXTENSIÓN		DURACIÓN		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA
<i>Baja</i>		<i>Puntual</i>		<i>Fugaz</i>		<i>Irregular</i>		<i>En la fase de proyecto</i>	MODERADO IM --46
<i>Media</i>	2	<i>Parcial</i>	2	<i>Temporal</i>		<i>Periódico</i>		<i>En la fase de obra</i>	
<i>Alta</i>		<i>Extenso</i>		<i>Pertinaz</i>		<i>Discontinuo</i>		<i>Posterior al proyecto</i>	
<i>Muy alta</i>		<i>Total</i>		<i>Permanente</i>	12	<i>Continuo</i>	12	<i>No es posible</i>	
REVERSIBILIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			TENDENCIA		TIPO		
<i>Corto plazo</i>		<i>Largo plazo</i>				<i>Simple</i>		<i>Indirecto o secundario</i>	
<i>Mediano plazo</i>	4	<i>Medio plazo</i>				<i>Acumulativo</i>	2	<i>Directo o primario</i>	
<i>Largo plazo</i>		<i>Inmediato</i>			4				
<i>Irreversible</i>		<i>Crítico</i>							
7. CATEGORÍA AMBIENTAL									
<i>Ecología</i>					<i>Aspectos estéticos</i>			X	
<i>Contaminación ambiental</i>				X	<i>Aspectos de interés humano</i>			X	

Nota: Elaborado en base a (Dp Word, 2010)

Toma de datos en Ficha de registro de Residuos Mineros EFC

PAM 003		RESIDUOS MINEROS			Nº P1
EX UNIDAD MINERA		INSPECTOR		COMPONENTE	
Fundación de cobre SPCC ilo		Esteban B. Yachaca M.		FAM	
Tipo de residuo minero	Material de desbroce	Desmante de mina	<input checked="" type="checkbox"/> Escorias	Pila de lixiviación	
	Relaves	Residuos de carbón	Lodos de neutralización	Suelo orgánico	
Otro (especificar):					
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	8065264	249065	19k	WGS84	
Ubicación del componente (describir)	cerca a la fundición de cobre de ILO, a la derecha carretera panamericana - Costanera Norte.				
Tamaño del componente	Área superficial (m ²):		Altura (m)	Volumen (m ³):	
	A 254,54		17,30	21 703,54	
Características del residuo	Tamaño de partículas	Grueso	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	Fino	
	Humedad	<input checked="" type="checkbox"/> Seco	Húmedo	Saturado	
	Tipo de contención	<input checked="" type="checkbox"/> Autocontenido	Presa	Depresión	
	Cobertura	Natural	Diseñada	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguna	
	Otras características (describir):				
Suelos disturbados (describir)	Suelo colapsable, erosión hídrica y eólica en áreas cercanas al mar.				
Obras de rehabilitación (describir)	Ninguna, zona cercana al cerco que limita el acceso.				
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada <input checked="" type="checkbox"/>	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso (variabilidad de taludes a corto y largo plazo)	0= Ninguno	1= No hay taludes empinados	2= Taludes empinados (>5 m)	3= Taludes empinados elevados (>5 m) <input checked="" type="checkbox"/>
	Condiciones de cierre	0= Cobertura en buenas condiciones o no requerida	1= Cobertura un poco deteriorada e mal diseñada/estructura	2= Cobertura seriamente dañada o residuo parcialmente expuesto	3= Residuo totalmente expuesto <input checked="" type="checkbox"/>
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cercos y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños <input checked="" type="checkbox"/>	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños
	Potencial de hundimiento	<input checked="" type="checkbox"/> 0= Ninguno	1= Evidencia de hundimientos menores	2= Evidencia de hundimientos moderados	3= Evidencia de hundimiento condiciones peligrosas
	Potencial de daño físico relacionado con el residuo (considerar corto y largo plazo)	0= Ninguno (físicamente estable e inaccesible)	1= Bajo potencial, requiere interacción humana intencional <input checked="" type="checkbox"/>	2= Potencial moderado, elementos físicos o estabilidad pueden causar daño a transeúntes	3= Alto potencial, elementos físicos o estabilidad con alto riesgo de causar daño a transeúntes
	Presencia de escombros, rocas, materiales, etc. en la pila	0= Ninguno	1= Presencia menor de escombros o elementos naturales estables	2= Presencia de elementos naturales y no naturales que representan riesgo para los transeúntes <input checked="" type="checkbox"/>	3= Notable presencia de elementos naturales y no naturales que representan un riesgo significativo para los transeúntes
	Otros riesgos para la seguridad				

Salud humana y ambiental	Evidencia de erosión hídrica o eólica	0= Ninguna	1= Mínima	X 2= Moderada	3= Severa
	Evidencia de inundaciones, descargas, drenajes o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable	X 1= Evidencia de eventos mínimos	X 2= Evidencia de eventos mínimos o moderados	3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Potencial de drenaje ácido (según inspección visual)	0= Ninguno	X 1= Manchas de precipitados	2= Pequeño flujo de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir	3= Grandes cantidades de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir
	Evidencia de sustancias tóxicas (cianuro, arsénico, etc.)	0= Ninguna	X 1= Mínima, inferior de acuerdo a actividades pesadas y confinada al sitio	2= Mínima o moderada (e.g., contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida silvestre y conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cercada o sellada)	X 1= Accesible pero fácil de escapar	2= Accesible y difícil de escapar	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	X 0= Ninguna atracción aparente	1= Menor, debido a vegetación/hábitat	2= Atracción moderada debido a alimentos y hábitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y hábitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	X 3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad)
	Proximidad a áreas protegidas	X 0= >10 km de un área protegida	1= <10 km de un área protegida	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	X 0= Ningún uso sensible del suelo	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Drenaje o filtración hacia cuerpos de agua	0= Ninguno	X 1= Potencial de contaminar cuerpos de agua durante temporada de lluvias	2= Potencial de contaminar cuerpos de agua en cualquier momento	3= Descarga de aguas contaminadas hacia cuerpos de agua
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH		Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C
		-		-	16
Fotos y diagramas (use hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					

Nota: Elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM

PAM 003		RESIDUOS MINEROS			Nº P2
EX UNIDAD MINERA		INSPECTOR		COMPONENTE	
Fundición de Cobre SPCC 110		Esteban B. Machaca M		PAM	
Tipo de residuo minero	Material de desbroce	Desmonte de mina	<input checked="" type="checkbox"/> Escorias	Pila de lixiviación	
	Relaves	Residuos de carbón	Lodos de neutralización	Suelo orgánico	
Otro (especificar):					
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	8065199	249036	19K	WGS 84	
Ubicación del componente (describir): Al lado 139 mercado de la carretera Panamericana - Estación Norte, cerca a la playa.					
Tamaño del componente	Área superficial (m2):		Altura (m)	Volumen (m3)	
	1318,24		10,50	13841,52	
Características del residuo	Tamaño de partículas	Grueso	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	Fino	
	Humedad	Seco	<input checked="" type="checkbox"/> Húmedo	Saturado	
	Tipo de contención	<input checked="" type="checkbox"/> Autocontenido	Presa	Depresión	
	Cobertura	Natural	Diseñada	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguna	
	Otras características (describir):				
Suelos disturbados (describir): Abandono de escurias en tierras no adecuadas para su depósito, que genera material particulado, inestabilidad física, cercano al mar.					
Otras de rehabilitación (describir): Ninguna					
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada <input checked="" type="checkbox"/>	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso (estabilidad de taludes a corto y largo plazo)	0= Ninguno	1= No hay taludes empinados	2= Taludes empinados (<3 m)	3= Taludes empinados elevados (>5 m) <input checked="" type="checkbox"/>
	Condiciones de cierre	0= Cobertura en buenas condiciones o no requerida	1= Cobertura un poco deteriorada o mal diseñada/construida	2= Cobertura seriamente dañada o residuo parcialmente expuesto	3= Residuo totalmente expuesto <input checked="" type="checkbox"/>
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cerco y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños <input checked="" type="checkbox"/>
	Potencial de hundimiento	0= Ninguno	1= Evidencia de hundimientos menores <input checked="" type="checkbox"/>	2= Evidencia de hundimientos moderados	3= Evidencia de hundimiento condiciones peligrosas
	Potencial de daño físico relacionado con el residuo (considerar corto y largo plazo)	0= Ninguno (físicamente estable e inaccesible)	1= Bajo potencial, requiere interacción humana intencional	2= Potencial moderado, elementos físicos o estabilidad pueden causar daño a transeúntes	3= Alto potencial, elementos físicos o estabilidad con alto riesgo de causar daño a transeúntes <input checked="" type="checkbox"/>
	Presencia de escombros, rocas, materiales, etc. en la pila	0= Ninguno	1= Presencia menor de escombros o elementos naturales estables	2= Presencia de elementos naturales y no naturales que representan riesgo para los transeúntes <input checked="" type="checkbox"/>	3= Notable presencia de elementos naturales y no naturales que representan un riesgo significativo para los transeúntes
Otros riesgos para la seguridad					

Salud humana y ambiental	Evidencia de erosión hídrica o eólica	0= Ninguna	1= Mínima	2= Moderada	X 3= Severa
	Evidencia de inundaciones, descargas, drenajes o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable	1= Evidencia de eventos mínimos	2= Evidencia de eventos mínimos o moderados X	3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Potencial de drenaje ácido (según inspección visual)	0= Ninguno	1= Manchas de precipitados	2= Pequeño flujo de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir X	3= Grandes cantidades de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir
	Evidencia de sustancias tóxicas (cianuro, arsénico, etc.)	0= Ninguna	1= Mínima, inferida de acuerdo a actividades pasadas y confinada al sitio X	2= Mínima o moderada (e.g. contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida silvestre y conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cerrada o sellada)	1= Accesible pero fácil de escapar	2= Accesible y difícil de escapar X	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	0= Ninguna atracción aparente X	1= Menor, debido a vegetación/habitat	2= Atracción moderada debido a alimentos y habitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y habitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad) X
	Proximidad a áreas protegidas	0= >10 km de un área protegida X	1= <10 km de un área protegida	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	0= Ningún uso sensible del suelo X	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Drenaje o filtración hacia cuerpos de agua	0= Ninguno	1= Potencial de contaminar cuerpos de agua durante temporada de lluvias X	2= Potencial de contaminar cuerpos de agua en cualquier momento	3= Descarga de aguas contaminadas hacia cuerpos de agua
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH	Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C	
	—	—	—	16	
Fotos y diagramas (usa hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					

Nota: Elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM

PAM 003		RESIDUOS MINEROS			Nº P3
EX UNIDAD MINERA		INSPECTOR		COMPONENTE	
Fundición de cobre SPCC ILO		Eduardo B. Machaca M.		PAM	
Tipo de residuo minero	Material de desbroce	Desmonte de mina	<input checked="" type="checkbox"/> Escorias	Pila de lixiviación	
	Relaves	Residuos de carbón	Lodos de neutralización	Suelo orgánico	
Otro (especificar):					
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	8065264	249065	19K	WGS84	
Ubicación del componente (describir): Playa marina del mar de ILO					
Tamaño del componente	Área superficial (m ²):		Altura (m)	Volumen (m ³):	
	1306,12		15,80	20636,63	
Características del residuo	Tamaño de partículas	Grueso	Medio	Fino	
	Humedad	Seco		Húmedo	Saturado
	Tipo de contención	Autocontenido		Prasa	Depresión
	Cobertura	Natural		Diseñada	Ninguna
	Otras características (describir):				
Suelos disturbados (describir): Material particulado de escoria de cobre que contribuye a la formación de sedimentos en suelos y agua en la playa marina.					
Obras de rehabilitación (describir): Ninguna					
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso (estabilidad de taludes a corto y largo plazo)	0= Ninguno	1= No hay taludes empinados	2= Taludes empinados (<5 m)	3= Taludes empinados elevados (>5 m)
	Condiciones de cierre	0= Cobertura en buenas condiciones o no requiere	1= Cobertura un poco deteriorada o mal diseñada/construida	2= Cobertura seriamente dañada o residuos parcialmente expuestos	3= Residuo totalmente expuesto
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cerco y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños
	Potencial de hundimiento	0= Ninguno	1= Evidencia de hundimientos menores	2= Evidencia de hundimientos moderados	3= Evidencia de hundimiento condiciones peligrosas
	Potencial de daño físico relacionado con el residuo (considerar corto y largo plazo)	0= Ninguno (físicamente estable e incesante)	1= Bajo potencial, regular interacción humana intencional	2= Potencial moderado, elementos físicos o estabilidad pueden causar daño a transeúntes	3= Alto potencial, elementos físicos o estabilidad con alto riesgo de causar daño a transeúntes
	Presencia de escombros, rocas, materiales, etc. en la pila	0= Ninguno	1= Presencia menor de escombros o elementos naturales estables	2= Presencia de elementos naturales y no naturales que representan riesgo para los transeúntes	3= Notable presencia de elementos naturales y no naturales que representan un riesgo significativo para los transeúntes
	Otros riesgos para la seguridad				

Salud humana y ambiental	Evidencia de erosión hídrica o eólica	0= Ninguna	1= Mínima	2= Moderada	X 3= Severa
	Evidencia de inundaciones, descargas, drenajes o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable	1= Evidencia de eventos mínimos	2= Evidencia de eventos mínimos o moderados X	3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Potencial de drenaje ácido (según inspección visual)	0= Ninguna	1= Manchas de precipitados	2= Pequeño flujo de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir X	3= Grandes cantidades de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir
	Evidencia de sustancias tóxicas (cianuro, arsénico, etc.)	0= Ninguna	1= Mínima, inferida de acuerdo a actividades pasadas y confinada al sitio X	2= Mínima o moderada (e.g., contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida silvestre y conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cercada o sellada)	1= Accesible pero fácil de escapar	2= Accesible y difícil de escapar X	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	0 = Ninguna atracción aparente	1= Menor, debido a vegetación/hábitat	2= Atracción moderada debido a alimentos y hábitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y hábitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad) X
	Proximidad a áreas protegidas	0= >10 km de un área protegida X	1= <10 km de un área protegida	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	0= Ningún uso sensible del suelo X	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Drenaje o filtración hacia cuerpos de agua	0= Ninguno	1= Potencial de contaminar cuerpos de agua durante temporadas de lluvias	2= Potencial de contaminar cuerpos de agua en cualquier momento X	3= Descarga de aguas contaminadas hacia cuerpos de agua
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH	Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C	
	—	—	—	16	
Fotos y diagramas (use hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					

Nota: Elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM

PAM 003		RESIDUOS MINEROS			Nº P4
EX UNIDAD MINERA		INSPECTOR		COMPONENTE	
Fundición de cobre SPCC ILO		Esteban B. Machaca M.		FAM	
Tipo de residuo minero	Material de desbroce	Desmonte de mina	<input checked="" type="checkbox"/> Escorias	Pila de lixiviación	
	Relieves	Residuos de carbón	Lodos de neutralización	Suelo orgánico	
Otro (especificar):					
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	8064869	249057	19K	W0584	
Ubicación del componente (describir)					
Zona de inestabilidad física, derrumbes, causando que la profundidad del mar disminuya en esa zona.					
Tamaño del componente	Área superficial (m ²):		Altura (m)	Volumen (m ³)	
	26816,81		14,10	378116,97	
Características del residuo	Tamaño de partículas	Grueso	Medio	Fino	
	Humedad	Seco	Húmedo	Saturado	
	Tipo de contención	Autocontenido	Preso	Depresión	
	Cobertura	Natural	Diseñada	Ninguna	
	Otras características (describir):				
Suelos disturbados (describir)					
Acumulación de sedimentos en la playa y en el fondo marino, en la orilla del mar.					
Obras de rehabilitación (describir)					
Muros de contención de rocas.					
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso (estabilidad de taludes a corto y largo plazo)	0= Ninguno	1= No hay taludes empinados	2= Taludes empinados (<5 m)	3= Taludes empinados elevados (>5 m)
	Condiciones de cierre	0= Cobertura en buenas condiciones o no requerida	1= Cobertura un poco deteriorada o mal diseñada/construida	2= Cobertura seriamente dañada o residuo parcialmente expuesto	3= Residuo totalmente expuesto
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cerco y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños
	Potencial de hundimiento	0= Ninguno	1= Evidencia de hundimientos menores	2= Evidencia de hundimientos moderados	3= Evidencia de hundimiento condiciones peligrosas
	Potencial de daño físico relacionado con el residuo (considerar corto y largo plazo)	0= Ninguno (físicamente estable e inaccesible)	1= Bajo potencial, requiere interacción humana intencional	2= Potencial moderado, elementos físicos o estabilidad pueden causar daño a transeúntes	3= Alto potencial, elementos físicos o estabilidad con alto riesgo de causar daño a transeúntes
	Presencia de escombros, rocas, materiales, etc. en la pila	0= Ninguno	1= Presencia menor de escombros o elementos naturales estables	2= Presencia de elementos naturales y no naturales que representan riesgo para los transeúntes	3= Notable presencia de elementos naturales y no naturales que representan un riesgo significativo para los transeúntes
Otros riesgos para la seguridad					

Salud humana y ambiental	Evidencia de erosión hídrica o eólica	0= Ninguna	1= Mínima	2= Moderada	X 3= Severa
	Evidencia de inundaciones, descargas, drenajes o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable	1= Evidencia de eventos mínimos	2= Evidencia de eventos mínimos o moderados	X 3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Potencial de drenaje ácido (según inspección visual)	0= Ninguno	1= Manchas de precipitados	X 2= Pequeño flujo de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir	3= Grandes cantidades de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir
	Evidencia de sustancias tóxicas (cianuro, arsénico, etc.)	0= Ninguna	X 1= Mínima, inferida de acuerdo a actividades pesadas y confinada al sitio	2= Mínima o moderada (e.g., contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida silvestre y conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cercada o sellada)	1= Accesible pero fácil de escapar	X 2= Accesible y difícil de escapar	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	X 0= Ninguna atracción aparente	1= Menor, debido a vegetación/hábitat	2= Atracción moderada debido a alimentos y hábitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y hábitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	X 3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad)
	Proximidad a áreas protegidas	X 0= >10 km de un área protegida	1= <10 km de un área protegida	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	X 0= Ningún uso sensible del suelo	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Drenaje o filtración hacia cuerpos de agua	0= Ninguno	1= Potencial de contaminar cuerpos de agua durante temporada de lluvias	X 2= Potencial de contaminar cuerpos de agua en cualquier momento	3= Descarga de aguas contaminadas hacia cuerpos de agua
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH	Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C	
	-	-	-	16	
Fotos y diagramas (use hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					

Nota: Elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM

PAM 003		RESIDUOS MINEROS			Nº P5
EX UNIDAD MINERA Fundación de cobre SPCC 110.		INSPECTOR Esteban B. Machuca M.		COMPONENTE PAM	
Tipo de residuos minero:	Material de desbroce	Desmonte de mina	<input checked="" type="checkbox"/> Escorias	Pila de lixiviación	
	Relaves	Residuos de carbón	Lodos de neutralización	Suelo orgánico	
Otro (especificar):					
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	806 437 3	249 130	19k	WGS 84	
Ubicación del componente (describir) Zona entre la carretera Panamericana - costanera Norte y el Mar, frente a la Fundación de 110.					
Tamaño del componente	Área superficial (m ²):		Altura (m)	Volumen (m ³)	
	31889,35		11,90	379 483,21	
Características del residuo	Tamaño de partículas	Grueso	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	Fino	
	Humedad	Seco	<input checked="" type="checkbox"/> Húmedo	Saturado	
	Tipo de contención	<input checked="" type="checkbox"/> Autocontenido	Preso	Depresión	
	Cobertura	Natural	Diseñada	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguna	
	Otras características (describir):				
Suelos disturbados (describir)	Terreno colapsado, con inestabilidad física, causando derrumbes sobre la orilla del mar, con sedimentos de escoria				
Obras de rehabilitación (describir)	Muros de roca para contención.				
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada <input checked="" type="checkbox"/>	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso (estabilidad de taludes a corto y largo plazo)	0= Ninguno	1= No hay taludes empinados	2= Taludes empinados (<5 m)	3= Taludes empinados elevados (>5 m) <input checked="" type="checkbox"/>
	Condiciones de cierre	0= Cobertura en buenas condiciones o no requerida	1= Cobertura un poco deteriorada o mal diseñada/construida	2= Cobertura seriamente dañada o residuo parcialmente expuesto	3= Residuo totalmente expuesto <input checked="" type="checkbox"/>
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cercos y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños <input checked="" type="checkbox"/>
	Potencial de hundimiento	0= Ninguno	1= Evidencia de hundimientos menores <input checked="" type="checkbox"/>	2= Evidencia de hundimientos moderados	3= Evidencia de hundimientos condiciones peligrosas
	Potencial de daño físico relacionado con el residuo (considerar corto y largo plazo)	0= Ninguno (físicamente estable e inaccesible)	1= Bajo potencial, requiere interacción humana intencional	2= Potencial moderado, elementos físicos o estabilidad pueden causar daño a transeúntes	3= Alto potencial, elementos físicos o estabilidad con alto riesgo de causar daño a transeúntes <input checked="" type="checkbox"/>
	Presencia de escombros, rocas, materiales, etc. en la pila	0= Ninguno	1= Presencia menor de escombros o elementos naturales estables	2= Presencia de elementos naturales y no naturales que representan riesgo para los transeúntes	3= Notable presencia de elementos naturales y no naturales que representan un riesgo significativo para los transeúntes <input checked="" type="checkbox"/>
	Otros riesgos para la seguridad				

Salud humana y ambiental	Evidencia de erosión hídrica o eólica	0= Ninguna	1= Mínima	2= Moderada	X 3= Severa
	Evidencia de Inundaciones, descargas, derrames o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable	1= Evidencia de eventos mínimos	2= Evidencia de eventos mínimos o moderados	X 3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Potencial de drenaje ácido (según inspección visual)	0= Ninguno	1= Manchas de precipitados	X 2= Pequeño flujo de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir	3= Grandes cantidades de drenaje ácido fluyendo o que podría fluir
	Evidencia de sustancias tóxicas (cianuro, arsénico, etc.)	0= Ninguna	1= Mínima, inferida de acuerdo a actividades pasadas y confinada al sitio	2= Mínima o moderada (e.g., contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida silvestre y conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cercada o sellada)	1= Accesible pero fácil de escapar	X 2= Accesible y difícil de escapar	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	X 0= Ninguna atracción aparente	1= Menor, debido a vegetación/hábitat	2= Atracción moderada debido a alimentos y hábitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y hábitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	X 3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad)
	Proximidad a áreas protegidas	X 0= >10 km de un área protegida	1= <10 km de un área protegida	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	X 0= Ningún uso sensible del suelo	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Drenaje o filtración hacia cuerpos de agua	0= Ninguno	1= Potencial de contaminar cuerpos de agua durante temporada de lluvias	X 2= Potencial de contaminar cuerpos de agua en cualquier momento	3= Descarga de aguas contaminadas hacia cuerpos de agua
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH	Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C	
	-	-	-	16	
Fotos y diagramas (usa hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					



Nota: Elaborado en base a RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 173-2009-MEM-DGM



PAM 005		EDIFICACIONES, INFRAESTRUCTURA Y OTROS			N° P6
EX UNIDAD MINERA <i>Fundición de Cobre SPCC ILO</i>		INSPECTOR <i>Esteban B. Machaca M.</i>		COMPONENTE <i>PAM</i>	
Tipo de edificación, infraestructura y otro	Campamentos, oficinas, talleres	<input checked="" type="checkbox"/>	Caminos, helipuertos, pistas de aterrizaje, líneas férreas	Líneas eléctricas	Generadores y transformadores eléctricos
	Plantas de procesamiento		Chancadoras	Patios de testigos de perforación diamantina	Otro (especificar)
Ubicación del componente (coordenadas UTM)	Norte	Este	Zona	Datum	
	<i>804 7726</i>	<i>2516 90</i>	<i>19 K</i>	<i>WGS 84</i>	
Utilización del componente (describir)	<i>Ciudad de ILO, en la línea del tren</i>				
Tamaño del componente	Área superficial (m ²)		Altura (m)	Volumen (m ³)	
	<i>900,00</i>		<i>0,30</i>	<i>270,00</i>	
Tipo de construcción (materiales, técnicas, etc.)	<i>Material granular escoria de cobre usado como balastro en la vía férrea.</i>				
Suelos disturbados (describir)	<i>Disposición indiscriminada de escoria de cobre sobre la línea del tren</i>				
Obras de rehabilitación (describir)	<i>Diques de contención de la ladera.</i>				
Seguridad humana	Accesibilidad	0= Bote, helicóptero, avión	1= Recorrido largo en vehículo o a pie en vía no demarcada	2= En vehículo, seguido de distancia corta a pie (<500 m)	3= Adyacente a áreas pobladas, corta distancia en vehículo o corta distancia a pie
	Potencial de colapso	<input checked="" type="checkbox"/> 0= Ninguno	1= Cimentaciones en buenas condiciones, construcciones a nivel del suelo	2= Cimentaciones deterioradas, construcciones inestables de poca elevación	3= Cimentaciones deterioradas, caída de escombros construcciones elevadas
	Condiciones de la estructura	0= Estructuras removidas y sitio rehabilitado	1= Estructuras removidas. Sitio no rehabilitado	2= Estructuras parcialmente removidas	<input checked="" type="checkbox"/> 3= Estructuras permanecen en el sitio
	Presencia de señales y cercos para limitar acceso	0= Sitio adecuadamente protegido con cerco y señales	1= Sitio señalizado con bajo riesgo de causar daños	2= Sitio no señalizado, riesgo de causar daños bajo a moderado	3= Sitio no señalizado y alto riesgo de causar daños
	Potencial de incendios o explosiones	<input checked="" type="checkbox"/> 0= Ningún potencial	1= Probable presencia de materiales combustibles o explosivos	2= Materiales combustibles o explosivos presentes en menores cantidades	3= Grandes cantidades de materiales combustibles o explosivos
	Potencial de accidentes eléctricos	0= Ningún potencial	1= Riesgo de accidentes relacionado a tormentas eléctricas	2= Equipos o conductores eléctricos posiblemente conectados a la red	<input checked="" type="checkbox"/> 3= Equipos o conductores eléctricos conectados a la red
	Potencial de desplome de equipos o estructuras sobre transeúntes	0= Ningún potencial	1= Pocos casos de equipos o estructuras que pudieran desplomarse	2= Algunos equipos o estructuras pueden desplomarse	3= Equipos o estructuras muy inestables
	Presencia de asbestos	<input checked="" type="checkbox"/> 0= No hay presencia de asbestos	1= Materiales con contenido de asbestos intactos y protegidos	2= Presencia de materiales con asbestos dañados pero no dispersos	3= Materiales con asbestos dañados y con signos de dispersión


	Otros riesgos para la seguridad				
Salud Humana y Ambiental	Evidencia de inundaciones, descargas, drenajes o derrames previos (relacionada a la actividad minera)	0= No hay evidencia y las condiciones sugieren que es improbable X	1= Evidencia de eventos mínimos	2= Evidencia de eventos mínimos o moderados	3= Evidencia de eventos moderados o severos
	Evidencia de sustancias tóxicas	0= Ninguna	1= Mínima, inferida de acuerdo a actividades pesadas y confinada al sitio X	2= Mínima o moderada (e.g., contenedores de reactivos abandonados en el sitio)	3= Moderada o severa, no confinada y fluyendo hacia receptores externos
	Presencia de PCBs	0= No hay indicios de uso de materiales que pudieran contener PCBs X	1= Indicio de cantidades menores de PCBs (e.g., componentes de lámparas fluorescentes)	2= Presencia de transformadores eléctricos	3= Presencia de transformadores eléctricos antiguos (e.g., anteriores a 1970)
	Potencial de acceso de personas a espacios confinados mal ventilados	0= No existen espacios confinados X	1= Espacios confinados bien ventilados	2= Espacios confinados mal ventilados. Potencial de atmósferas con poco oxígeno	3= Espacios confinados accesibles con evidencia de atmósferas con poco oxígeno o con gases tóxicos
	Otros riesgos a la salud humana y ambiental (describir)				
Vida Silvestre y Conservación	Accesibilidad y escape para la fauna silvestre	0= No hay acceso (área cercada o sellada)	1= Accesible pero fácil de escapar X	2= Accesible y difícil de escapar	3= Fácil acceso sin posibilidades de escapar
	Atracción de fauna silvestre	0= Ninguna atracción aparente	1= Atracción menor debido a vegetación/hábitat X	2= Atracción moderada debido a alimentos y hábitat	3= Muy atractivo debido a alimentos y hábitat
	Vegetación en el sitio y alrededores	0= Sitio y alrededores cubiertos con vegetación consistente con el clima X	1= Cobertura vegetal limitada al sitio o la periferia	2= Evidencia de vegetación afectada en el sitio o periferia	3= Ninguna vegetación (aparentemente por fitotoxicidad)
	Proximidad a áreas protegidas	0= >10 km de un área protegida	1= <10 km de un área protegida X	2= <1 km de un área protegida	3= Dentro de un área protegida
	Sensibilidad del área (uso tradicional del suelo, corredor de fauna)	0= Ningún uso sensible del suelo X	1= <10 km de un área sensible	2= <1 km de un área sensible	3= Dentro de un área sensible
	Otros problemas ambientales (describir)				
Mediciones de campo	pH	Conductividad (µS/cm)	Caudal (L/s)	Temperatura °C	
	-	-	-	16	
Fotos y diagramas (use hojas adicionales si es necesario)					
Comentarios					



Nota: Elaborado en base a Resolución Directoral N° 173-2009-MEM-DGM



Formatos de ensayos de laboratorio Mecánica de rocas y concreto UNJBG



		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO					
Índice de resistencia a la carga puntual Is(50)							
Nº	Diámetro de la muestra De (cm)	Longitud de la muestra L (cm)	Ancho de la muestra W (cm)	Fuerza Aplicada P (Kg)	Is Kg/cm ²	Is(50) Kg/cm ²	Is(50) Mpas
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
PROMEDIO							



		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO				
Abrasión los ángeles						
METODO "A"						
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.
PASA	RETENIDO					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
1/4"	N°4					
TOTAL						
% DE DESGASTE						

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO				
Análisis granulométrico						
Tamiz	Peso retenido(g)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Especificacio nes	
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
N°4						
Fondo						
Total						

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Peso específico y Absorción del agregado fino			
Descripción	M1	M2	M3
Peso del matraz(g)			
Peso de la arena superficialmente seca + peso del matraz(g)			
Peso de la arena superficialmente seca + peso del matraz+peso del agua (g)			
Peso del agua (g)			
Peso de la arena seca (g)			
Volumen del matraz(cm ³)			
Peso específico de masa saturado superficialmente seco			
Porcentaje de Absorción (%)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Peso volumétrico suelto del agregado fino			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (kg)			
Peso del recipiente (kg)			
Peso de la muestra suelta (kg)			
Peso unitario suelto (kg/m ³)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Peso volumétrico compactado del agregado fino			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente (kg)			
Peso del recipiente (kg)			
Peso de la muestra compactada (kg)			
Peso unitario compactado (kg/m ³)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Contenido de humedad del agregado fino			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)			
Peso de la muestra seca (g)			
Contenido de agua (g)			
Contenido de humedad (%)			






UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO







Peso específico y Absorción del agregado grueso

Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)			
Peso dentro del agua de la muestra saturada + canastilla (g)			
Peso de la canastilla dentro del agua (g)			
Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)			
Peso de la muestra seca (g)			
Peso específico de masa saturado superficialmente seco			
Porcentaje de Absorción (%)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Peso unitario suelto agregado grueso			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra suelta + recipiente (g)			
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra suelta (g)			
Volumen del recipiente (cm ³)			
Peso unitario suelto (kg/m ³)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Peso unitario compactado agregado grueso			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra compactada + recipiente (g)			
Peso de la muestra compactada (g)			
Volumen del recipiente (cm ³)			
Peso unitario compactado (kg/m ³)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO		
Contenido de humedad del agregado grueso			
Descripción	M1	M2	M3
Peso de la muestra húmeda (g)			
Peso de la muestra seca (g)			
Contenido de agua (g)			
Contenido de humedad (%)			

	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO								
Resistencia a compresión especificado f'_c para adoquines de concreto									
N° de Adoq.	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area cm ²	Lectura Kg-F	Resist. kg/cm ²	% Especificado	Promedio o Resist kg/cm ²	Promedio % Especificado
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



Absorción de adoquines de concreto

N° de adoquín:	1	2	3
Peso del espécimen saturado, en Kg			
Peso del espécimen seco, en Kg			
Contenido de agua absorbida en %			
Absorción %			

Tablas a utilizar en los diseños de mezcla (método en el diseño ACI)

Tabla 62

F'c Requerida.

f'c especificado	f'cr (kg/cm²)
< 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
> 350	f'c + 98

Nota: Normativa ACI

Tabla 63

Selección del Asentamiento.

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones, simples, cajones, y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Nota: Normativa ACI

Tabla 64*Determinación del volumen de agua.*

Asentamiento	Agua, en l/m ³ de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Nota: Normativa ACI**Tabla 65***Selección de la relación agua – cemento por resistencia.*

f'cr kg/cm ² (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin Aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43
450	0,38

Nota: Normativa ACI

Tabla 66*Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.*

TMN del Agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1½"	0,76	0,74	0,72	0,70

*Nota: Normativa ACI***Tabla 67***Determinación del contenido de aire atrapado.*

TMN del Agregado grueso	Aire atrapado%
3/8"	3,0
1/2"	2,5
3/4"	2,0
1"	1,5
1 ½"	1,0
2"	0,5
3"	0,3
4"	0,2

Nota: Normativa ACI

Norma técnica peruana NTP 399.611.2017. Adoquines de concreto

**NORMA TECNICA
PERUANA**

**NTP 399.611
2017**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Carmelitas 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto
para pavimentos. Requisitos**

MASONRY UNITS. Solid concrete interlocking paving units. Requirements

**2017-12-27
3ª Edición**

R.D. N° 057-2017-INACAL/DN. Publicada el 2018-01-03

I.C.S.: 93.080.20

Descriptores: Unidad, albañilería, adoquín, concreto, pavimento, requisito

Precio basado en 11 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© INACAL 2017

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	ii
PRÓLOGO	iii
1 Objeto y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	3
4 Clasificación	4
5 Materiales	5
6 Requisitos	6
7 Muestreo y métodos de ensayo	8
8 Inspección visual	9
9 Conformidad	9
ANEXO A	10
BIBLIOGRAFÍA	11

PRÓLOGO

A. RESEÑA HISTÓRICA

1.El Instituto Nacional de Calidad - INACAL, a través de la Dirección de Normalización es la autoridad competente que aprueba las Normas Técnicas Peruanas a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), en representación del país.

2.La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante el mes de setiembre de 2017, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en la Bibliografía.

3.El Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería presentó a la Dirección de Normalización -DN-, con fecha 2017-10-06, el PNTP 399.611:2017, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2017-10-28. No habiéndose recibido observaciones, fue oficializada como Norma Técnica Peruana NTP 399.611:2017 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos, 3ª Edición, el 03 de enero de 2018.

4.Esta tercera edición de la NTP 399.611 reemplaza a la NTP 399.611:2010 (revisada el 2015) UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos, a cual ha sido revisada técnicamente. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:2016 y GP 002:2016.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Universidad Nacional de Ingeniería
Presidente	Isabel Moroni
Secretario	Ana Torre

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

1 Objeto y campo de aplicación

1. El presente Proyecto de Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los adoquines de concreto fabricados para la construcción de pavimentos.

2. Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional – SI serán considerados como estándar. Los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información.

1.3 Este Proyecto de Norma Técnica Peruana se aplica a la fabricación de los adoquines de concreto destinados para su uso en pavimentos peatonales, vehiculares y de patios industriales o de contenedores.

2 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 334.009:2016	CEMENTOS. Requisitos	Cemento	Pórtland.
-------	------------------	-------------------------	---------	-----------

2.1.11 NTP 400.037:2014 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados de concreto

2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1 ASTM C 944M (2005)e1 Método de ensayo estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de corte giratorio

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

3.1

acabados arquitectónicos

superficies modificadas por medios mecánicos tales como martilleo, pulido, lavado, u otros métodos

3.2

adoquín de concreto

pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con la presente NTP.

3.3

dimensiones de fabricación

son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante

3.4

dimensiones efectivas

son aquellas que se obtienen por medición directa efectuada sobre el adoquín

3.5

dimensiones nominales

son las dimensiones establecidas en esta NTP para designar el tamaño del adoquín, las cuales incluyen los espaciadores laterales si los hubiera

3.6

resistencia a la compresión

es la relación entre la carga de rotura a compresión de un adoquín y su sección

3.7

resistencia a la compresión nominal

es aquel valor de referencia establecido en esta NTP como resistencia a la compresión y utilizado en la designación del adoquín

4

Clasificación

Los adoquines de concreto elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los tres tipos, tal como sigue:

4.1

Tipo I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal.

4.2 **Tipo II:** Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.

4.3 **Tipo III:** Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

NOTA 1: Para el caso de pavimentos de tránsito vehicular el comprador determinará el tipo de adoquín a utilizar según las especificaciones de la obra o el diseño del proyectista. Véase Anexo A.

5 Materiales

Los materiales utilizados en la fabricación de los adoquines deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:

5.1 **Cementos:** NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090 .

5.2 **Agua de mezcla:** NTP 339.088 .

5.3 **Agregados:** NTP 400.037

5.4 **Aditivos químicos:** Cuando se requiera utilizar aditivos éstos deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:

5.4.1 **Aditivos incorporadores de aire:** NTP 334.089 .

5.4.2 **Aditivos reductores de agua, retardadores y acelerantes:** NTP 334.088

5.4.3 **Pigmentos para concreto de color:** NTP 339.231 Especificaciones normalizadas para pigmentos en masa de concreto coloreado.

5.5 Otros constituyentes: Para los materiales que no estén comprendidos en las Normas técnicas, debe establecerse previamente que son adecuados y no perjudiciales para su utilización en concreto mediante ensayos o por la experiencia de campo.

6 Requisitos

6.1 Requisitos físicos

TABLA 1 - Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma 110110 del Reglamento Nacional de Edificaciones

NOTA 2: Los valores establecidos en la Tabla serán considerados como estándar; los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información.

NOTA 3: Cuando se requieran características particulares tales como clasificación del peso, mayor resistencia a la compresión, texturas superficiales, acabado, color, condiciones especiales de exposición (p.e.: sulfatos) u otras características especiales, tales propiedades deben ser especificadas por el comprador.

TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

*Se aplica a todos los tipos

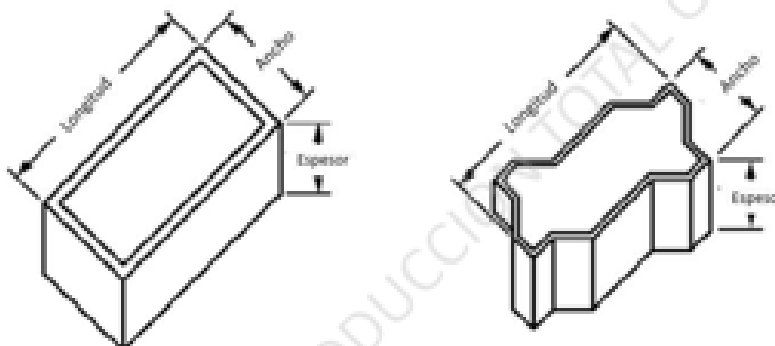


Figura 1. Longitud, ancho y espesor de las unidades de concreto para pavimentos

NOTA 4: Las unidades deben cumplir con las tolerancias dimensionales previas a la aplicación de los acabados arquitectónicos.

6.2 Los adoquines deberán cumplir con los requisitos de máxima absorción indicados en la Tabla 3.

TABLA 3 - Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

7.3 Los adoquines Tipo III, para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 7.1, el requisito de resistencia a la abrasión:

6.3.1 **Resistencia a la abrasión:** De conformidad con la NTP 399.625 , los especímenes deben tener una pérdida de volumen no mayor de $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$. La pérdida del espesor promedio no debe exceder los 3 mm . La norma NTP 399.625 se considera como norma de referencia y deberá ser utilizada en los casos de dirimencia.

Las normas sobre métodos de ensayo NTP 399.624 y la ASTM C 944 podrán ser empleadas cuando estén indicadas en las especificaciones de la obra o si existe un acuerdo previo entre el comprador y el vendedor.

4.Los adoquines que estarán expuestos a períodos de congelación y deshielo, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 6.1, el requisito de resistencia al congelamiento y deshielo (6.4.1).

1.**Resistencia al congelamiento y deshielo:** De ser necesario, se comprobará mediante el comportamiento en el campo o en un ensayo de laboratorio de congelamiento y deshielo, que los adoquines tengan adecuada resistencia al congelamiento y deshielo. Si se utiliza un ensayo de laboratorio, los especímenes no deben romperse ni tener pérdidas en masa seca mayores al 500 g/m² de alguna unidad individual cuando está sometida a 50 ciclos de congelamiento y deshielo. Este método de ensayo debe ser realizado antes de los 12 meses de la fecha de despacho del lote.

7 Muestreo y métodos de ensayo

1.El comprador o representante autorizado debe estar de acuerdo con las instalaciones para inspeccionar y muestrear los adoquines de concreto en el lugar de fabricación; de los lotes listos para el despacho.

2.Las unidades se muestrean y ensayan en conformidad con la NTP 399.604, con excepción de los ensayos de resistencia a la abrasión, en el apartado 6.3.1 y resistencia al congelamiento y deshielo, en el apartado 6.4.1.

7.3 El ensayo de compresión deberá ser realizado sobre todo adoquín, aplicando la carga perpendicular a la sección de mayor superficie. Si la máquina de ensayo no tiene la capacidad de carga suficiente para romper la unidad completa, la unidad se debe cortar por la mitad a lo largo del eje más corto y se ensayará una mitad. En las unidades con resaltes, los extremos deben cortarse con una cortadora apropiada y la pieza remanente de mayor dimensión es la que debe ser ensayada. Este espécimen debe ser simétrico alrededor de los dos ejes.

8 Inspección visual

Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de defectos que interfieran con su adecuada colocación o que perjudiquen la resistencia o el desempeño del pavimento. Las grietas menores inherentes a los métodos usuales de fabricación o astillamientos menores, resultantes de los métodos habituales de manipulación en el despacho, no deben ser causa de rechazo.

9 Conformidad

Si la muestra ensayada de un envío falla conforme a los requisitos especificados, se debe permitir que el fabricante separe las unidades de la muestra, y una nueva muestra debe ser seleccionada por el comprador del lote retenido según la NTP 399.604 y ensayada a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos especificados en esta NTP, entonces la porción remanente del envío representado por dicha muestra cumple también con las especificaciones. Si la segunda muestra falla conforme a los requisitos especificados, el lote completo no debe ser aceptado.

ANEXO A (INFORMATIVO)

TIPOS DE TRÁNSITO

A.1 Tránsito Vehicular ligero: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalentes a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, menor de 5×10^5 .

A.2 Tránsito Vehicular medio: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalente a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, entre 5×10^5 y 5×10^6 .

A.3 Tránsito Vehicular pesado: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalente a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, mayor de 5×10^6 .