

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación de la dosificación de concreto con plástico y corcho reciclado  
para la ejecución de losas armadas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Martin Carlos Manuel Castillo Velasquez**

**ASESOR**

**Fidel Ortiz Zapata**

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

**Chiclayo, 2025**

**Evaluación de la dosificación de concreto con plástico y corcho  
reciclado para la ejecución de losas armadas**

PRESENTADA POR

**Martin Carlos Manuel Castillo Velasquez**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Juan Jacobo Sanchez Bautista

PRESIDENTE

Rubén Eli Estrada Chunga

SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata

VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a:

Dr. Martín Eduardo Castillo Olazábal, mi padre, quien ha sido ejemplo y fortaleza en todos estos años, promesa cumplida papá, un abrazo hasta el cielo.

## **Agradecimientos**

A todas las personas que han estado involucradas en la culminación de la tesis, a mi madre Isabel por motivarme todos los días, a mi hermana Carolina quien ha sido ejemplo de estudio y esfuerzo, a mi mamá Panchita y tía Chachi por ese apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo por la beca ofrecida y al personal de bienes estudiantil por su excelente labor.

# EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CON PLASTICO Y CORCHO RECICLADO PARA LA EJECUCION DE LOSAS ARMADAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://www.uca.edu.sv">www.uca.edu.sv</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María	1%

## Índice

Resumen .....	19
Abstract .....	20
Introducción .....	21
Revisión de literatura .....	23
Materiales y métodos .....	80
Resultados y discusión .....	136
Conclusiones .....	206
Recomendaciones.....	208
Referencias .....	209
Anexos.....	216

## Lista de tablas

TABLA N°01.	PROPORCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO. ....	27
TABLA N°02.	GRANULOMETRÍA DEL AF. ....	31
TABLA N°03.	GRANULOMETRÍA DEL AG.....	32
TABLA N°04.	CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO POR CONSISTENCIA. ....	34
TABLA N°05.	COMPACTACIÓN DE LAS VIGUETAS CON VARILLA.....	38
TABLA N°06.	ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS.....	41
TABLA N°07.	RESISTENCIA Y PORCENTAJE A LA COMPRESIÓN DE ACUERDO AL TIEMPO. ....	42
TABLA N°08.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CORCHO. ....	46
TABLA N°09.	DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENTEREFLATO. ....	49
TABLA N°10.	CATEGORÍA DEL IMPACTO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS ....	52
TABLA N°11.	COMPONENTES POTENCIALMENTE AFECTABLES DEL MEDIO AMBIENTE. ....	54
TABLA N°12.	ENSAYOS PROGRAMADOS PARA CONCRETO PATRÓN (0%). ....	81
TABLA N°13.	ENSAYOS PROGRAMADOS PARA CONCRETO SUSTITUYENDO EN 5, 10 Y 15% CON PLÁSTICO PET Y CORCHO RECICLADO POR PORCENTAJE. ....	82
TABLA N°14.	TOTAL, DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYOS. ....	82
TABLA N°15.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INTERVINIENTES. ....	88
TABLA N°16.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTE. ....	90
TABLA N°17.	VALORES DE ASENTAMIENTO POR DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURA. ....	128
TABLA N°18.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO. ....	128
TABLA N°19.	CANTIDAD DE AGUA POR M3, DE ACUERDO AL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO. ....	129
TABLA N°20.	PORCENTAJE DE AIRE SEGÚN EL TMN. ....	130
TABLA N°21.	RELACIÓN AGUA/CEMENTO.....	130
TABLA N°22.	PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO. ....	131
TABLA N°23.	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO. ....	136
TABLA N°24.	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO. ....	138
TABLA N°25.	GRANULOMETRÍA DEL PLÁSTICO PET.....	142
TABLA N°26.	GRANULOMETRÍA DEL PLÁSTICO PET.....	143

TABLA N°27.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO SUSTITUYENDO EN % PLÁSTICO PET Y CORCHO RECICLADO. 176	
TABLA N°28.	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	177
TABLA N°29.	CONTENIDO DE AIRE DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN. ....	178
TABLA N°30.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN.....	179
TABLA N°31.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DISEÑO 5%. ....	180
TABLA N°32.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DISEÑO 10%. ....	180
TABLA N°33.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DISEÑO 15%. ....	181
TABLA N°34.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO PATRÓN RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM2.	184
TABLA N°35.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 5% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM2	185
TABLA N°36.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 10% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM2	186
TABLA N°37.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 15% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM2	187
TABLA N°38.	RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN Y DISEÑO 5%, 10% Y 15% A LA EDAD DE LOS 28 DÍAS	190
TABLA N°39.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO PATRÓN Y DISEÑO 5%, 10% Y 15% A LA EDAD DE LOS 28 DÍAS	192
TABLA N°40.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CONCRETO PATRÓN F'C = 210 KG/CM2 .....	194
TABLA N°41.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CONCRETO DISEÑO 5% F'C = 210 KG/CM2.....	195
TABLA N°42.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CONCRETO DISEÑO 10% F'C = 210 KG/CM2 .....	196
TABLA N°43.	ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CONCRETO DISEÑO 15% F'C = 210 KG/CM2.....	197
TABLA N°44.	RESUMEN DE ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2.....	198
TABLA N°45.	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL CONCRETO PATRÓN.	200
TABLA N°46.	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 5, 10 Y 15%.....	201
TABLA N°47.	MATRIZ DE LEOPOLD – CONCRETO PATRÓN (MATRIZ 1).....	202
TABLA N°48.	MATRIZ DE LEOPOLD – CONCRETO DISEÑO 5, 10 Y 15% (MATRIZ 2). ....	203
TABLA N°49.	DIFERENCIA DE PROMEDIOS NEGATIVOS DE ACUERDO A LA MATRIZ DE LEOPOLD. ....	204

TABLA N°50.	ACCIONES CON MAYOR Y MENOR RIESGO.....	205
TABLA N°51.	FACTORES CON MAYOR Y MENOR RIESGO. ....	205
TABLA N°52.	TIPOS DE CEMENTO PORTLAND .....	239
TABLA N°53.	TAMAÑO DE VARILLA PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	240
TABLA N°54.	CANTIDAD MÍNIMA DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO.....	240
TABLA N°55.	CAPACIDAD DE LOS RECIPIENTES MEDICIÓN.....	240
TABLA N°56.	REQUISITOS PARA LOS RECIPIENTES .....	241
TABLA N°57.	CAPACIDAD DE LOS RECIPIENTES. ....	241
TABLA N°58.	NÚMERO DE CAPAS Y DE GOLPES POR CAPA DE ACUERDO AL DIÁMETRO DE LA PROBETA. 241	
TABLA N°59.	EDADES DE ENSAYO Y TOLERANCIA PERMISIBLES.....	242
TABLA N°60.	FACTOR DE CORRECCIÓN DE ACUERDO A LA RELACIÓN H/D. ....	242
TABLA N°61.	ASPECTOS AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN GENÉRICA DE UNA EDIFICACIÓN .....	243

## Lista de gráficos

GRÁFICO N° 01.	DIFERENTES PROPORCIONES UTILIZADAS EN CONCRETO POR VOLUMEN TOTAL .....	27
GRÁFICO N° 02.	CURVA TENDENCIA – CONCRETO 210 KG/CM <sup>2</sup> . .....	43
GRÁFICO N° 03.	PROPORCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CORCHO VEGETAL.....	46
GRÁFICO N° 04.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN. ....	86
GRÁFICO N° 05.	CURVA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	137
GRÁFICO N° 06.	CURVA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO. ....	138
GRÁFICO N° 07.	CURVA GRANULOMETRÍA DEL PLÁSTICO PET. ....	142
GRÁFICO N° 08.	CURVA GRANULOMETRÍA DEL CORCHO .....	143
GRÁFICO N° 09.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> . ....	176
GRÁFICO N° 10.	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> . ....	177
GRÁFICO N° 11.	CONTENIDO DE AIRE DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN. ....	178
GRÁFICO N° 12.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO TEÓRICO VS CONCRETO PATRÓN DE ACUERDO AL TIEMPO.....	182
GRÁFICO N° 13.	COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE RESISTENCIA DEL CONCRETO TEÓRICO VS CONCRETO PATRÓN DE ACUERDO AL TIEMPO .....	182
GRÁFICO N° 14.	COMPARACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN VS EL CONCRETO DISEÑO 5%, 10% Y 15%. .....	183
GRÁFICO N° 15.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO PATRÓN RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> .....	184
GRÁFICO N° 16.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 5% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> .....	185
GRÁFICO N° 17.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 10% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> .....	186
GRÁFICO N° 18.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN CONCRETO DISEÑO 15% RESISTENCIA F'C = 210 KG/CM <sup>2</sup> .....	187
GRÁFICO N° 19.	COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DEL CONCRETO PATRÓN, DISEÑO 5%, 10 Y 15%. ....	188
GRÁFICO N° 20.	COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DEL CONCRETO PATRÓN, DISEÑO 5%, 10 Y 15%. ....	189
GRÁFICO N° 21.	RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS .....	191

<b>GRÁFICO N° 22.</b>	<b>RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS .....</b>	<b>191</b>
<b>GRÁFICO N° 23.</b>	<b>RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO PATRÓN Y DISEÑO 5%, 10% Y 15% A LA EDAD DE LOS 28 DÍAS.....</b>	<b>193</b>
<b>GRÁFICO N° 24.</b>	<b>RESUMEN DE ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL CONCRETO <math>f'c = 210 \text{ KG/CM}^2</math>. .....</b>	<b>199</b>

## Lista de figuras

FIGURA N°01.	COMPONENTES DEL CONCRETO.....	26
FIGURA N°02.	PRIMERA CAPA DE 10 CM + 25 CHUZEADAS.....	36
FIGURA N°03.	SEGUNDA CAPA DE 10 CM + 25 CHUZEADAS.....	36
FIGURA N°04.	TERCERA CAPA DE 10 CM + 25 CHUZEADAS. ....	36
FIGURA N°05.	CODIFICACIÓN DE PROBETAS VACIADAS.....	37
FIGURA N°06.	DIMENSIONES DE VIGA PRISMÁTICA DE ACUERDO LA $TM \leq 50$ MM.....	38
FIGURA N°07.	DIMENSIONES DE VIGA PRISMÁTICA DE ACUERDO LA $TM > 50$ MM.....	38
FIGURA N°08.	VACIADO DE CONCRETO EN VIGUETA. ....	38
FIGURA N°09.	CURADO DE PROBETAS EN POZAS DE CURADO EN LABORATORIO USAT. ....	39
FIGURA N°10.	ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA. ....	43
FIGURA N°11.	ENSAYO DE VIGUETA CARGADA EN EL TERCIO MEDIO.....	44
FIGURA N°12.	ENSAYO DE ABRASION (ROTATING-CUTTER DRILL PRESS).....	45
FIGURA N°13.	CORTEZA DEL ALCORNOQUE (QUERCUS SUBER L.). ....	45
FIGURA N°14.	SÍMBOLO DEL PET. ....	47
FIGURA N°15.	BOTELLA DE PLÁSTICO PET.....	48
FIGURA N°16.	RECOLECCIÓN DE PLÁSTICO PET.....	50
FIGURA N°17.	PLÁSTICO PET EN CENTRO DE ACOPIO. ....	50
FIGURA N°18.	ALMACENAJE DEL PLÁSTICO PET TRITURADO. ....	51
FIGURA N°19.	ALMACÉN DE PLÁSTICO PET.....	51
FIGURA N°20.	CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LA MAGNITUD E IMPORTANCIA. ....	54
FIGURA N°21.	CUARTEANDO SOBRE UNA SUPERFICIE DURA, LIMPIA Y NIVELADA.....	57
FIGURA N°22.	PROCEDIMIENTO PARA EL LLENADO DEL CONO DE ABRAMS.....	70
FIGURA N°23.	PROCEDIMIENTO PARA MEDIR EL ASENTAMIENTO. ....	70
FIGURA N°24.	PLÁSTICO PET MOLIDO CON IMPUREZAS.....	84
FIGURA N°25.	PLÁSTICO PET LIMPIO. ....	84
FIGURA N°26.	RECOLECCIÓN DE CORCHO RECICLADO. ....	84
FIGURA N°27.	SELECCIÓN DE CORCHO RECICLADO EN LABORATORIO USAT. ....	84
FIGURA N°28.	CORCHO RECICLADO DE DIVERSOS CENTROS DE ACOPIO. ....	85

FIGURA N°29.	CORCHO RECICLADO TRITURADO. ....	85
FIGURA N°30.	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO ICO PACASMAYO.....	95
FIGURA N°31.	RUTA, PARQUE PRINCIPAL DE CHICLAYO – CANTERA LA VICTORIA (PATAPO).....	96
FIGURA N°32.	MUESTRA DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA LA VICTORIA (PATAPO). ....	96
FIGURA N°33.	RUTA, PARQUE PRINCIPAL DE CHICLAYO – CANTERA TRES TOMAS (FERREÑAFE). ....	97
FIGURA N°34.	MUESTRA DE AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRES TOMAS (FERREÑAFE). ....	98
FIGURA N°35.	PLANTA DE PET. ....	98
FIGURA N°36.	SEPARACIÓN DEL PLÁSTICO PET.....	99
FIGURA N°37.	PLÁSTICA PET TRITURADO. ....	99
FIGURA N°38.	LIMPIEZA DEL PLÁSTICO PET TRITURADO.....	99
FIGURA N°39.	PROCESO DE TAMIZADO DE PLÁSTICO PET. ....	100
FIGURA N°40.	PLÁSTICO PET MOLIDO. ....	100
FIGURA N°41.	PRESENTACIÓN DEL CORCHO RECICLADO ....	100
FIGURA N°42.	CORCHO TRITURADO. ....	101
FIGURA N°43.	ALMACENADO DE CORCHO TRITURADO (A).....	101
FIGURA N°44.	ALMACENADO DE CORCHO TRITURADO (B).....	101
FIGURA N°45.	AGUA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA Y CURADO DE LOS ESPECÍMENES. ....	102
FIGURA N°46.	VERTIDO DE LA MUESTRA. ....	103
FIGURA N°47.	TOMAR MUESTRA.....	103
FIGURA N°48.	CUARTEO DEL AGREGADO FINO.....	103
FIGURA N°49.	PESO DEL AGREGADO FINO (500 GR). ....	103
FIGURA N°50.	TAMICES UTILIZADOS PARA LA GRANULOMETRÍA. ....	104
FIGURA N°51.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°4 (10.80 GR.).....	104
FIGURA N°52.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°8 (45.20 GR.).....	104
FIGURA N°53.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°16 (82.30 GR.).....	104
FIGURA N°54.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°30 (110.20 GR.).....	105
FIGURA N°55.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°50 (125.60 GR.).....	105
FIGURA N°56.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°100 (80.40 GR.).....	105
FIGURA N°57.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL FONDO (45.50 GR). ....	105

FIGURA N°58.	SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	106
FIGURA N°59.	CUARTEO DEL AGREGADO GRUESO. ....	106
FIGURA N°60.	AGREGADO GRUESO SELECCIONADO.....	106
FIGURA N°61.	PESO DEL AGREGADO FINO PARA GRANULOMETRÍA (5150 GR.). ....	106
FIGURA N°62.	TAMICES UTILIZADOS PARA LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO. ....	107
FIGURA N°63.	AGREGADO GRUESO RETENIDO POR EL TAMIZ $\frac{3}{4}$ (730 GR). ....	107
FIGURA N°64.	AGREGADO GRUESO RETENIDO EN EL TAMIZ $\frac{1}{2}$ " (2150 GR). ....	107
FIGURA N°65.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ $\frac{3}{8}$ " (1070 GR). ....	107
FIGURA N°66.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°4 (930 GR.). ....	108
FIGURA N°67.	AGREGADO GRUESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°8 (10 GR.). ....	108
FIGURA N°68.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL TAMIZ N°16 (210 GR.). ....	108
FIGURA N°69.	AGREGADO FINO RETENIDO EN EL FONDO (40 GR.). ....	108
FIGURA N°70.	SELECCIÓN Y PESO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO FINO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	109
FIGURA N°71.	PESO DEL AGREGADO FINO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (1244 GR.). ....	109
FIGURA N°72.	HORNO CON TEMPERATURA UNIFORME. ....	109
FIGURA N°73.	PESO DEL AGREGADO FINO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (1200 GR.). ....	109
FIGURA N°74.	SELECCIÓN Y PESO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	110
FIGURA N°75.	PESO DEL AGREGADO FINO (4816 GR.). ....	110
FIGURA N°76.	INTERIOR DE HORNO CON TEMPERATURA UNIFORME. ....	110
FIGURA N°77.	PESO DEL AGREGADO GRUESO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (4790 GR.).	110
FIGURA N°78.	PESO DEL AGREGADO FINO PARA EL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (500 GR.).	111
FIGURA N°79.	PESO DE FIOLA (140.31 GR.). ....	111
FIGURA N°80.	COLOCACIÓN DEL AGREGADO FINO EN LA FIOLA.....	111
FIGURA N°81.	SATURACIÓN DE LA MUESTRA DEL AGREGADO FINO. ....	111
FIGURA N°82.	REPOSO DEL AGREGADO FINO EN LA FIOLA POR 24 HR. ....	112
FIGURA N°83.	FIOLA EN REPOSO POR 24 HR.....	112
FIGURA N°84.	PESO DE LA MUEST. SAT. SUP. SECA + PESO FRASCO + PESO DEL AGUA (1051.10 GR.). ....	112

FIGURA N°85.	PESO DE LA MUEST. SECA AL HORNO (486.53 GR.).	112
FIGURA N°86.	OBTENCIÓN DE LA MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO.	113
FIGURA N°87.	LAVADO DE LA MUESTRA PARA LA ELIMINACIÓN DE POLVO.	113
FIGURA N°88.	VACIADO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL SECADO.	113
FIGURA N°89.	SECADO SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO.	113
FIGURA N°90.	CANASTILLA PARA EL AGREGADO GRUESO SUMERGIDO EN EL AGUA.	114
FIGURA N°91.	PESAJE DEL AGREGADO GRUESO SUMERGIDO EN AGUA.	114
FIGURA N°92.	MUESTRA SACADA DEL HORNO.	114
FIGURA N°93.	PESO DELA MUESTRA SECADA AL HORNO.	114
FIGURA N°94.	PESO DEL MOLDE PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO (10.152 KG.).	115
FIGURA N°95.	LLENADO DEL MOLDE CON AGREGADO FINO PRIMERA CAPA.	115
FIGURA N°96.	LLENADO DEL MOLDE CON AGREGADO FINO SEGUNDA CAPA.	115
FIGURA N°97.	LLENADO DEL MOLDE CON AGREGADO FINO TERCERA CAPA (ENRACE).	115
FIGURA N°98.	PESAJE DE LA MUESTRA + RECIPIENTE.	116
FIGURA N°99.	PESO 1 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.780 KG.).	116
FIGURA N°100.	PESO 2 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.796 KG.).	116
FIGURA N°101.	PESO 3 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.864 KG.).	116
FIGURA N°102.	PESO DEL MOLDE PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO (10.152 KG.).	117
FIGURA N°103.	PESO 1 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.920 KG.).	117
FIGURA N°104.	PESO 2 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.902 KG.).	117
FIGURA N°105.	PESO 3 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (17.742 KG.).	117
FIGURA N°106.	PESO DEL MOLDE PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO (10.152 KG.).	118
FIGURA N°107.	PESO 1 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (19.434 KG.).	118
FIGURA N°108.	PESO 2 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (19.552 KG.).	118
FIGURA N°109.	PESO 3 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (19.548 KG.).	118
FIGURA N°110.	PESO DEL MOLDE PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO (10.152 KG.).	119

FIGURA N°111.	PESO 1 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (18.784 KG.).....	119
FIGURA N°112.	PESO 2 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (18.774 KG.).....	119
FIGURA N°113.	PESO 3 DE LA MUESTRA + RECIPIENTE (18.764 KG.).....	119
FIGURA N°114.	PESO DE LA MUESTRA DEL CORCHO (155.01 GR.).....	120
FIGURA N°115.	TAMICES UTILIZADOS PARA LA GRANULOMETRÍA DEL CORCHO. ....	120
FIGURA N°116.	TAMIZADO DEL CORCHO. ....	120
FIGURA N°117.	PESO DEL CORCHO RETENIDA EN LA MALLA 3/8" (148.84 GR.).....	120
FIGURA N°118.	PESO DE LA MUESTRA DEL PET (170.01 GR.).....	121
FIGURA N°119.	TAMICES UTILIZADOS PARA LA GRANULOMETRÍA DEL PET. ....	121
FIGURA N°120.	TAMIZADO DEL PET. ....	121
FIGURA N°121.	PESO DEL PET RETENIDA EN LA MALLA 1/2" (8.18 GR.). ....	121
FIGURA N°122.	PESO DEL PET RETENIDA EN LA MALLA 3/8" (22.69 GR.). ....	122
FIGURA N°123.	PESO DEL PET RETENIDA EN LA MALLA N°04 (103.55 GR.). ....	122
FIGURA N°124.	PESO DEL PET RETENIDA EN LA MALLA N°08 (33.07 GR.).....	122
FIGURA N°125.	PESO DEL PET RETENIDA EN LA MALLA N°16 (2.11 GR.).....	122
FIGURA N°126.	MUESTRA 2 DEL CORCHO EN ESTADO NATURAL (247.91 GR.). ....	123
FIGURA N°127.	MUESTRA 2 DEL CORCHO SECADO EN HORNO (232.25 GR.). ....	123
FIGURA N°128.	MUESTRA 2 DEL CORCHO EN ESTADO NATURAL (50.6 GR.).....	123
FIGURA N°129.	MUESTRA 2 DEL CORCHO SECADO EN HORNO (47.67 GR.).....	123
FIGURA N°130.	MUESTRA 1 DEL CORCHO SUPERFICIALMENTE SECO (50.5 GR).....	124
FIGURA N°131.	SATURACIÓN DE MUESTRA 1 DEL CORCHO. ....	124
FIGURA N°132.	MUESTRA 1 DEL CORCHO SATURADO (65.77 GR). ....	124
FIGURA N°133.	MUESTRA 1 DEL CORCHO SECADO EN HORNO (50.16 GR).....	124
FIGURA N°134.	MUESTRA 2 DEL CORCHO SUPERFICIALMENTE SECO (50.5 GR.). ....	125
FIGURA N°135.	SATURACIÓN DE MUESTRA 2 DEL CORCHO. ....	125
FIGURA N°136.	MUESTRA 2 DEL CORCHO SATURADO (61.99 GR.). ....	125
FIGURA N°137.	MUESTRA 2 DEL CORCHO SECADO EN HORNO (50.38 GR.).....	125
FIGURA N°138.	VOLUMEN DEL RECIPIENTE PARA MEDIR LA DENSIDAD. ....	126
FIGURA N°139.	ENRACE DE LA ÚLTIMA CAPA. ....	126

FIGURA N°140.	PESO DEL CORCHO EN RECIPIENTE (927.70 GR.) .....	126
FIGURA N°141.	PESO DEL PET EN RECIPIENTE (1243.96 GR.) .....	126
FIGURA N°142.	ASENTAMIENTO DISEÑO PATRÓN (SLUMP 3.75") .....	216
FIGURA N°143.	ASENTAMIENTO DISEÑO 5% (SLUMP 5%).....	216
FIGURA N°144.	ASENTAMIENTO DISEÑO 10% (SLUMP 2") .....	216
FIGURA N°145.	ASENTAMIENTO DISEÑO 15% (SLUMP 0") .....	216
FIGURA N°146.	PESO UNITARIO DISEÑO PATRÓN (21725 GR).....	217
FIGURA N°147.	PESO UNITARIO DISEÑO 5% (1253 GR) .....	217
FIGURA N°148.	PESO UNITARIO DISEÑO 10% (12440 GR) .....	217
FIGURA N°149.	PESO UNITARIO DISEÑO 15%.....	217
FIGURA N°150.	ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE DISEÑO 15% .....	218
FIGURA N°151.	CONTENIDO DE AIRE DISEÑO 15% (6%) .....	218
FIGURA N°152.	ENSAYO A LA COMPRESIÓN DISEÑO PATRÓN .....	219
FIGURA N°153.	DISEÑO PATRÓN CARGA = 41810 KG .....	219
FIGURA N°154.	ENSAYO A LA COMPRESIÓN DISEÑO 5% .....	219
FIGURA N°155.	DISEÑO 5% CARGA = 302220 KG .....	219
FIGURA N°156.	ENSAYO A LA COMPRESIÓN DISEÑO 10% .....	220
FIGURA N°157.	DISEÑO 10% CARGA = 32380 KG .....	220
FIGURA N°158.	ENSAYO A LA COMPRESIÓN DISEÑO 15% .....	220
FIGURA N°159.	DISEÑO 15% CARGA = 24910 KG .....	220
FIGURA N°160.	ENSAYO A LA TRACCIÓN DISEÑO PATRÓN.....	221
FIGURA N°161.	DISEÑO PATRÓN CARGA = 13370 KG .....	221
FIGURA N°162.	ENSAYO A LA TRACCIÓN DISEÑO 5% .....	221
FIGURA N°163.	DISEÑO 5% CARGA = 15570 KG.....	221
FIGURA N°164.	ENSAYO A LA TRACCIÓN DISEÑO 10% .....	222
FIGURA N°165.	DISEÑO PATRÓN CARGA = 12960 KG .....	222
FIGURA N°166.	ENSAYO A LA TRACCIÓN DISEÑO 15% .....	222
FIGURA N°167.	DISEÑO 5% CARGA = 9170 KG.....	222
FIGURA N°168.	ENSAYO A FLEXIÓN DISEÑO PATRÓN .....	223

FIGURA N°169.	DISEÑO PATRÓN CARGA = 2860 KG .....	223
FIGURA N°170.	ENSAYO A FLEXIÓN DISEÑO PATRÓN - FALLA .....	223
FIGURA N°171.	ENSAYO A FLEXIÓN DISEÑO 5% .....	224
FIGURA N°172.	DISEÑO 5% CARGA = 2100 KG.....	224
FIGURA N°173.	ENSAYO A FLEXIÓN 5% PATRÓN - FALLA .....	224
FIGURA N°174.	ENSAYO A FLEXIÓN DISEÑO 10% .....	225
FIGURA N°175.	DISEÑO 10% CARGA = 2100 KG.....	225
FIGURA N°176.	ENSAYO A FLEXIÓN 10% PATRÓN - FALLA .....	225
FIGURA N°177.	ENSAYO A FLEXIÓN DISEÑO 15% .....	226
FIGURA N°178.	DISEÑO 15% CARGA = 2210 KG.....	226
FIGURA N°179.	ENSAYO A FLEXIÓN 15% PATRÓN - FALLA .....	226
FIGURA N°180.	BALANZA ELECTRÓNICA CON PRECISIÓN DE 0.1G Ó 0.1% DE LA MASA DE LA MUESTRA. 227	
FIGURA N°181.	BALANZA ELECTRÓNICA CON PRECISIÓN DE 0.5G Ó 0.1% DE LA MASA DE LA MUESTRA. 227	
FIGURA N°182.	TAMICES PARA EL AGREGADO FINO. ....	228
FIGURA N°183.	TAMICES PARA EL AGREGADO GRUESO.....	228
FIGURA N°184.	BANDEJA METÁLICA. ....	228
FIGURA N°185.	HORNO PARA SECADO DE MUESTRAS. ....	229
FIGURA N°186.	FIOLA DE 500 CM3. ....	229
FIGURA N°187.	EMBUDO .....	229
FIGURA N°188.	CESTA. ....	230
FIGURA N°189.	VARILLA DE COMPACTACIÓN. ....	230
FIGURA N°190.	CUCHARA. ....	231
FIGURA N°191.	MAZO DE GOMA. ....	231
FIGURA N°192.	BARRA DE ENRASE.....	231
FIGURA N°193.	DIMENSIONES DEL CONO DE ABRAMS .....	232
FIGURA N°194.	FLEXÓMETRO .....	232
FIGURA N°195.	MOLDE CILÍNDRICO DE ACERO 6"X12" .....	233

<b>FIGURA N°196.</b>	<b>MOLDE CILÍNDRICO DE PLÁSTICO 6"X12" .....</b>	<b>233</b>
<b>FIGURA N°197.</b>	<b>MOLDE CILÍNDRICO DE ACERO 4"X8" .....</b>	<b>233</b>
<b>FIGURA N°198.</b>	<b>MOLDE CILÍNDRICO DE PLÁSTICO 4"X8" .....</b>	<b>233</b>
<b>FIGURA N°199.</b>	<b>MÁQUINA DE COMPRESIÓN.....</b>	<b>234</b>
<b>FIGURA N°200.</b>	<b>ALMOHADILLAS DE NEOPRENO .....</b>	<b>234</b>
<b>FIGURA N°201.</b>	<b>BLOQUES DE ACERO .....</b>	<b>234</b>
<b>FIGURA N°202.</b>	<b>VERNIER .....</b>	<b>235</b>
<b>FIGURA N°203.</b>	<b>MEDIDOR TIPO A (CÁMARA HORIZONTAL DE AIRE) .....</b>	<b>235</b>
<b>FIGURA N°204.</b>	<b>MEDIDO TIPO B (CÁMARA VERTICAL DE AIRE) .....</b>	<b>235</b>
<b>FIGURA N°205.</b>	<b>DISPOSITIVO DE TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS – HR161 .....</b>	<b>236</b>
<b>FIGURA N°206.</b>	<b>DIAGRAMA DE DISPOSITIVO PARA ENSAYAR A FLEXIÓN VIGAS CON CARGA A LOS TERCIOS</b>	<b>236</b>
<b>FIGURA N°207.</b>	<b>MOLDE PARA VIGUETA.....</b>	<b>237</b>
<b>FIGURA N°208.</b>	<b>EQUIPO DE ENSAYO PARA ABRASIÓN. ....</b>	<b>237</b>
<b>FIGURA N°209.</b>	<b>CORTADOR GIRATORIO PARA ENSAYO DE ABRASIÓN. ....</b>	<b>238</b>
<b>FIGURA N°210.</b>	<b>CORTADOR ELÉCTRICO .....</b>	<b>238</b>

## Resumen

El concreto es el material más utilizado en la construcción de viviendas, gracias a su versatilidad, sus propiedades mecánicas y su fácil producción. En esta investigación, se analiza un concreto estructural liviano que cumple con los requisitos para ser utilizado en la construcción de losas armadas, con la particularidad de que un porcentaje de los agregados (fino y grueso) será reemplazado por plástico PET y corcho reciclado. El objetivo es reducir su peso específico de  $2,300 \text{ kg/m}^3$  a un valor cercano al de un concreto liviano, inferior  $2,000 \text{ kg/m}^3$ , sin comprometer sus propiedades estructurales. La investigación presenta un enfoque experimental, con el objetivo de evaluar las propiedades del concreto tanto en su estado plástico (peso unitario, asentamiento y porcentaje de aire) como en su estado endurecido (resistencia a la compresión, tracción, flexión y abrasión) con sustituciones de 5%, 10% y 15% del volumen total de la arena y grava por plástico PET y corcho reciclado. Los resultados muestran que, en la resistencia a la compresión, la sustitución del 5% mejoró el desempeño del concreto, mientras que los reemplazos del 10% y 15% redujeron la resistencia; la resistencia a la tracción, se observó una mejora con el reemplazo del 10% pero diferente con el reemplazo del 5% y 15% disminuyó; la resistencia a la flexión mejoró en los tres niveles de sustitución.

**Palabras clave:** Concreto liviano, plástico PET, compresión, tracción.

### **Abstract**

Concrete is the most widely used material in the field of residential construction due to its versatility, mechanical properties, and ease of production. In this research, a lightweight structural concrete is analyzed that meets the requirements for use in the construction of reinforced slabs, with the particularity that a percentage of the aggregates (fine and coarse) will be replaced by PET plastic and recycled cork. The objective is to reduce its specific weight from 2,300 kg/m<sup>3</sup> to a value close to that of lightweight concrete, below 2,000 kg/m<sup>3</sup>, without compromising its structural properties. The research has an experimental approach and aims to evaluate the properties of the concrete both in its fresh state (unit weight, slump, and air content) and in its hardened state (compressive strength, tensile strength, flexural strength, and abrasion resistance) with substitutions of 5%, 10%, and 15% of the fine and coarse aggregate volume by PET plastic and recycled cork. The results show that, for compressive strength, the 5% substitution improved the concrete's performance, while the 10% and 15% replacements reduced the strength. In terms of tensile strength, an improvement was observed with the 10% replacement, but the strength decreased with 5% and 15%. Flexural strength improved at all three levels of substitution (5%, 10%, and 15%). Regarding abrasion resistance, wear rates of 0.46%, 0.44%, and 0.43% were obtained for the 5%, 10%, and 15% replacements, respectively.

**Keywords:** Concrete Lightweight; PET plastic; cork; compression; traction.

## Introducción

La construcción informal en el Perú es un grave problema en el sector de la construcción, y es el principal obstáculo para que el país alcance el desarrollo sostenible, esto es debido a que la ejecución de estas obras realizadas por maestros constructores de obra formados con conocimiento empírico en la materia, dando como primer lugar que transgrede los códigos de construcción como el Reglamento Nacional de Ediciones (RNE) y el ACI 318S – 14, como segundo lugar no dan información a la Entidad Oficial Fiscalizadora de La Construcción, siendo este caso la Municipalidad y por ultimo estas construcciones informales no cuentan con los documentos para la construcción como son los planos, especificaciones técnicas y memoria de cálculo, todo esto nos da como resultado inmuebles de que no tienen validez legal, fallas en las etapas del proceso constructivo y estructuras mal diseñadas que ignoran los códigos de diseño dando lugar a potenciales fallas ante eventos sísmicos que atentan contra la seguridad y la vida de las personas. Según la información de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), “Solo el 20% de las viviendas en el Perú son formales y el resto serían vulnerables ante un terremoto” [1], donde nos informa que en el Perú que la mitad del 80% de construcciones informales son vulnerables a un terremoto de alta intensidad. Así como también, AC Arquitectos, calcula que al año se construye 50 mil viviendas informales en Lima, a través del método de la autoconstrucción debido a la falta de dinero [2].

En adición sabiendo que el Perú se ubica en la zona sísmica Circumpacífica, siendo una zona altamente sísmica, donde se registran un 90% de los sismos y el 80% de los terremotos más grandes del total a nivel mundial [3], en donde se presentan sismo de elevada magnitud e intensidad [4], la ciudad de Chiclayo, se encuentra dentro de la zonificación sísmica en la zona 4 que se interpreta como una zona de alto potencial y riesgo sísmico, de acuerdo a la Norma E.030, el concreto empleado para resolver diferentes exigencias en el rubro de la construcción, tiene un peso de 2400 kg/m<sup>3</sup>, teniendo pocas opciones al momento de querer utilizar un concreto con un peso unitario menor al mencionado en obras civiles, que pueda ser adecuado su uso como alternativa para la ejecución de losas, que ayudan a la disminución de peso y proporciona menos peso muerto a la estructura, lo que reduce el peso de la estructura, ante un evento sísmico, este no tenga un elevado peso estructural que produzca fuerzas inerciales sísmicas mayores, para poder así aliviar dichas cargas y por ende poder reducir el daño a la estructura en sus elementos estructurales.

También se nos presenta un problema ambiental, debido a que el plástico PET (polietilenterefalato) es el material plástico más utilizado para la fabricación de botellas, debido a los bajos costos de producción, se ha convertido en un problema ambiental, debido a que se

convierte en un material de desecho difícil de degradarse, con un tiempo de 150 años. Por otro lado, la industria del corcho en el Perú, provoca un problema forestal, cuenta con un área de 506 000 hectáreas, que presenta el 25% del total mundial, extrayéndose al año 88 400 toneladas de corcho [5]. Estos desechos, tienen un impacto ambiental.

Esta investigación contribuirá a ampliar el conocimiento sobre el uso de plástico PET y corcho reciclado en concreto estructura, con el objetivo de reducir su densidad y evaluar su desempeño como materiales sustituyentes de los agregados. La reducción en el peso específico permitirá que el concreto sea adecuado para su uso en losas armadas.

Además, al utilizarse plástico PET y corcho reciclado, se contribuirá a reducir la contaminación ambiental al aprovechar estos materiales como sustitutos de un porcentaje de los agregados en la construcción de losas armadas.

Finalmente, con el fin de abordar la formulación del problema y validar la hipótesis planteada el **objetivo principal** es “determinar las propiedades mecánicas de la dosificación de concreto liviano con plástico PET y corcho reciclado para la ejecución de losas armadas” y así mismo como **objetivos específicos** analizar las propiedades mecánicas del concreto liviano sustituyendo el agregado en porcentajes por plástico PET y corcho reciclado; realizar el Ensayo de Resistencia a Compresión Simple, a través del ensayo de compresión de probetas cilíndricas de 15x30 cm; realizar el Ensayo De Tracción Por Compresión Diametral; realizar el ensayo de Resistencia a la Abrasión; realizar el Ensayo De Consistencia Del Concreto; presupuestar el costo/eficiencia de la fabricación del concreto liviano con plástico, garantizar un diseño de mezcla de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y una densidad menor de  $2400 \text{ kg/m}^3$ , con plástico PET y corcho reciclado y por ultimo determinar el impacto del uso del plástico PET y corcho reciclado en el uso del diseño de mezcla

## Revisión de literatura

### *Antecedentes del problema*

#### *Antecedentes Internacionales*

Eva María Sánchez García (2019), “**Hormigón Ligero con Nanosílice y Áridos de Plástico y Corcho Reciclados**”, su meta es producir un concreto liviano, para uso estructural, reemplazando agregados convencionales por agregados artificiales aligeros de origen de reciclados, para fabricar mezclas y realizar ensayos de prueba de resistencia para medir sus propiedades mecánicas. Se realizaron cuatro mezclas, dos con alto contenido de cemento, nanosílice, cenizas volantes, superplastificante y áridos tradicionales; los dos diseños de mezcla fueron iguales, sin embargo, sustituyendo el 48% del agregado fino y grueso con sustituyentes (30% de polipropileno y 18.5% de corcho). Para el análisis, se ensayaron sus propiedades mecánicas del concreto en su estado endurecido, realizando ensayos a la compresión, módulo de elasticidad, porosimetría de intrusión de mercurio, la carbonatación, el ataque por cloruros y la penetración de agua a presión. Al final se obtuvieron datos por cada ensayo, su resistencia a la compresión y la densidad, la mezcla con áridos livianos redujo un 68% y 19% (Mas de 30 MPa a 90 días) respectivamente, pero aun así tuvieron niveles válidos para uso estructural, sus resultados para la porosidad varían de 9.83% a 17.75%, penetración de ion cloruro varían de 8.6 y 5.9 mm, lo que indica una alta durabilidad debido a su muy baja porosidad y gran resistencia a los ataques químicos [6].

#### *Antecedentes Nacionales*

Jean Richard Pinedo Pérez (2019), “**Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018**”, es una tesis experimental que tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión con la incorporación de plástico PET obtenido de la trituración de las botellas recicladas, adicionando en 5, 10 y 15% y finos extraídos del río Huallaga con la finalidad de ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos fueron de 5, 10 y 15% se obtuvo 191, 168.25 y 151.31  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente, siendo mayores a 140  $\text{kg/cm}^2$  puede ser utilizado en elementos no estructurales reduciendo la contaminación ambiental producida por el plástico PET, generando una opción distinta de este elemento en el mundo de la construcción [7].

Luis George Ramos Valer (2020), “**Comparación de la influencia del uso de ICHU (Stipa Ichu)**”, mediante ensayos experimentales analiza y compara la influencia que produce la incorporación de fibras en diferentes longitudes de 2 cm y 5 cm en Ichu, y 6 cm y 9 cm para el Nylon en porcentajes de 0.5, 1, 2 y 3% en relación a la arena para optimizar sus propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y tracción indirecta. Para la mezcla de concreto se utilizó

cemento portland YURA tipo IP, agregado grueso de ½”, agregado fino, fibras de Nylon de grosor #9 y fibras de Ichu de las zonas altas de Arequipa. Como resultado la adición de ambas fibras mejora la resistencia a tracción indirecta y flexión en vigas otorgando al concreto mayor ductilidad, la adición más optima de nylon fue de 6 cm en porcentaje del 1%, al contrario que para el Ichu la adición más optima es de 2cm en un porcentaje de 0.5%. la fibra más favorable del Nylon para un ensayo de flexión en losas, teniendo como resultado un incremento a la resistencia en un 50%, sumando mayores deformaciones a la losa [8].

Roger Daminano Pareja y Walter Quispe Cervantes (2021), “**Concreto con plástico reciclado y su influencia en la calidad en elementos estructurales para viviendas de 2 pisos Abancay, 2021**”, la investigación de esta tesis fue tipo básica, con nivel explicativo y diseño experimental para poder analizar el impacto del uso de plástico reciclado en concreto y su influencia en elementos estructurales para viviendas de dos pisos en la ciudad de Abancay, en 2021. La población del estudio consistió en 36 testigos de concreto, cada tratamiento fue repetido 3 veces y ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días. Se evaluaron diferentes proporciones de PET reciclado (0, 5, 10 y 15%) en le mezcla de hormigón, obteniendo para el concreto patrón (0%) resistencias de 335.47 kg/cm<sup>2</sup>, con 5% de PET resistencias de 318.43 kg/cm<sup>2</sup>, con 10% de PET resistencias de 299.25 kg/cm<sup>2</sup> y con 15% con 277.58 kg/cm<sup>2</sup>. El análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza mostro un Valor-P de 0.000, lo que indica diferencias significativas en las resistencias del concreto con distintas proporciones de PET. En adición, el costo total por tratamiento se disminuyó conforme aumenta el porcentaje de plástico PET. Esto sugiere que el costro del concreto baja a medida que se incorpora plástico PET [9].

### ***Antecedentes Locales***

Paola Imelda Flores León (2019), “**Evaluación De La Adición De Fibras PET Provenientes Del Reciclaje De Botellas A La Subrasante Del Suelo En El Área De Estacionamiento De La Clínica Usat,2018-2019**”, se busca evaluar el impacto de la adición de plástico PET reciclado por botellas en las propiedades físico – mecánicas de los suelos arcillosos en el estacionamiento de la Clínica USAT, con la finalidad de utilizarlo como subrasantes. Para ello, se realizaron ensayos de proctor Modificado en insitu y diversas adiciones en diferentes porcentajes en la mezcla con el PET en diferentes longitudes, con el fin de determinar cambios en la densidad seca máxima alcanzada. Luego, se realizaron ensayos de CBR en las muestras, obteniendo resultados óptimos en comparación con el suelo natural como su capacidad. Como resultado las dos dosificaciones con fibras de 1” de longitud, siendo la primera de 1.15%, aumento la densidad en un 9.60% y la segunda de 1.25%, aumento la

densidad en un 8.69%. Finalmente se realizaron los ensayos de CBR en la dosificación de 1” de longitud, la dosificación de 1.15% mejoro la expansión de mezcla y aumentó el valor de CBR en un 1.02% y 4.21 para densidades secas máximas del 95% [10].

Luis David Idrogo Ruiz y Angie Liseth Taica Marquez (2024), “**Evaluación de las propiedades mecánicas del adoquín de concreto con la adición de residuos PET en Pavimentos articulados, Lambayeque 2023**”, esta tesis tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de adoquines rectangulares Tipo I, con la finalidad de uso peatonal, adicionando residuos de plástico PET en pavimentos articulados en la región de Lambayeque. La población de estudio consistió en adoquines de concreto con una dosificación diseñada para alcanzar una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, con una población de 90 adoquines rectangulares Tipo I, con adiciones de plástico PET en porcentajes de 0% (muestra patrón), 1.25%, 2.5%, 3.75%, 5% y 7.5%, sometidas a ensayos de compresión, abrasión y absorción. Los ensayos, dieron como resultado óptimo de adición de PET fue del 3.75%, logrando una resistencia a la compresión promedio de 345.83 kg/cm<sup>2</sup>, mejorando las propiedades mecánicas de los adoquines y cumple con la normativa NTP 339.611 La prueba de absorción, se incrementó conforme se incrementaba el porcentaje de PET en los adoquines. El ensayo de abrasión, un 2.5% de adición de PET resulto con un desgaste de 20 mm, siendo el menor de estos. Se concluyo, que el PET puede ser utilizado como aditivo en fabricación de adoquines de concreto rectangulares de Tipo I [11].

### ***Bases legales***

Las normas citadas en este trabajo de investigación son:

- Norma Técnica Peruana (NTP)
- American Society for Testing and Materiales (ASTM)
- American Concrete Institute (ACI)
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### ***Base Tórica – Científica***

#### ***Concreto***

La definición de concreto según [12], no dice que, es un “mezcla de cemento Portland o cualquier otro tipo cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, ya sea con o sin aditivo”.

***Figura N°01. Componentes del concreto.***



***Fuente: [13]***

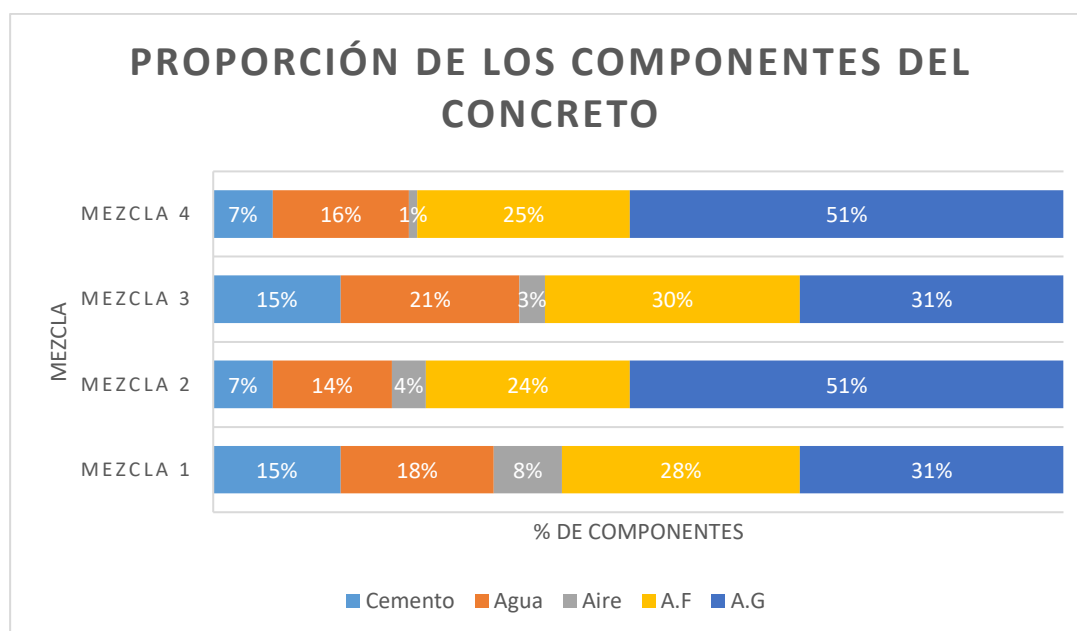
El concreto es una combinación de dos componentes: agregado y pasta. La pasta, compuesta por cemento portland, une los agregados, lo que da como resultado en una estructura similar a la de una roca. Por lo tanto, las proporciones de los componentes del concreto puede varias [13].

**Tabla N°01. Proporción de los componentes del concreto.**

ÍTEM	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
<b>Cemento</b>	15%	7%	15%	7%
<b>Agua</b>	18%	14%	21%	16%
<b>Aire</b>	8%	4%	3%	1%
<b>A. F</b>	28%	24%	30%	25%
<b>A. G</b>	31%	51%	31%	51%
<b>Tipo</b>	Con aire incluido	Con aire incluido	Sin aire incluido	Sin aire incluido

*Fuente: [13]*

**Gráfico N° 01. Diferentes proporciones utilizadas en concreto por volumen total.**



La mezcla 1 y 2 representan mezclas con aire incluido

La mezcla 3 y 4 representan mezclas sin aire incluido.

*Fuente: Elaboración Propia*

Como se muestra en la Gráfico N° 01, generalmente el agregado ocupa el 59% al 76% del volumen total del concreto estructural, el cemento entre 7 al 15% y el aire atrapado en la mezcla entre 1% al 8%.

Según [14], estos elementos se pueden dividir en 3 elementos:

<i>Elementos activos</i>		<i>Agua</i> <i>Cemento</i>
<i>Elementos inertes</i>		<i>Piedra</i> <i>Arena</i>
<i>Perjudiciales</i>		<i>Vacios</i> <i>Impurezas</i>

La mezcla de los ingredientes tradicionales del hormigón origina una masa plástica (estado plástico del concreto) que se puede compactar y moldear con simplicidad, perdiendo poco a poco esta trabajabilidad hasta tornarse rígida (fraguado) y empezando a adquirir las propiedades y comportamiento de un volumen consistente, convirtiéndose en un material de buenas propiedades mecánicas. Las características del concreto tanto físicas como químicas están establecidas por las cualidades de sus elementos.

Los tipos de concreto que podemos encontrar en base al Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.060 [12]:

- **Concreto Estructural:** tiene como propósito su uso estructural incluyendo el concreto simple y el concreto reforzado, sus principales aplicaciones de acuerdo a [15], son:
  - **Edificios:** habilitación de losas, columnas y vigas en estructuras residenciales y comerciales.
  - **Puentes:** concreto expuesto a altos niveles de humedad y exigencias.
  - **Carreteras:** este tipo de concreto está diseñado para transportar tráfico pesado, llegando a ser de alta resistencia.
  - **Cimientos:** utilizado para la fabricación de pilotes (puentes), zapatas y vigas de cimentación (edificaciones).
  - **Tuberías y conductos:** para la construcción de sistemas de alcantarillas.
  - **Obras prefabricadas:** con este tipo de concreto se garantiza la calidad, resistencia y durabilidad de la estructura, gracias a fabricación de columnas, vigas, losas, tuberías, postes, etc.
- **Concreto Armado:** “concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero”
- **Concreto Simple:** “concreto estructural que no contiene armadura de refuerzo o con menos refuerzo inferior al mínimo requerido para un concreto reforzado”
- **Concreto Estructural Liviano:** aquel concreto con una densidad menor o igual a 1850 kg/m<sup>3</sup>.

### ***Concreto estructural liviano***

- Según la NORMA E.060, el concreto liviano “Concreto con agregado liviano que cumple con lo especificado en 3.3 y tiene una densidad de equilibrio, determinada por Método de prueba estándar para determinar la Densidad del Hormigón Estructural Ligero (ASTM C567)” [12].
- El concreto liviano es preparado con agregados livianos (agregados con un peso menor al convencional), por eso su densidad, es menor comparado con el concreto tradicional.
- Los concretos livianos son usados principalmente en obras civiles que requieren pesos bajos, aislamiento térmico y acústico.
- Las construcciones con concreto liviano requieren menos acero estructural, como resultado de la disminución de cargas que se serán transmitidas a las cimentaciones.

### ***Ventajas del concreto liviano***

Las ventajas del uso del concreto liviano son:

- Disminución del acero estructural.
- Menores cargas transmitidas en las cimentaciones.
- Mejor aislamiento térmico, acústico e ignifugas.

### ***Desventajas del concreto liviano***

Las desventajas del uso del concreto liviano son:

- Un aumento en el costo en la fabricación del concreto liviano, entre un 30% a 50%.
- Mayor cuidado en la preparación del concreto liviano.
- Aumento de la porosidad del concreto liviano.

### ***Componentes del concreto***

#### ***Cemento***

El cemento es un material en polvo, que, al añadir una cantidad adecuada de agua, forma una pasta aglutinante capaz de endurecerse tanto en condiciones de humedad como en el aire.

La Norma NTP 334.001, describe al cemento Portland como un cemento hidráulico obtenido a través de la pulverización del Clinker, principalmente compuesto por silicatos de calcio hidráulico, y que incluye uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio y piedra caliza no mayor a un 5% [16].

También la NTP 334.009, en adición nos menciona otros componentes del “Cemento Portland” como adiciones inorgánicas de proceso, no exceder un 5% en cantidad en masa del cemento, Adiciones orgánicas de proceso, no debe exceder un 1% en cantidad en masa del cemento. Así, como algunos requisitos químicos [17].

En el Perú, la NTP 334.009, especifica los seis tipos de cemento utilizados [17]. Siendo los siguientes:

- **Tipo I:** Uso general, no exige propiedades especiales ni especificaciones particulares como las de otros tipos.
- **Tipo II:** Uso general, especialmente cuando se busca una resistencia moderada a los sulfatos.
- **Tipo II (MH):** Uso general, ideal cuando se necesita un moderado calor de hidratación junto con resistencia moderada a los sulfatos.
- **Tipo III:** se solicitan elevadas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** especificado para situaciones que requieren una elevada resistencia a exposición a sulfatos.

Como resumen, el Perú dispone de Normas Técnicas Peruanas (NTP), que ha sido desarrolladas tomando como referencia las normas técnicas ASTM previamente mencionadas. Entre estas, se encuentran las NTP 33.009 [17], NTP 334.090 [18] Y NTP 334.082 [19], las cuales clasifican los diferentes tipos de cemento de manera alineada con la normativa de la ASTM, como se muestra en la Tabla N°52.

### ***Agregado***

Según la NTP 400.011, el agregado es la materia prima según su origen natural o artificial, donde sus límites fijados están comprendidos mediante todas sus respectivas dimensiones [20].

En la elaboración del concreto; en la unidad cubica este material ocupa del 62%-78% del concreto estando presentes embebidos con la pasta. Para la elaboración del concreto se utilizan agregados que se catalogan en: hormigón, arena y grava.

Para que los agregados sean aprobados en la fabricación del concreto, es necesario realizar ensayos de laboratorio de acuerdo con la NTP 400.037, el agregado tiene las funciones de aportar un relleno correcto a la pasta para reducir su contenido, aportar una masa de este material en el concreto que sea resistente a acciones mecánica y disminuir variaciones de volumen resultante del transcurso de fraguado y endurecimiento [21].

### ***Agregado Fino (AF)***

La gradación del AF, según el análisis granulométrico, nos indica que, es el agregado que atraviesa el tamiz 3/8" (9.500 mm), atraviesa en un gran porcentaje el N°4 (4.750 mm) y atrapado en su totalidad en el N°200 (74 um.), cumpliendo con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 [21] y NTP 400.012 [22].

Su gradación del agregado fino debe estar entre los límites de la siguiente Tabla N°02:

**Tabla N°02. Granulometría del AF.**

MALLA		ESPECIFICACIONES	
Pulg.	(mm.)	%	
1/2"	12.700	100	100
3/8"	9.500	100	100
N° 4	4.750	95	100
N° 8	2.360	80	100
N° 16	1.180	50	85
N° 30	0.600	25	60
N° 50	0.300	10	30
N° 100	0.150	2	10
N° 200	0.075	0	3.0

**Fuente: [21]**

El AF no debe superar el 45% entre dos mallas consecutivas, como se indica en la Tabla N°02 y un módulo de finura debe estar en los rangos de 2.3 y 3.1 [21].

#### **Agregado Grueso (AG)**

Según lo dicho por NTP 400.037, la conforma la grava, piedra chancada, concreto reciclado, agregado reciclado o la combinación de estos [21].

La gradación del AG, según el análisis granulométrico, nos indica que, es aquel agregado que no pasa por el tamiz N°4 (4.75 mm), y cumple con los rangos establecido en la NTP 400.037, cumpliendo los límites establecidos como:

- Su tamaño máximo del agregado (TM).
- El agregado grueso no debe superar el 5% en arcillas y finos, además en materia orgánica no debe sobrepasar el 1.5% de impureza.

De acuerdo a lo establecido por la RNE E.060, el TMN no debe exceder el agregado grueso a 1/5 de desunión entre caras de encofrado, 1/3 de peralte de losa y 3/4 de distancia de luz entre armadura [12].

Su gradación del AG debe estar entre los rangos según la Tabla N°03.

**Tabla N°03. Granulometría del AG.**

MALLA		ESPECIFICACIONES	
		(USO 56)	
Pulg.	(mm.)	%	
2"	50	100	100
1 1/2"	38	100	100
1"	25	95	100
3/4"	19	40	85
1/2"	12.7	25	60
3/8"	9.52	0	15
N°4	4.75	0	10
N°8	2.36	0	0
N°6	1.19	0	0

**Fuente:** [21].

#### **Propiedades del agregado**

Las propiedades físicas que poseen los agregados son características de estos materiales; estas nos ayudan a evaluar su estado real y determinar su influencia en la elaboración del concreto.

- **Forma y textura superficial:** Los agregados naturales poseen una forma irregular y se caracterizan por las siguientes formas y son: redondeada, subredondeada, muy redondeada, angular y sub angulares.
- **Granulometría:** es la distribución del tamaño de las partículas que ponen el agregado (AF y AG).
- **Contenido de Humedad:** es la cantidad de agua contenida en los poros que se conectan a la superficie absorbiendo el agua que este en contacto con la partícula. Este parámetro es fundamental en la producción de concreto, si es elevado, podría la mezcla perder asentamiento, al contrario, si es baja, podría verse afectado su trabajabilidad y fluide, incidiendo en la resistencia y durabilidad del concreto. Los agregados se clasifican en agregados secos al horno, saturado superficie seca, seco al aire y totalmente húmedas.
- **Absorción:** es la capacidad de absorber una cantidad de agua y por consecuencia tener un aumento de masa.

- **Peso unitario volumétrico:** es la masa por unidad de volumen del agregado que ocupara en el volumen del diseño de mezcla. Se incluye sus partículas sólidas y vacíos presentes entre las partículas.

### *Agua*

#### *Agua para la mezcla*

Según la NTP 339.088, establece ciertos requisitos para el agua utilizada en la fabricación del concreto y menciona los siguientes tipos de agua [23]:

- **Agua combinada:** es la combinación de dos o más fuentes de agua mezcladas entre ellas, antes o durante la producción.
- **Agua no potable:** no cumple con los estándares de calidad y como consecuencia no es apta para el consumo humano, debido a su contenido de sustancias químicas, biológicas o físicas. Una señal clara es su olor o sabor desagradable.
- **Agua potable:** agua apta para consumo humano, de color cristalino, sin olor y sabor.
- **Agua de las operaciones de producción de concreto:** agua reciclada de la producción de concreto (lavado de mixers mezcladores), agua recolectada de una cuenca producto de la escorrentía de aguas pluviales o que contenga ingredientes de concreto.

#### *Agua para el curado*

Según la Norma E0.60, nos indica, el agua debe ser de tipo potable con un PH entre 6 y 8, y esta debe estar libre de ciertas sustancias que puedan dañar el concreto o modificar sus propiedades físicas en estado plástico o endurecido [12], algunas de estas sustancias que pueden alterar sus propiedades son:

- Aceites, ácidos y sustancias alcalinas
- Materiales orgánicos.

La NTP 334.077 [24], nos indica, que el agua debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe ser agitada continuamente en intervalos que no exceda de un mes.
- Deben ser lavados con agua que contengan 3g/L de hidróxido de calcio, para poder reducir la acanalada, pérdida de masa y mantener el PH entre 13 – 14, evitando la lixiviación.
- La saturación inicial del agua deberá ser 6 g/L.
- No deberá usarse agua corriente fresco o agua desmineralizada.

### ***Propiedades del concreto fresco***

El concreto se contempla en estado fresco desde el momento del mezclado hasta que se del fraguado de su cemento; de aquí se originan propiedades de este estado:

#### ***Consistencia***

La trabajabilidad es la simpleza de cómo se puede trabajar los materiales para elaborar el concreto para luego ser empleada según las condiciones en su uso en la construcción de la obra.

Para evaluar la trabajabilidad se realiza de acuerdo al ensayo establecido en la NTP 339.035 [25], para determinar el asentamiento del concreto en laboratorio como de campo; donde se procede a llevar a cabo el Ensayo del Cono de Abrams. El asentamiento es proporcional a la relación agua/cemento del diseño de mezcla.

#### ***Clasificación por consistencia***

Para medir la consistencia del del concreto, se utiliza el cono de Abrams, para determinar la fluidez y trabajabilidad, su clasificación se observa en Tabla N°04.

***Tabla N°04. Clasificación del concreto por consistencia.***

<b>Asentamiento (cm)</b>	<b>Consistencia</b>	<b>Grado de trabajabilidad</b>
<b>0 a 2.0</b>	Muy seca	Muy bajo
<b>2.0 a 3.5</b>	Seca	Bajo
<b>3.5 a 5.0</b>	Semiseca	Bajo
<b>5.0 a 10.0</b>	Media	Medio
<b>10.0 a 15.0</b>	Húmeda	Alto

***Fuente: [26]***

Además del Método del ACI 211-91, nos da una elección del asentamiento de acuerdo al tipo de construcción [27].

Un rango de ½” hasta 9”. ACI recomienda los siguientes tipos de asentamientos; para cimentaciones simples y calzaduras de 1 – 3”; para zapatas y muros de cimentación reforzado de 1 – 3”; para vigas, columnas y muros armados de 1 – 4” y en pavimentos y losas de 1 – 4” de slump.

#### ***Tiempo de fraguado***

Se considera tiempo de fraguado, al tiempo necesario para el concreto pase del estado fresco al estado endurecido, el cual se cuenta desde el momento que se da la unión del cemento con el agua, en este contacto, se le conoce como tiempo inicial de mezcla.

### ***Peso unitario***

El peso unitario es la suma de todos los materiales que componen la mezcla. El peso específico del hormigón estructural oscila entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>. La densidad másica del hormigón ligero es inferior a 1900 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la del hormigón pesado es de 2800 a 6000 kg/m<sup>3</sup>. Estos cambios dependen de la densidad y cantidad de agregados naturales, aire, cemento y contenido de agua

### ***Definición de conceptos***

#### ***Probetas***

Con respecto a las probetas, [13] nos afirma, que también son conocidas como muestras de prueba muestras de ensayo, especímenes; tienen como objetivo moldear el concreto en dimensiones especificadas según las normas ASTM C39 [28]. las dimensiones de las probetas cumplen con una relación de esbeltes de 1:2 (diámetro: altura) [26], para ensayos de concreto se elaboran especímenes de 150 mm (6 pulg.) de diámetro y 300 mm (12 pulg.) de altura, así como, especímenes de menor tamaño con medidas de 100 mm (4 pulg.) de diámetro y 200 mm (8 pulg.).

El tamaño de la varilla a usar para la elaboración de probetas será de acuerdo a la Tabla N°53.

Según [26], el material de moldes usado para la elaboración de probetas es de acero, plástico o un material de atacable por el cemento.




#### **Equipos y herramientas**

- Molde cilíndrico (ver Figura N°195 y Figura N°196).
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189).

#### **Elaboración de probetas**

Para la elaboración de probetas de 6"x12" según [29], el procedimiento es:

- Aplicar una capa ligera de desmoldante en el interior del Molde cilindro para desmoldar fácilmente, pasada las 24 hr.
- Llenar y compactar el molde en tres capas de 10 cm de altura, realizando 25 golpes ("Chuzeadas") con la barra lisa de Ø 5/8" y 10 veces con el martillo de goma realizar golpes laterales, esto, por cada capa (ver Figura N°02, Figura N°03, Figura N°04).

<i>Figura N°02. Prime ra capa de 10 cm + 25 Chuzeadas.</i>	<i>Figura N°03. Segun da capa de 10 cm + 25 Chuzeadas.</i>	<i>Figura N°04. Tercer a capa de 10 cm + 25 Chuzeadas.</i>
		

*Fuente: [29]*

- El molde deberá llenarse por exceso para compactar la última capa y con la ayuda de la varilla se enrasa el molde dejando una capa superior uniforme y eliminar el exceso de mezcla. También puede variar de acuerdo al tipo de molde (ver Tabla N°58)
- Finalmente identificar la probeta con una etiqueta en la parte externa del molde con la siguiente información (ver Figura N°05):
  - Probeta N°01
  - Resistencia de Diseño
  - Fecha de elaboración: dd/mm/aaaa
  - Ubicación de concreto vaciado: Elemento estructural
  - Proyecto: Tesis

**Figura N°05. Codificación de Probetas Vaciadas.**



**Fuente:** [29]

Nota: un mal acabado de la cara del cilindro afecta la resistencia del concreto.

- Después de su elaboración, llevar las probetas con mucho cuidado a un lugar de almacenamiento.
- Finalmente, de 24 horas  $\pm$  0.5 horas se realizar el desmolde de la probeta con precaución.
- Se procede a curar la muestra (debe estar sumergido en agua potable y cubrir todas las caras de las probetas).

### **Viguetas**

Según [26], las preparación, curado y ensayo de las viguetas están relacionadas al mismo sistema de las probetas. La vigueta estándar tiene una sección transversal cuadrada de 150 mm de lado y 500 mm de longitud, aunque también pueden tener otras dimensiones.

#### **Equipos y herramientas**

- Molde para vigueta (ver Figura N°06, Figura N°07 y Figura N°207).
- Varilla de acero lisa con punta redonda (Figura N°189).

#### **Elaboración de probetas**

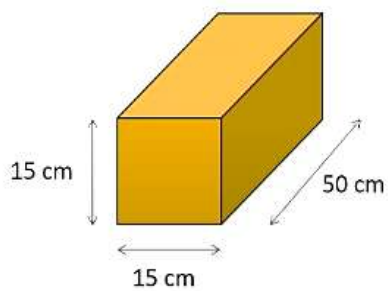
- Aplicar una capa ligera de desmoldante en el interior del Molde de viguetas para desmoldar fácilmente, pasada las 24 hr.
- El número de capas y golpes será de acuerdo a la Tabla N°05.

**Tabla N°05. Compactación de las viguetas con varilla.**

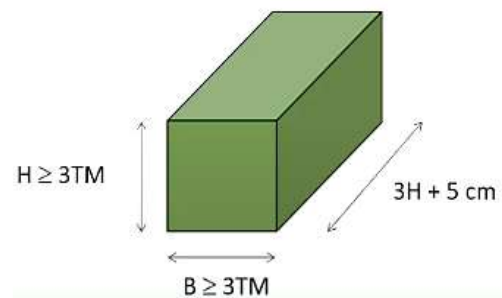
Ancho de vigueta (mm)	N° de capas	N° de golpes/capa
100 a 200	2	1 por cada 14 cm <sup>2</sup> del
> 200	3 a mas	área de la superficie superior

*Fuente: [26]*

**Figura N°06. Dimensiones de viga prismática de acuerdo la  $TM \leq 50$  mm.**

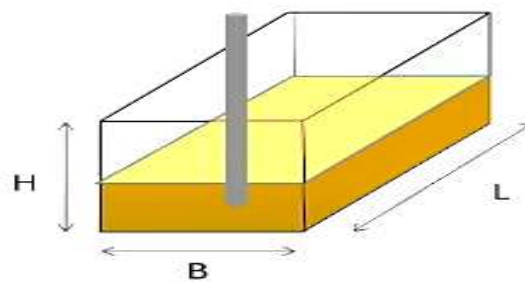


**Figura N°07. Dimensiones de viga prismática de acuerdo la  $TM > 50$  mm.**



*Fuente: [30]*

**Figura N°08. Vaciado de concreto en vigueta.**



*Fuente: [30]*

## ***Curado de especímenes de concreto***

### **Normas**

- NTP 339.183 [31].
- NTP 334.077 [24].
- ACI 308 [32].

### **Objetivo**

El curado tiene como objetivo prevenir pérdidas de agua (maximizar la hidratación del cemento) en el concreto y conservar la temperatura, con el propósito que desarrolle sus propiedades, como son: la resistencia, rigidez y durabilidad. Este ensayo está normalizado según el ACI 308 [32].

### **Procedimiento**

Según la NTP 339.183 [31], el curado del concreto en laboratorio se realiza con los siguientes procedimientos:

- El curado inicial de las probetas se realiza después de finalizado el vaciado de concreto y deberán cubrirse inmediatamente con un material no absorbente, no reactivo y de un material resistente, durable e impermeable.
- Las probetas deberán ser almacenadas en un cuarto o cámara húmeda (evitando pérdidas importantes de agua en el concreto), y no debe ser trasladadas a otro punto.
- El desmoldado de las probetas debe ser después de  $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$  después del vaciado.
- Colocar las probetas de concreto en un tanque de almacenamiento de agua, según la NTP 334.077, el material de los tanques no debe ser corrosivo y tendrá un control automático de temperatura a  $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$  [24].

***Figura N°09. Curado de probetas en pozas de curado en laboratorio USAT.***



***Fuente: Elaboración Propia***

## ***Propiedades del concreto endurecido***

### ***Resistencia a la compresión ( $f'c$ )***

Es la capacidad máxima de resistir una carga axial compresiva

Este ensayo se realiza en las muestras después de un periodo de curado de 7, 14, 28, 60 días, respetando las condiciones según la ASTM C39 [28] o NTP 339.34 [33].

Según la RNE E.060, la resistencia a la compresión se evalúa conforme a la disposición del Capítulo 5 – Calidad Del Concreto, Mezclado y Colocación y expresada en MPA [12].

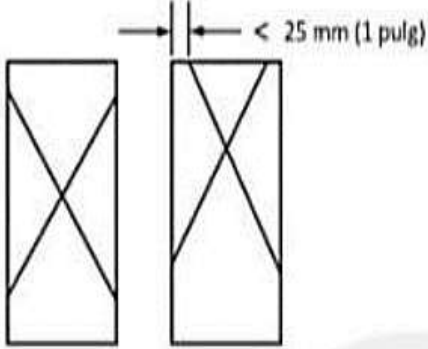
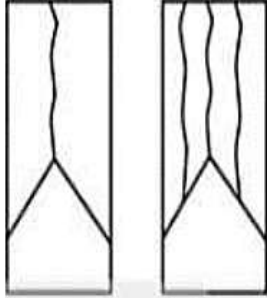

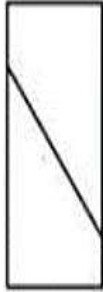
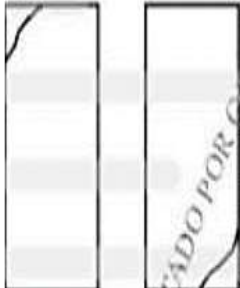

Así mismo, según [15], la medida de la resistencia a la compresión del concreto es una de las pruebas más relevantes, ya que sus resultados son la base del control de calidad del concreto en:

- Dosificación, mezcla y vaciado.
- Verificar la resistencia de diseño.
- Control de la calidad del agregado, cemento o eficacia de los aditivos.

### ***Tipos de fallas en especímenes de concreto***

Los tipos de fallas de los especímenes de concreto según la NTP 339.034 [33], se pueden observar en la siguiente Tabla N°06.

**Tabla N°06. Esquema de los patrones de tipos de fracturas.**

<p><b>Tipo I</b> (Cono)</p>	<p><b>Tipo II</b> (Cono y Separacion)</p>
	
<p>Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.</p>	<p>Conos bien formados sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.</p>
<p><b>Tipo III</b> (Grietas)</p>	<p><b>Tipo IV</b> (Corte)</p>
	
<p>Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	<p>Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del Tipo I.</p>
<p><b>Tipo V</b> (Fracturas laterales)</p>	<p><b>Tipo VI</b> (Fracturas)</p>
	

Fuente: [33]

El ensayo de resistencia a compresión con el tiempo es de gran importancia para los ingenieros estructurales, según [34], nos indica, el Comité ACI 209 recomienda la siguiente fórmula para concreto hecho con cemento portland normal (ASTM Tipo I) curado con humedad a 23 °C.

**Fórmula 01:** *Resistencia a la compresión de acuerdo al tiempo ( $f_{cm}(t)$ )*

$$f_{cm}(t) = f_{(28)} \left( \frac{t}{4 + 0.85t} \right)$$

Donde:

- $f_{cm}(t)$ : Resistencia a compresión del concreto a  $t$  días, en  $kg/m^2$ .
- $f_{(28)}$ : Resistencia a compresión del concreto a 28 días, en  $kg/m^2$ .
- $t$ : edad del hormigón, en días.

**Fórmula 02:** *Porcentaje de resistencia a la compresión del concreto*

$$\%f'c(t) = \frac{t}{4 + 0.85 * t} * 100$$

Donde:

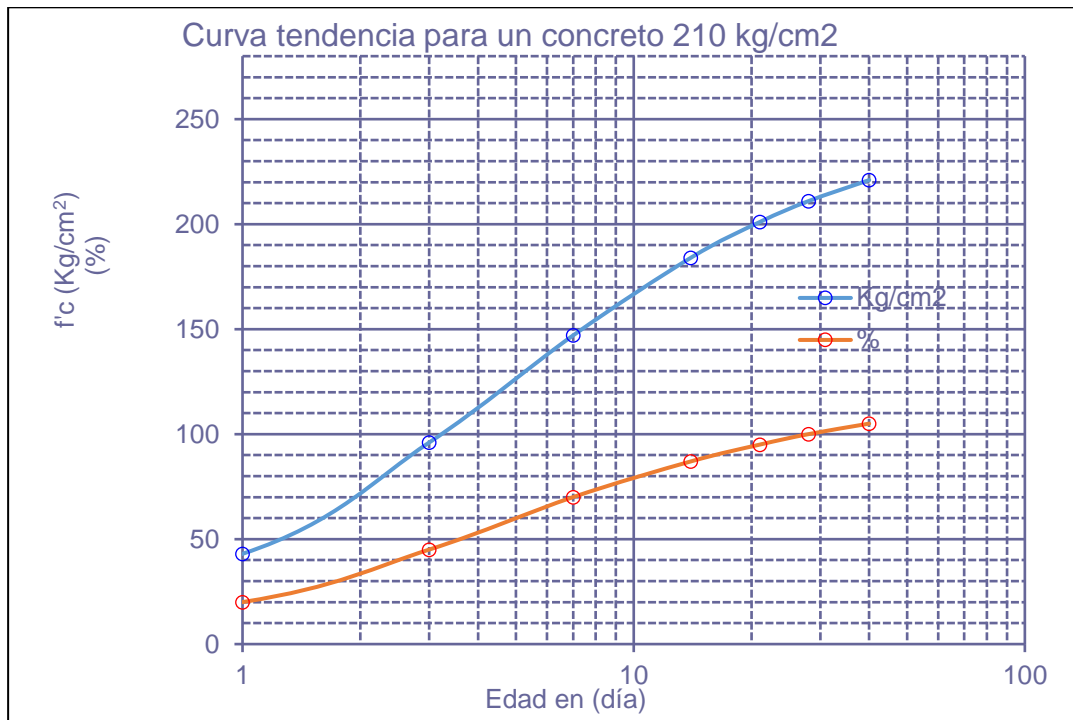
- $\%f'c(t)$ : Porcentaje de resistencia a compresión del concreto a  $t$  días, en %.
- $t$ : edad del hormigón, en días.

**Tabla N°07.** *Resistencia y porcentaje a la compresión de acuerdo al tiempo.*

$t$ (días)	Horas (hr)	$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
0.1	10	5	2
1	24	43	20
3	72	96	45
7	168	147	70
14	336	184	87
21	504	201	9
28	672	211	100
40	960	221	105

**Fuente:** [34]

**Gráfico N° 02. Curva tendencia – concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>.**

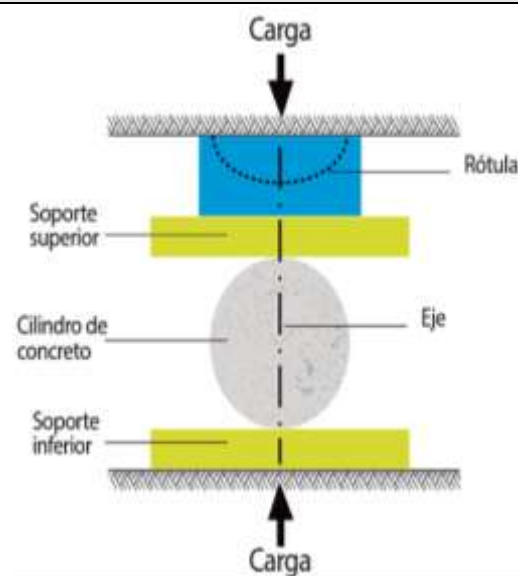


**Fuente: Elaboración Propia**

### **Resistencia a la tracción ( $f_r$ )**

El concreto tiene un  $f_r$  baja a comparación con un  $f_c$ . En el “Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta del Concreto por Compresión Diametral” [35], se aplica una fuerza de compresión.

**Figura N°10. Ensayo de tracción indirecta.**

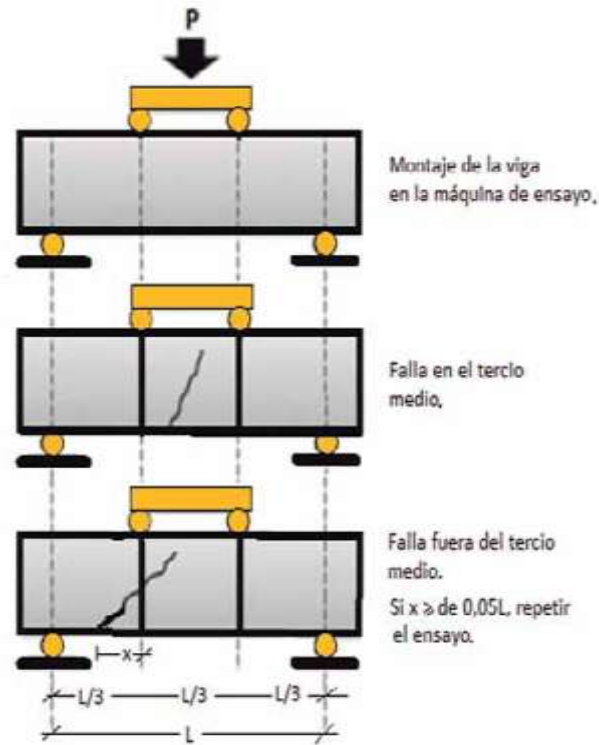


**Fuente: [26]**

### **Resistencia a la flexión (Mf)**

La resistencia a la flexión o también llamada Modulo de Rotura (MR), un factor importante en estructuras de concreto. Se evalúa sometiendo una vigueta estándar a flexión, cargada en el tercio medio [26].

**Figura N°11. Ensayo de vigueta cargada en el tercio medio.**



**Fuente: [26]**

### **Resistencia a la abrasión**

La resistencia a la abrasión se determina midiendo el desgaste producido en la cara vista de la probeta, sometida a rozamiento mediante un disco de acero de 70 mm de anchura, y material abrasivo.

Para realizar este ensayo se lleva a cabo de acuerdo a la ASTM C944 [36].

La durabilidad es una propiedad tan importante, que se tienen en cuenta en los diseños de mezcla, un concreto durable conserva su forma, calidad (determinada por los componentes en su dosificación) y capacidad de servicio (depende del método de colocación, compactación y curado del concreto) al estar expuesto del medio ambiente donde se desempeña.

**Figura N°12. Ensayo de Abrasion (Rotating-Cutter Drill Press).**



**Fuente: [26]**

### **Corcho Vegetal**

El corcho es la corteza del alcornoque (*Quercus Suber L.*), esta corteza se extrae cada nueve años sin talar ni dañar el árbol, su origen es totalmente natural, observado al microscopio, presenta una estructura similar a la de una colmena en la que cada celda adopta la forma prismática, siendo esa estructura el aporte de características únicas: ligereza (porque contiene gas en su interior), elasticidad y compresibilidad (formada por una especie de los alveolos) [37].

**Figura N°13. Corteza del alcornoque (*Quercus Suber L.*).**

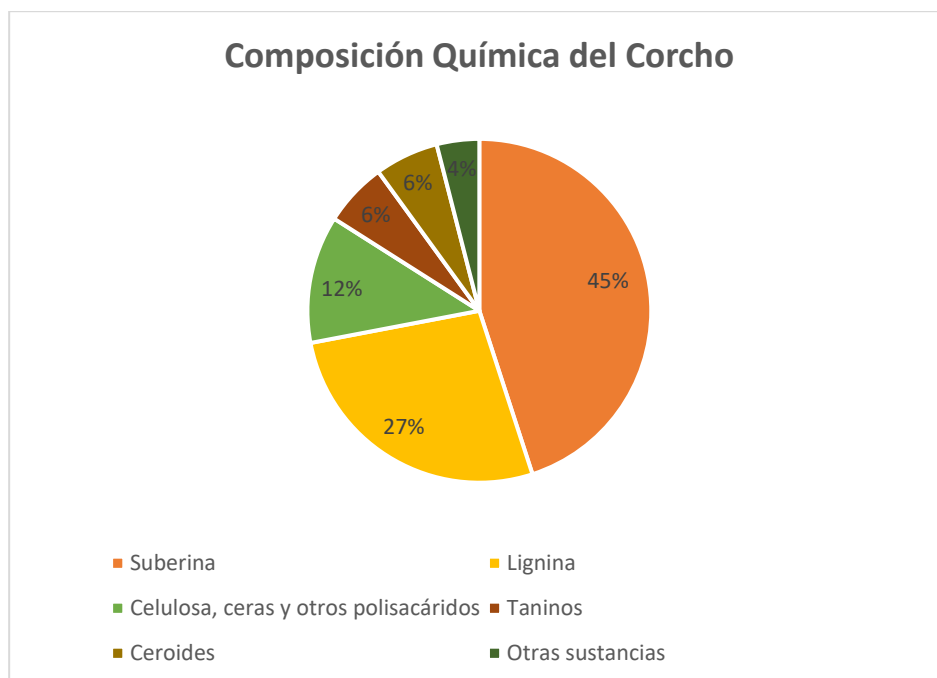


**Fuente: [37].**

**Tabla N°08. Composición química del Corcho.**

Composición	%
Suberina	45%
Lignina	27%
Celulosa, ceras y otros polisacáridos	12%
Taninos	6%
Ceroides	6%
Otras sustancias	4%

**Fuente:** [37].

**Gráfico N° 03. Proporción de los componentes del corcho vegetal.**

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### **Propiedades del Corcho**

Las propiedades del corcho según [38], son las siguientes:

- **Aislamiento térmico:** el coeficiente de conducción de calor del material es 0.037 – 0.040 w/(mk), así mismo tiene la propiedad de estabilización de la temperatura del aire y la humedad.
- **Aislamiento acústico y aislamiento de vibraciones:** el corcho puede absorber de 30 a 70% de tonos (debido a su estructura específica), en los rangos de frecuencia de 400 a 4000 Hz, debido a su estructura permite suprimir simultáneamente los sonidos del aire, impacto y eliminar los puentes de sonido.

- Impermeabilidad a líquidos y gases: Se debe a la suberina y la cera que contiene, aunque se trata de una impermeabilidad absoluta, debido al contenido gaseoso de las células.
- Retardante del fuego: el corcho tiene una resistencia al fuego en euro clase E.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Elevada resistencia a la fricción.
- Elasticidad, compresibilidad y resiliencia.
- Hipoalergénico.
- Cómodo y suave al tacto.
- Ligereza: se debe como consecuencia que el 90% del volumen es aire, como resultado una baja densidad, siendo un material cinco veces más ligero que el agua.
- Químicamente inerte: No entra en reacción química con líquidos y gases. El tapón de corcho conserva neutralidad de sabor y olor, y no absorbe olores.
- Resistencia a la corrosión biológica: debido al contenido de taninos y ausencia de material de proteína susceptible a la degradación, conserva una resistencia a hongos y moho.

### ***Plástico PET***

El PET (Polietilentereftalato o Polietileno Tereftalato) es un polímero plástico, que es obtenido a partir del etileno y el paraxileno, se distingue por:

- Gran ligereza
- Resistencia a la compresión y a impactos
- Alto grado de transparencia y brillo.

El PET, es representado por un símbolo como se muestra en la Figura N°14.

***Figura N°14. Símbolo del PET.***



---

***Fuente: [39]***

Según [6], lo describe como un plástico claro resistente, puede ser utilizado como una fibra, así como su uso de plástico en estado virgen es para las botellas de refrescos y agua mineral, relleno de sacos de dormir y almohadas, fibras textiles.

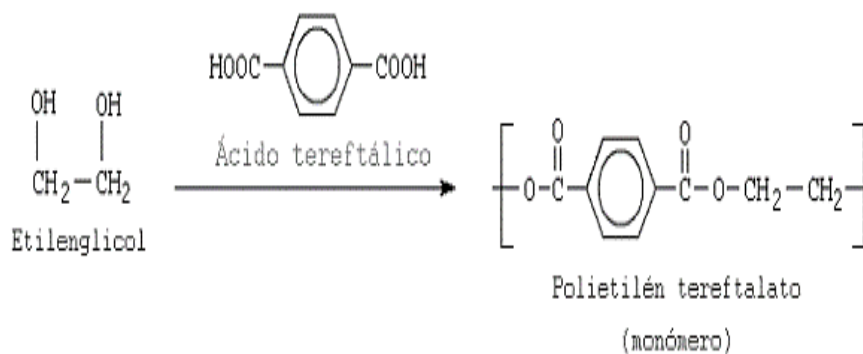
**Figura N°15. Botella de plástico PET.**



**Fuente: [6]**

Según QuimiNet, el PET se produce a través de la condensación entre el etilenglicol y el ácido tereftálico, donde este último desempeña un papel clave en la formación de fibras y materiales de moldeo [40].

**Fórmula 03: Estructura Química del PET**



**Fuente: [40]**

### **Propiedades generales del Plástico PET**

En particular, el Polietilentereftalato presenta las siguientes características relevantes:

- Gran resistencia en relación a su densidad
- Aislamiento acústico, térmico y eléctrico
- Alta transparencia, aunque permite la adición de colorantes.
- Buen rendimiento entre refuerzos permanentes.

- Alta resistencia al desgaste y a la corrosión.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química (ácidos, álcali y disolventes).
- Excelentes propiedades térmicas.

Con estos datos se puede asumir que el PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto (ver Tabla N°09).

**Tabla N°09. Datos Técnicos del Polietilentereflato.**

<b>Propiedades Mecánicas</b>		
Peso específico	134	gr/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	285	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Absorción de humedad	0.25	%
<b>Propiedades Térmicas</b>		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm po °C
<b>Propiedades Químicas</b>		
Resistencia a álcalisis débiles a Temperatura ambiente	Buena	
	Arde con mediana	
Comportamiento a la combustión	Dificultad	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

**Fuente: [7]**

### ***Composición del plástico PET***

Según [41], el PET se fabrica utilizando petróleo crudo, gas natural y aire. Un kilogramo de PET contiene 64% es petróleo, 23% corresponde a derivados líquidos del gas natural y 13% es aire, así como también, del petróleo crudo se extrae el paraxileno, que al oxidarse con aire produce ácido tereftálico.

### ***Reciclado del plástico PET***

El proceso de reciclaje mecánico es en gran medida similar para diferentes tipos de plásticos y se lleva a cabo en los siguientes pasos:

- **Recolección:** Las botellas de PET para reciclado provienen de programas de recolección y de recolectores ambulantes, lo que ayuda a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan a los vertederos. Idealmente, los consumidores deberían separar los desechos antes de que sean recogidos y llevarlos a un centro de acopio. El papel de los recolectores es crucial.

***Figura N°16. Recolección de Plástico PET.***

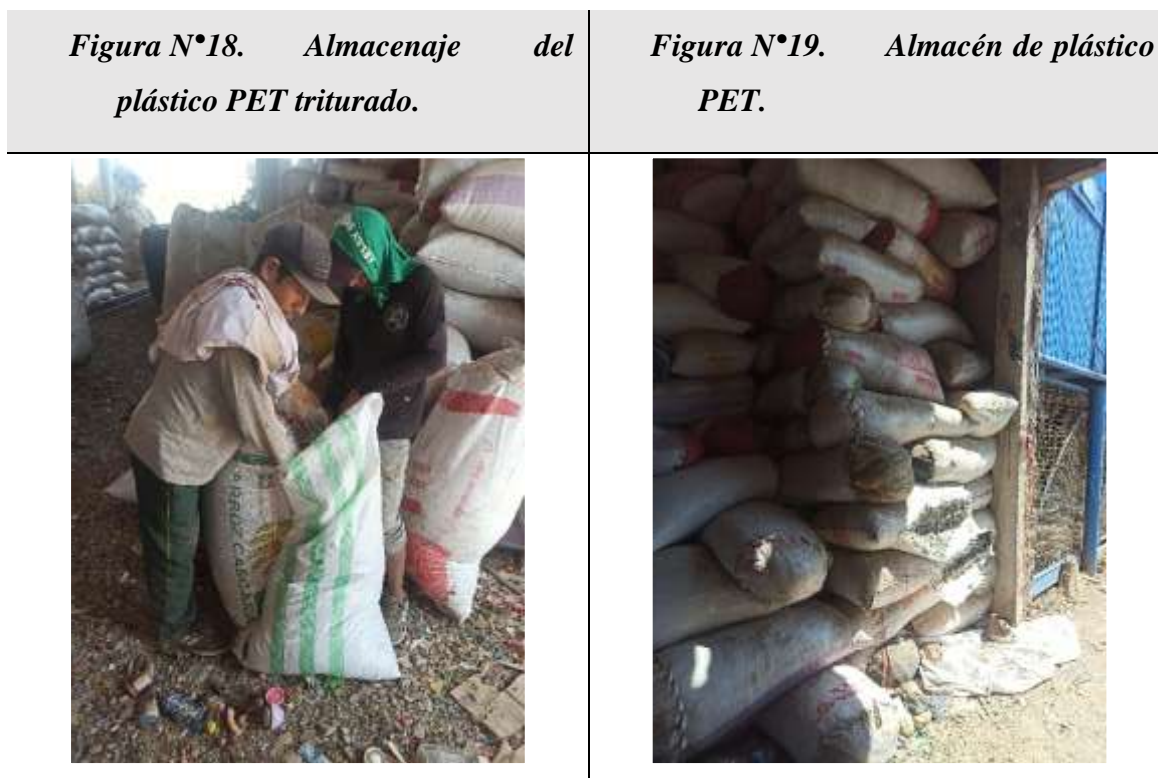


***Figura N°17. Plástico PET en centro de acopio.***



***Fuente: Elaboración Propia.***

- **Compactación:** el material se compacta se compacta para disminuir el volumen, lo que facilita su transporte y almacenamiento. Normalmente, las dimensiones de estos bloques de PET son de 153 x 130 x 85 cm, y cada uno puede pesar entre 200 y 600 kg, dependiendo del grado de compactación o de la eficiencia del prensado.



**Fuente: Elaboración Propia.**

### ***Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)***

#### ***Impacto Ambiental***

Según [42], lo define, se describe como cualquier modificación en el entorno, ya sea positivo o negativo que afecten al medio ambiente, que pueda ser originada por causas naturales o como consecuencia de la realización de actividades humanas, así como el uso consumo de productos y servicios.

#### ***Medio Ambiental***

El autor [42], los describe como el entorno que abarca las condiciones en las que se desarrolla la vida, compuesta por una combinación de factores que influyen en el crecimiento y desarrollo, así como por condiciones sociales y culturales que afectan o influyen el crecimiento y desarrollo de un individuo o de su comunidad. Además, incluye elementos de valor intrínseco social (restos arqueológicos).

#### ***Aspecto Ambiental***

Según el ISO 14001 [43], lo define como un componente de las actividades, producto o servicios de una organización que se puede interactuar como el entorno. Una vez identificados y evaluados, se determinan los aspectos ambientales significativos, que tienen o podrían tener un impacto significativo.

***Impactos ambientales de la explotación de recursos naturales para la construcción: grava, arena y piedra***

Los impactos y efectos de extracción de arena, grava y piedra se pueden resumir en tres categorías, las cuales se describen a continuación en la Tabla N°10. Los principales recursos naturales explotados para ser empleados en las obras de construcción son la grava, arena y piedras, la ubicación de sus yacimientos están ubicados en riveras, quebradas o canteras rocosas. Su extracción se puede hacer a diferentes profundidades hasta llegar a las capas de valor para su explotación.

- Grava y arena sus yacimientos están ubicados en riveras.
- Piedra chancada sus yacimientos están ubicados en riveras y canteras rocosas a partir de rocas de gran tamaño.

***Tabla N°10. Categoría del impacto ambiental y sus efectos***

<b>Categoría del impacto</b>	<b>Efectos</b>
<b>Impacto en la naturaleza y el paisaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de las reservas de agua subterránea.</li> <li>• Daños en la flora y fauna, hasta ocasionar pérdidas de especies.</li> <li>• Cambio del relieve geográfico.</li> <li>• Cambio en el microclima.</li> </ul>
<b>Impacto en los intereses de uso de tierras y forestales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución o pérdida de áreas valiosas forestales y de tierras agrícolas.</li> <li>• Contaminación acústica, del aire o molestias por tráfico.</li> </ul>
<b>Impacto en la calidad de vida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de zonas de recreación en el entorno de zonas de concentración poblacional.</li> </ul>

***Fuente: [42]***

Según [42], es fundamental identificar las posibles fuentes de contaminación y los impactos ambientales negativos, los cuales los describe a continuación:

- Combustibles usados en la generación de energía: producto de la operación de vehículos, equipos y motores utilizados en diversas etapas de la construcción, utilizando diversos tipos y calidades de combustible derivados del petróleo.

- Consumo de agua: es un factor importante en el aspecto ambiental, ya que su impacto depende del tipo y la cantidad de agua utilizada. Un consumo irresponsable puede alterar de forma irreversible las interacciones ecológicas y la vida biológica en el entorno. Por ello, se recomienda minimizar el consumo de agua.
- Piedras y arenas: estos materiales son considerados como aspectos ambientales por ser empleados en grandes cantidades y, como consecuencia, por los severos impactos ambientales que su explotación genera debido a su origen como material natural obtenido de las canteras teniendo una intervención directa en el suelo y subsuelo. No afecta las reservas de agua, pero por otro lado afecta la flora y fauna, teniendo impactos negativos en la conversión de áreas naturales en los centros de explotación; paisaje natural, genera cambios permanentes en el relieve geográfico y con esto interviene en el equilibrio geológico de las áreas naturales.
- Clima: debido al origen de las canteras en zonas de cota desérticas, no se registran cambios en los microclimas durante su explotación.

### ***Matriz de Leopold***

Según [44], lo describe como un modelo cualitativo preliminar, que sirve como herramienta para evaluar, clasificar, valorar los impactos ambientales de un proyecto o acción específica. Consiste una matriz de doble entrada que organiza los factores ambientales en las filas y las acciones propuestas en las columnas. Su finalidad es evaluar los posibles efectos que estas acciones pueden generar sobre los factores ambientales.

Para generar la matriz, se deberá trazar una diagonal en las celdas donde pueden producirse un impacto.

- **Magnitud (M):** indica el grado de alteración potencial en la calidad ambiental del factor analizado, refiriéndose a la dimensión, relevancia y cuantificación del efecto en sí mismo. Se escala de ponderación entre los rangos 1 a 10, y por su naturaleza o clase puede ser positivo (+) o negativo (-).
- **Importancia (I):** es un valor ponderado que indica el peso relativo del efecto potencial y reflejando su significación y relevancia, así como la extensión o parte del entorno afectado. Se escala de ponderación entre los rangos 1 a 10.

**Figura N°20. Criterio de evaluación de la magnitud e importancia.**



*Fuente: Elaboración propia*

- **Factores ambientales:** son los factores más susceptibles de ser impactados en la fase de un proyecto o acción (ver Tabla N°11).

**Tabla N°11. Componentes potencialmente afectables del medio ambiente.**

Medio		Factores	
Medio Inerte	Aire	Emisión de gases	
		Partículas en suspensión	
		Nivel de ruido	
	Agua	Agua Potable	
		Suelo	Cambio de uso
			Morfología
Calidad del suelo			
Medio Biótico	Flora	Permeabilidad	
		Fauna	Árboles, arbustos y otros
			Insectos
Medio Perceptual	Paisaje	Aves	
		Animales terrestres	
	Económico	Paisaje Urbano	
		Generación de empleo	
		Transporte	
Salud	Actividades comerciales		
	Utilización momentánea de vías		
	Salud		

*Fuente: Elaboración propia*

## ***Ensayo de los materiales***

### ***Análisis granulométrico de los agregados***

El análisis granulométrico de los agregados nos ayuda a determinar los diferentes tamaños que posee el agregado, con una muestra seca y masa conocida, pasada por una serie de matices de diferentes aberturas de mayor a menor, estos tamices pueden variar de acuerdo al agregado, para agregado fino se utilizara los tamices de la Tabla N°02 y para el agregado grueso los tamices de la Tabla N°03.

#### **Normas**

Análisis granulométrico para la determinación de la gradación del AF y AG, basado en las normas:

- ASTM C136/C136M [45].
- NTP 400.011 [20].
- NTP 400.012 [22].
- NTP 400.037 [21].
- NTP 350.001 [46].

#### **Objetivo**

- Determinar el tamaño (cumplan los parámetros establecidos) del agregado fino y grueso mediante el tamizado, determinando el tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN), así como el módulo de fineza.

#### **Equipos y herramientas**

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Tamices, los tamices utilizados son:
  - Para el agregado fino (ver Tabla N°02).
  - Para el agregado grueso (ver Tabla N°03).
- Bandejas metálicas (ver Figura N°184).
- Horno: un horno capaz de dimensiones adecuadas capaz de mantener temperaturas entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$ ) (ver Figura N°185)
- Agitador mecánico de tamices.

#### **Procedimiento**

##### ***Para el AF***

- Pesar 500gr del agregado en estado natural (condiciones húmedas)

- Lavar la muestra a través del tamiz N°200, con el propósito de eliminar los finos que pasan el tamiz de lavado.
- Colocar el material en un recipiente y llevar al horno por 24hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^\circ \text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.
- El tamizado se realiza con tamices de la Tabla N°02, que cumplan los requisitos y características de la Norma NTP 350.001 [46].
- Armar los tamices de manera descendente y el fondo de manera ordenada, y vierte la muestra por los tamices, colocar la tapa con la finalidad de no perder los finos al momento del tamizado.
- Iniciamos el tamizado, moviendo de manera lateral los tamices por un determinado periodo de tiempo hasta poder verificar que ya no pasa el agregado por cada tamiz.
- Finalizamos el tamizado después de un minuto y no pase más del 1% en peso del material retenido.
- Finalmente retiramos la tapa y comenzamos a pesar con la balanza cada % retenido por cada tamiz, podemos ayudarnos de brochas suaves para retirar las partículas adheridas en las mallas de los tamices más delicados y por ningún motivo no debe forzarse que las partículas atrapadas pasen por el tamiz retenido.

### ***Agregado Grueso***

- Realizar el cuarteo de la muestra (ver Figura N°21)
- La cantidad mínima de la muestra (ver Tabla N°54).
- La muestra representativa se lleva a un horno por 24, retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.
- El tamizado se realiza con tamices de la Tabla N°03.
- Armar los tamices de manera descendente y el fondo de manera ordenada, donde se vierte la muestra por el tamiz superior colocando la tapa para la pérdida de material.
- Iniciamos la operación del tamizado, moviendo de manera lateral los tamices por un determinado periodo de tiempo hasta poder observar que el agregado no pasa por cada tamiz.
- Finalizamos la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material retenido.
- Finalmente retiramos la tapa y comenzamos a pesar con la balanza cada % retenido por cada tamiz.

**Figura N°21. Cuarteando sobre una superficie dura, limpia y nivelada.**

Cono de muestra sobre una superficie dura y limpia.



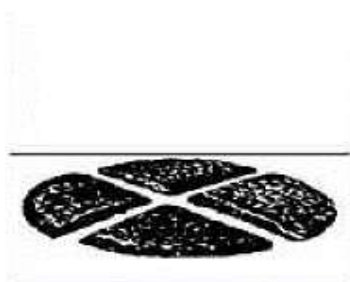
Mezclar para formar un nuevo cono.



Cuarteando después de aplastar el cono.



Divida la muestra en cuartos.



Retener los cuartos opuestos, rechazar los otros dos cuartos.



*Fuente: [47]*

### **Módulo de Finura (MF)**

Según la [20], lo define, como un factor obtenido mediante la suma de los porcentajes retenido de la muestra de los tamices 6", 3", 1 ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividido por 100. El MF es un indicador de la fineza del agregado, se obtiene con la Fórmula 04:

**Fórmula 04: Módulo de Finura (MF)**

$$MF = \frac{\sum \%(6", 3", 1 \frac{1}{2}", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

Siguiendo las Norma [21], el módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones para el concreto. Se recomienda un MF de 2.30 a 3.1.

### **Contenido de Humedad**

#### **Normativa**

Contenido de humedad, basado en las normas:

- NTP 339.185 [48].
- ASTM C566 [49].

### Objetivo

- Determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado parcialmente seca.

### Equipos y herramientas

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Bandejas metálicas (ver Figura N°184).
- Horno: un horno capaz de dimensiones adecuadas capaz de mantener temperaturas entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$ ) (ver Figura N°185).

### Procedimiento

- Realizar el cuarteo de la muestra (ver Figura N°21).
- La cantidad mínima de la muestra (ver Tabla N°54).
- La muestra humedad a ensayar se coloca en un depósito adecuado para determinar su peso.
- La muestra representativa se lleva a un horno por 24 hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.

### Cálculos

- Según [48], se determina el contenido de humedad con la siguiente Fórmula 05:

**Fórmula 05:** *Contenido de humedad de los agregados.*

$$H_{\%} = \frac{W - D}{D} * 100$$

Donde:

- $H_{\%}$ : *contenido total de humedad evaporable de la muestra, en %.*
- $W$ : *masa de la muestra húmeda, en gr.*
- $D$ : *masa de la muestra seca al horno, en gr.*

### **Peso específico y absorción de los agregados**

Es la característica principalmente utilizada para determinar el volumen ocupado por los agregados en distintas mezclas que abarcan agregados incorporando concreto de cemento y diferentes mezclas que son equiparadas y evaluadas con respecto al volumen.

Los resultados son utilizados para poder calcular el cambio debido por el agua absorbida por la porosidad que tienen los agregados, comparando con la condición seca, cuando el agregado ha tenido relación con el agua lo necesario para cubrir una gran parte de absorción potencial.

### ***Peso específico y absorción del agregado fino***

#### **Normativa**

- NTP 400.022 [50].
- ASTM C128 [51].

#### **Objetivo**

Establecer los procedimientos para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado fino sumergido en agua  $24 \text{ h} \pm 4\text{h}$ .

#### **Equipos y herramientas**

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Tamiz N°4.
- Taras metálicas (ver Figura N°184).
- Horno: un horno capaz de dimensiones adecuadas capaz de mantener temperaturas entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$ ) (ver Figura N°185).
- Fiola de 500 cm<sup>3</sup> (ver Figura N°186).
- Embudo (ver Figura N°187).

#### **Procedimiento**

- La muestra, según Manual de Ensayo de Materiales [52], se debe mezclar uniformemente y recudir por cuarteo, hasta obtener una masa de 1 kg.
- Colocar las muestras de agregado fino en un recipiente y cubrir con agua.
- Colocar el material en un recipiente y llevar al horno por 24hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.
- Tamizar la muestra por la malla N°4 y pesar el material que pasa, hasta obtener 2 muestras de agregado con una masa de 500 gr.
- Pesar la fiola para obtener el peso.
- Verter los 500 gr de agregado fino en la fiola con la ayuda de un embudo.
- Verter el agua destilada a la fiola, agitar la fiola y golpear (25 veces) con la varilla para eliminar todas las burbujas de aire, dejar reposar la fiola por 24 h y pesar la muestra.
- Sacar la muestra de la fiola en una tara metálica y dejarlo reposar, eliminar el exceso de agua con una pipeta.
- Colocar el material en un recipiente y llevar al horno por 24hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.

- Pesar la muestra seca finalmente.

### Cálculos

Según [52], se determina lo siguiente:

- **Peso específico de masa seco ( $P_{em}$ )**, se obtiene con la Fórmula 06:

**Fórmula 06:** *Peso específico de masa seco (PE)*

$$PE = \frac{W_1}{V - V_a}$$

Donde:

- $PE$ : *Peso específico de masa, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- $W_1$ : *Peso de la muestra secada en el horno, en gr.*
- $V = 500$ : *Volumen del frasco, en cm<sup>3</sup>.*
- $V_a$ : *Peso o volumen del agua añadida al frasco, en gr o cm<sup>3</sup>.*
- **Peso o volumen del agua añadida al frasco (gr o cm<sup>3</sup>)**, se obtiene con la **Fórmula 07:**

**Fórmula 07:** *Peso del agua ( $V_a$ )*

$$V_a = W_2 - W_3$$

Donde:

- $V_a$ : *Peso o volumen del agua añadida al frasco, en gr o cm<sup>3</sup>.*
- $W_2$ : *Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua, en gr.*
- $W_3$ : *Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco, en gr.*

**Fórmula 08:** *Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco ( $W_3$ )*

$$W_3 = W_4 + W_{frasco}$$

Donde:

- $W_3$ : *Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco, en gr.*
- $W_4$ : *Peso de la muestra, en gr.*
- $W_{frasco}$ : *Peso del frasco, en gr.*
- **Peso específico de masa saturado con superficie seca ( $P_{e_{sss}}$ )**, se obtiene con la Fórmula 09:

**Fórmula 09:** *Peso específico de masa saturado con superficie seca ( $P_{e_{sss}}$ )*

$$Pe_{sss} = \frac{500}{500 - V_a} * 100$$

Donde:

- $Pe_{sss}$ : *Peso específico de masa saturada con superficie seca, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- $V = 500$ : *Volumen del frasco, en cm<sup>3</sup>.*
- $V_a$ : *Peso o volumen del agua añadida al frasco, en gr o cm<sup>3</sup>.*

- **Peso específico aparente ( $Pe_a$ )**, se obtiene con la Fórmula 10:

**Fórmula 10:** *Peso específico aparente ( $Pe_a$ )*

$$Pe_a = \frac{W_1}{(V - V_a) - (500 - W_1)} * 100$$

Donde:

- $Pe_a$ : *Peso específico aparente, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- $W_1$ : *Peso de la muestra secada en el horno, en gr.*
- $V$ : *Volumen del frasco, en cm<sup>3</sup>.*
- $V_a$ : *Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida al frasco.*

- **Absorción ( $Ab$ )**, se obtiene con la Fórmula 11:

**Fórmula 11:** *Absorción ( $A_{\%}$ )*

$$A_{\%} = \frac{500 - W_1}{W_1} * 100$$

Donde:

- $A_{\%}$ : *Absorción, en %.*
- $W_0$ : *Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gr.*

### ***Peso específico y absorción del agregado grueso***

#### **Normativa**

- NTP 400.021 [53].
- ASTM C127 [54].

#### **Objetivo**

- Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso sumergido en agua 24 h  $\pm$  4h.

### Equipos y herramientas

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Tamiz N°4.
- Taras metálicas (ver Figura N°184).
- Horno: un horno capaz de dimensiones adecuadas capaz de mantener temperaturas entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$ ) (ver Figura N°185).
- Fiola de 500 cm<sup>3</sup> (ver Figura N°186)
- Embudo (ver Figura N°187)

### Procedimiento

- La muestra, según Manual de Ensayo de Materiales [52], se debe mezclar uniformemente y recudir por cuarteo, hasta obtener una masa mínima de acuerdo al Tamaño Máximo Nominal (ver Tabla N°03).
- Lavar la muestra para eliminar el polvo pasándola por la Malla N°4.
- Colocar el material en un recipiente y llevar al horno por 24hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar y finalmente pesarla.
- Remover la muestra del recipiente y pasarle la franela, hasta desaparecer el agua superficial visible.
- Pesar la muestra, pesar la cesta o recipiente sumergido en el agua, agregar el agregado y obtener el peso de la muestra sumergida en agua, obteniendo el peso de la muestra de agregado y la canasta.
- Sacar la muestra y llevar al horno por 24hr a una temperatura constante de  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , retirarlo del horno, dejar enfriar.
- Finalmente pesar la muestra seca.

### Cálculos

Según [52], se determina lo siguiente:

- **Peso específico de masa ( $P_{em}$ )**, se obtiene con la Fórmula 12:

**Fórmula 12:** *Peso específico de masa ( $P_{em}$ )*

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} * 100$$

Donde:

- $P_{em}$ : *Peso específico de masa, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- $A$ : *Peso de la muestra seca en el aire, en gr.*

- *B*: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gr.
- *C*: Peso en el agua de la muestra saturada.
- **Peso específico de masa saturado con superficie seca ( $Pe_{sss}$ )**, se obtiene con la Fórmula 13:

**Fórmula 13:** *Peso específico de masa saturado con superficie seca ( $Pe_{sss}$ )*

$$Pe_{sss} = \frac{B}{B - C} * 100$$

Donde:

- $Pe_{sss}$ : *Peso específico de masa saturada con superficie seca, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- *A*: *Peso de la muestra seca en el aire, en gr.*
- *B*: *Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gr.*
- *C*: *Peso en el agua de la muestra saturada*
- **Peso específico aparente ( $Pe_a$ )**, se obtiene con la Fórmula 14:

**Fórmula 14:** *Peso específico aparente ( $Pe_a$ )*

$$Pe_a = \frac{A}{A - C} * 100$$

Donde:

- $Pe_a$ : *Peso específico aparente, en gr/cm<sup>3</sup>.*
- *A*: *Peso de la muestra seca en el aire, en gr.*
- *B*: *Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gr.*
- *C*: *Peso en el agua de la muestra saturada.*
- **Absorción ( $A_{\%}$ )**, se obtiene con la Fórmula 15:

**Fórmula 15:** *Absorción ( $A_{\%}$ )*

$$A_{\%} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

- $A_{\%}$ : *Absorción, en %.*
- *A*: *Peso de la muestra seca en el aire, en gr.*
- *B*: *Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gr.*

- *C: Peso en el agua de la muestra saturada.*

### ***Peso volumétrico suelto del agregado fino y grueso***

#### **Normativa**

- NTP 400.017 [55].
- ASTM C29/29M [56].
- AASHTO T19M/T19 [57].

#### **Objetivo**

- Este método de ensayo describe como determinar la densidad de masa de agregados en condiciones compactadas o sueltas, así como calcular los vacíos entre partículas; este se constituye por medio de la relación del peso entre el volumen, permitiendo que el agregado caiga de una altura aproximada de 5 cm en un molde con un volumen ya establecido.

#### **Equipos y herramientas**

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189).
- Recipiente de volumen conocido, según [55], debe cumplir ciertos requisitos:
  - Hecho de material de acero u otro metal (preferiblemente con asas).
  - Debe ser hermético a prueba de agua.
  - Rígido para mantener su forma en condiciones severas.
  - El diámetro y la altura deben ser aproximadamente iguales.
  - La capacidad del recipiente, según [55], debe cumplir con los límites de la Tabla N°57.
  - El espesor del recipiente, según [55], debe cumplir con los límites de la Tabla N°56.
- Pala o cuchara (ver Figura N°190).

#### **Procedimiento**

Según la NTP 400.017 [55], para determinar la densidad suelta del agregado, se utiliza el Método C – Shoveling (palear).

- Primero se tendrá que determinar el peso del molde vacío que se va a utilizar.
- Posteriormente, se completa el recipiente dejando caer el material con la ayuda de un cucharón a un nivel de aproximado 5 cm.

- Con la varilla de acero lisa se enrasa el recipiente, además debe limpiar los bordes del molde utilizando una brocha hasta que no se vean películas de partículas.
- Luego se pesa el molde lleno de agregado; cabe mencionar que es necesario realizar este procedimiento tres veces para poder obtener valores más exactos.

### **Cálculos**

Según la NTP 400.017 [55], la densidad de masa determina lo siguiente:

- **Densidad de masa (PUSS)**, se obtiene con la Fórmula 16:

**Fórmula 16:** *Peso Unitario Suelto Seco de los agregados (PUSS)*

$$PUSS = \frac{PUSH}{1 + H} * 100$$

Donde:

- *PUSS: Peso unitario sueto seco del AF o AG, en kg/m<sup>3</sup> o lb<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.*
- *PUSH: Peso unitario húmedo del AF o AG, en kg/m<sup>3</sup> o lb<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.*
- *H: Contenido de Humedad, en %.*

### ***Peso volumétrico compactado del agregado fino y grueso***

#### **Normativa**

- NTP 400.017 [55].
- ASTM C29/29M [56].
- AASHTO T19M/T19 [57].

#### **Objetivo**

- El ensayo se determina mediante la relación del peso entre el volumen de los agregados de manera compactada.

#### **Equipos y herramientas**

- Balanzas, según la NTP 400.012, las balanzas empleadas en el ensayo, deben tener la siguiente exactitud y aproximación [22].
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189)
- Recipiente de volumen conocido, según [55], debe cumplir ciertos requisitos:
  - Hecho de material de acero u otro metal (preferiblemente con asas).
  - Debe ser hermético a prueba de agua.
  - Hecho de un material rígido.
  - El diámetro y la altura deben ser aproximadamente iguales.

- La capacidad del recipiente, según [55], debe cumplir con los límites de la Tabla N°57.
- El espesor del recipiente, según [55], debe cumplir con los límites de la Tabla N°56.
- Pala o cucharón (ver Figura N°190).
- Mazo de goma (ver Figura N°191).

### **Procedimiento**

Según la NTP 400.017 [55], para determinar la densidad suelta del agregado, se utiliza el Método A – Rodding (palear).

- Primero se tendrá que determinar el peso del molde vacío que se va a utilizar.
- Posteriormente, se completa el recipiente dejando caer el material con la ayuda de un cucharón a un nivel de aproximado 5 cm.
- Con la varilla de acero lisa se compacta 25 veces y posteriormente con el mazo de goma golpear 15 veces el recipiente de forma uniforme.
- Con la varilla de acero lisa se enrasa el recipiente, además debe limpiar los bordes del molde utilizando una brocha hasta que no se vean películas de partículas.
- Luego se pesa el molde lleno de agregado; cabe mencionar que es necesario realizar este procedimiento tres veces para poder obtener valores más exactos.

### **Cálculos**

Según la NTP 400.017 [55], la densidad de masa determina lo siguiente:

- **Peso Unitario Suelto Compactado de los agregados (PUCS)**, se obtiene con la Fórmula 16:

**Fórmula 17:** *Peso Unitario Suelto Compactado de los agregados (PUSS)*

$$PUCS = \frac{PUCH}{1 + H} * 100$$

Donde:

- *PUCS: Peso unitario compactado seco del AF o AG, en kg/m<sup>3</sup> o lb<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.*
- *PUCH: Peso unitario húmedo del AF o AG, en kg/m<sup>3</sup> o lb<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.*
- *H: Contenido de Humedad, en %.*

### ***Ensayo de los materiales sustituyentes***

#### ***Granulometría del Plástico PET y Corcho***

Se realizaron los procedimientos y cálculos del apartado de “Análisis granulométrico de los agregados”.

#### ***Contenido de Humedad del Corcho***

Se realizaron los procedimientos y cálculos del apartado de “Contenido de Humedad”. El contenido de humedad del material se obtuvo mediante la Fórmula 18:

***Fórmula 18: Humedad del Corcho (H)***

$$H = \frac{p_n - P_s}{P_s} * 100$$

Donde:

- *H: Humedad, %.*
- *p<sub>n</sub>: Peso en su estado natural, en kg o gr.*
- *p<sub>s</sub>: Peso en su estado seco, en kg o gr.*

#### ***Contenido de Absorción del Corcho***

Se realizaron los procedimientos y cálculos del apartado de “Peso específico y absorción de los agregados”. El contenido de absorción del material se obtuvo mediante la Fórmula 19:

***Fórmula 19: Absorción del Corcho (Abs)***

$$Abs = \frac{p_{abs} - P_s}{P_s} * 100$$

Donde:

- *Abs: Absorción, en %.*
- *p<sub>abs</sub>: Peso saturado, en kg o gr.*
- *p<sub>s</sub>: Peso en su estado seco, en kg o gr.*

## ***Ensayos del concreto en estado fresco***

### ***Peso unitario del concreto***

#### **Normativa**

- NTP 339.046 [58].
- ASTM C138/C138M [59].

#### **Objetivo**

- Realizar el ensayo y calcular la densidad del concreto en su estado fresco.

#### **Equipos y herramientas**

- Balanza, según la NTP 339.046, la balanza empleada debe tener una precisión de 45g dentro del 0.3% de la cara de ensayo [58].
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189)
- Recipiente de medida, según la NTP 339.046, debe cumplir ciertas medidas mínimas según la Tabla N°55.
- Mazo de goma o vibrador interno (según la NTP 339.046, la frecuencia de vibración de 9mil vibraciones por minuto).
- Cuchara (ver Figura N°190).

#### **Procedimiento**

Antes de comenzar con el procedimiento, según la NTP 339.046, se debe seleccionar el método de consolidación (apisonado y vibración interior) [58].

- Calcular el volumen y el peso del molde en la balanza.
- Humedecer el interior del molde y retirar el agua residual en el fondo.
- Agregar el concreto de acuerdo al método seleccionado:
  - Consolidación por el método de apisonado: colocar el concreto en 3 capas de igual volumen, luego 25 golpes con la varilla y golpes (50 golpes recipientes de 28 L y 1 golpe por cada 20 cm<sup>2</sup> de superficie para recipiente de medición más grandes) por cada capa [58].
  - Consolidación por el método de vibración: colocar el concreto en dos capas aproximadamente de igual volumen y vibrar por cada capa. Insertar el vibrador en tres puntos diferentes de cada capa. La primera, el vibrador no debe descansar o tocar el fondo del recipiente y en la última capa el vibrador no debe penetrar la capa subyacente. El tiempo de vibrado dependerá de la trabajabilidad del concreto y la efectividad del vibrado se vea reflejada cuando la superficie del concreto se pone relativamente lisa [58].

- Alisar y terminar suavemente la superficie del concreto con el borde superior del recipiente con la ayuda de la plancha.
- Finalmente, pesar el recipiente con el concreto en estado fresco.

### **Cálculo**

Según la NTP 339.046, se determina lo siguiente [58]:

- **Densidad o peso unitario (D)**, se obtiene con la Fórmula 20:

**Fórmula 20:** *Densidad o peso unitario (D)*

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} * 100$$

Donde:

- *D: Densidad o peso unitario, en kg/m<sup>3</sup>.*
- *M<sub>c</sub>: Masa del recipiente lleno de concreto, en kg.*
- *M<sub>m</sub>: Masa del recipiente, en kg.*
- *V<sub>m</sub>: Volumen del recipiente, en m<sup>3</sup>.*

### **Ensayo de asentamiento del concreto**

#### **Normativa**

- NTP 339.035 [25].
- ASTM C143/C143M [60].

#### **Objetivo**

- Medir el asentamiento (ver Tabla N°04) del concreto fresco tanto en obra como en un laboratorio.

#### **Equipos y herramientas**

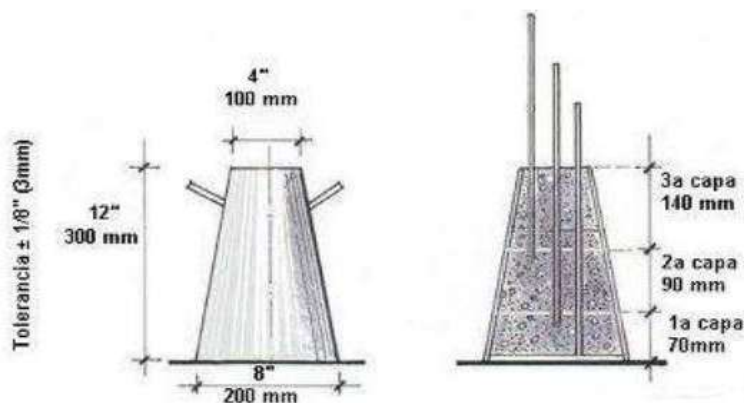
- Cono de Abrams (ver Figura N°193)
  - Ø inferior 200 mm.
  - Ø superior 100 mm.
  - Altura 300 mm.
  - Tolerancias ± 3 mm.
  - Repujado Espesor mínimo 15 mm.
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189).
- Cuchara (ver Figura N°190).
- Regla de metálica rígida o flexómetro (ver Figura N°194).

- Bandeja metálica (ver Figura N°184).

### Procedimiento

- Primero se coloca el molde sobre una superficie plana, seca y no absorbente.
- Posteriormente, se deberá llenar el concreto a 1/3 del volumen total aproximadamente, esto mediante 3 capas (ver Figura N°22).

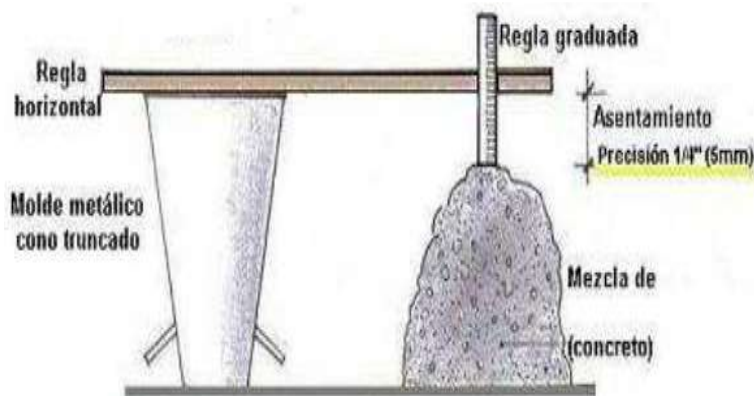
**Figura N°22. Procedimiento para el llenado del cono de Abrams.**



*Fuente: [61]*

- Luego, se realiza la compactación en cada capa mediante 25 golpes con ayuda de la varilla metálica, esto distribuido uniformemente en toda la sección.
- Con la varilla metálica se procede a enrasar el molde, inmediatamente terminada la compactación de la última capa.
- Seguidamente, se levanta el molde de manera vertical para medir la diferencia entre el concreto fresco y la altura del molde. (ver Figura N°23).

**Figura N°23. Procedimiento para medir el asentamiento.**



*Fuente: [61]*

Nota: Si se logra observar un asentamiento de tipo corte, el ensayo se deberá desechar y se realizará nuevamente.

### ***Contenido de aire del concreto***

#### **Normativa**

- NTP 339.080 [62].
- ASTM C231/C231M [63].

#### **Objetivo**

- Determinar la densidad del concreto en su estado fresco, que pueda contener cualquier tipo de agregado, este método emplea la determinación directa del volumen de aire desplazado por un volumen de agua.

#### **Equipos y herramientas**

- Medidores de aire: según la NTP 339.080 [62], existen dos tipos de aparatos satisfactoriamente diseñadas, que emplean el principio de la Ley de Boyle. Para los propósitos de referencia, estos se designan en la presente norma como:
  - Medidor de aire tipo A (ver Figura N°203)
  - Medidor de aire tipo B (ver Figura N°204)
- Recipiente de medición, según NTP 339.080 [62], un diámetro entre 0.75 a 1.25 veces su altura, y una capacidad mínima de 6.0 L. además de garantizar una hermeticidad y con superficies lisa maquinada.
- Varilla de acero lisa con punta redonda (ver Figura N°189)
- Cuchara (ver Figura N°190).
- Mazo de goma (ver Figura N°191).
- Barra de enrase, según NTP 339.080 [62], las dimensiones por lo menos 3mm de espesor con un ancho mínimo de 20 mm y una longitud de 300mm (ver Figura N°192).
- Medidor para agua.
- Vibrador.
- Barra de enrase (ver Figura N°192)

#### **Procedimiento**

- Humedecer el interior del recipiente, luego colocar en una superficie nivelada y firme.
- Vaciar la muestra de concreto, en tres capas de igual volumen. La última capa debe sobresalir del molde.
- La primera capa vaciar la muestra y realizar 25 varillazos, distribuido en todo el recipiente. La varilla no debe penetrar la capa inferior sin chocar con el fondo del

- recipiente. Golpear de manera uniforme el recipiente unos 10 a 15 veces, para eliminar burbujas contenidas en la pasta.
- Enrazar la última capa con la barra de enrase, hasta igualar la superficie con el borde del recipiente. Limpiar el exceso de muestra de los bordes del recipiente.
- Humedecer la tapa del recipiente y limpiarla, colocarla en el recipiente y asegurar la tapa con los ganchos, sujetando dos a la vez y en cruz.
- Abrir ambas llaves de purga.
- Cerrar la válvula principal de aire entre la cámara.
- Inyectar agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra.
- Cerrar la válvula de purga para evitar el escape de aire.
- Bombear aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial y esperar unos segundos para que el aire comprimido llegue a una temperatura normal y se estabilice la lectura de presión dentro del recipiente.
- Ajustar el manómetro en la línea de presión inicial por bombeo.
- Cerrar ambas llaves de purga donde se inyectó el agua.
- Abrir la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón y proporcionar mínimos golpes en los lados del tazón con el mazo.
- Leer el porcentaje de aire, golpeando con la mano ligeramente el manómetro para estabilizar la lectura.
- Cerrar la válvula de aire principal y abrir las llaves de purga, para descargar la presión, antes de remover la cubierta.
- Leer y apuntar el porcentaje obtenido por el manómetro.

### ***Ensayos del concreto en estado endurecido***

#### ***Ensayo de resistencia a la compresión del concreto***

##### **Normativa**

- NTP 339.034 [33].
- ASTM C39/C39M [28].
- ACI 318 [64].

##### **Objetivo**

- Aplicar una carga axial a especímenes de concreto para determinar la resistencia a la compresión en especímenes de concreto. Las probetas deben permanecer 24 horas después de realizarse el vaciado para posteriormente ser curada bajo el agua hasta el momento de su ensayo.

### Equipos y herramientas

- Molde cilíndrico (ver Figura N°195 y Figura N°196).
- Máquina de ensayo (ver Figura N°199).
- Almohadillas de Neopreno (ver Figura N°200).
- Vernier (ver Figura N°202).
- Bloques de acero (ver Figura N°201).

### Procedimiento

- Sacar las probetas de la poza de curado y evitar la pérdida de humedad.
- Medir el diámetro (D) y su altura. la relación altura/diámetro no deberá ser menor a 1.75 o se deberá corregir el resultado obtenido multiplicando por un factor corrección según la Tabla N°60.
- El ensayo debe comenzar al momento de la elaboración de los especímenes, las tolerancias para las edades están en la Tabla N°59.
- Colocar el espécimen de concreto entre las dos bases (base y parte superior) de almohadilla de neopreno y centrar el espécimen con el extremo del cilindro.
- Aplicar la carga con una velocidad continua y sin impacto y manteniéndola hasta el final.
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen del concreto, así como anotar el tipo de fractura (ver Tabla N°06).

### Cálculos

- Calcular la resistencia a compresión del espécimen de concreto con la siguiente fórmula:

**Fórmula 21:**      *Resistencia a la compresión.*

$$f'c = \frac{F_{max}}{A_p}$$

**Fórmula 22:**      *Área de la sección transversal del espécimen.*

$$A_p = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

- $f'c$ : resistencia a la compresión, en  $kg/cm^2$ .
- $F_{max}$ : fuerza máxima alcanzada, en  $kg$ .
- $A_p$ : Área de la sección transversal del espécimen, en  $cm^2$ .

- $D$ : *Diámetro promedio del espécimen, en cm.*
- $\pi$ : *usar el valor de 3.1416.*
- El ACI 318, declara que la resistencia del concreto se puede considerar satisfactorio si se logran el promedio de tres ensayos consecutivos [64], se haya con la Fórmula 23:

**Fórmula 23:** *Resistencia promedio a la compresión.*

$$f'c_{\text{promedio}} = \frac{f'c_1 + f'c_2 + f'c_3}{3}$$

### ***Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral***

#### **Normativa**

- NTP 339.084 [65].
- ASTM C496/C496M [66].

#### **Objetivo**

- Este ensayo consiste en aplicar una carga axial en el sentido longitudinal del espécimen de concreto con la ayuda de un equipo especial que mantenga el espécimen centrado y poder aplicar una cara uniforme en toda la longitud hasta producir una falla en su sección longitudinal.

#### **Equipos y herramientas**

- Máquina de ensayo (ver Figura N°199).
- Vernier (ver Figura N°202).
- Bloques de acero (ver Figura N°201).
- Dispositivo para ensayo de tracción (ver Figura N°205)

#### **Procedimiento**

- Dibujar líneas diametrales en cada extremo del espécimen, ambas líneas pertenecen al mismo plano axial.
- Medir el diámetro del espécimen (tener tres promedios), tomadas en los dos extremos.
- Se ubica el espécimen utilizando las líneas diametrales anteriormente dibujadas centrada en el dispositivo para el ensayo de tracción.
- Aplicar la carga con una velocidad continua y sin impacto y manteniéndola hasta el final.
- Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen del concreto hasta que falle es espécimen por ese esfuerzo de tracción por compresión diametral.

## Cálculos

- Para hallar la resistencia a la tracción indirecta se utiliza la siguiente Fórmula 24::

**Fórmula 24:** *Resistencia a la tracción por compresión diametral*

$$T = \frac{2F_{max}}{\pi LD}$$

Donde:

- $T$ : resistencia a la tracción indirecta, en  $kg/cm^2$ .
- $F_{max}$ : fuerza máxima alcanzada, en  $kg$ .
- $L$ : Longitud del espécimen, en  $cm$ .
- $D$ : Diámetro promedio del espécimen, en  $cm$ .
- $\pi$ : usar el valor de 3.1416.

**Fórmula 25:** *Esfuerzo de tracción con respecto al  $f'c$  del concreto*

$$fr = 2\sqrt{f'c}$$

Donde:

- $fr$ : esfuerzo de tracción con respecto al  $f'c$ , en  $kg/cm^2$ .
- $f'c$ : resistencia a la compresión, en  $kg/cm^2$ .
- Según [26], la resistencia a la tracción se puede correlacionar con la resistencia a la compresión, que puede variar entre 8% y 12% del  $f'c$ , se calcula mediante la Fórmula 26:

**Fórmula 26:** *Esfuerzo de tracción con respecto al  $f'c$  del concreto con respecto a  $K$*

$$fr = K\sqrt{f'c}$$

Donde:

- $fr$ : módulo de rotura, en  $kg/cm^2$ ,  $MPa$  ó  $lb/pulg^2$ .
- $f'c$ : resistencia a la compresión, en  $kg/cm^2$ ,  $MPa$  ó  $lb/pulg^2$ .
- $K$ : Constante que depende fundamentalmente de las unidades.
  - 0.4 a 0.7, cuando  $f'c$  se expresa en  $MPa$ .
  - 1.3 a 2.2, cuando  $f'c$  se expresa en  $kg/cm^2$ .
  - 5 a 7.5, cuando  $f'c$  se expresa en  $lb/pulg^2$ .

## ***Ensayo de resistencia a la flexión***

### **Normativa**

- NTP 339.078 [67].
- ASTM C78/C78M [68].

### **Objetivo**

- Este ensayo establece el método para determinar la resistencia a la flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas aplicando cargas en los tercios de la distancia entre apoyos.

### **Equipos y herramientas**

- Viga a ensayar (Especimen de ensayo).
- Herramienta para ensayo de flexión (ver Figura N°206).
- Máquina de ensayo (ver Figura N°199).

### **Procedimiento**

- Medir los tercios y en cada borde marcar 1” adentro del espécimen a ensayar.
- Colocar el aparato de ensayo de flexión en la máquina de ensayo y colocar la viga a ensayar en las placas de apoyo marcado a 1” en ambos extremos.
- Centrar el sistema de aplicación de carga con el pistón de la máquina.
- Colocar el bloque encima del espécimen a los cuales se aplicará la carga por la máquina de ensayo.
- Aplicar la carga forma continua y sin impacto a una velocidad constante hasta el punto de falla.

### **Cálculos**

- Para hallar la resistencia a la flexión del concreto se utiliza la siguiente formula:

***Fórmula 27: Resistencia a la flexión del concreto en vigas***

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

Donde:

- *r: relación de carga, en  $\frac{N}{min}$ .*
- *S: tasa de incremento de la tensión maxima en la cara d tracción, en  $\frac{MPa}{min}$ .*
- *b: ancho promedio del espécimen, en mm.*
- *d: altura promedio del espécimen, en mm.*

- *L: longitudud del tramo, en mm.*
- Si la falla se origina en la superficie de tensión, dentro del tercio central de la longitud del tramo, el módulo de rotura se calculará mediante la Fórmula 28:

**Fórmula 28:**      **Módulo de rotura dentro de los tercios central**

$$M_f = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

- *M<sub>f</sub>: módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup> ó MPa.*
- *P: carga maxima de rotura indicada por la maquina de ensayo, en kg ó N*
- *L: longitudud del tramo, en cm ó mm.*
- *b: ancho promedio del espécimen, en cm ó mm.*
- *h: altura promedio del espécimen, en cm ó mm.*
- Si la falla se origina en la superficie de tensión, fuera del tercio central de la longitud del tramo, el módulo de rotura se calculará mediante la Fórmula 29:

**Fórmula 29:**      **Módulo de rotura fuera de los tercios central**

$$M_f = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

- *M<sub>f</sub>: módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup> ó MPa.*
- *P: carga maxima de rotura indicada por la maquina de ensayo, en kg ó N*
- *a: distancia promedio entre la linea de falla y el apoyo mas cercano, en la superficie inferior de la viga, en cm ó mm.*
- *b: ancho promedio del espécimen, en cm ó mm.*
- *h: altura promedio del espécimen, en cm ó mm.*
- Según [68], la resistencia a la flexión se puede correlacionar con la resistencia a la compresión, que puede variar entre:
  - Para flexión en un punto los rangos de 15 al 25% de la resistencia a la compresión.
  - A los tercios los rangos de 12 al 20% de la resistencia a la compresión.

- Según [26], la resistencia a la flexión se puede correlacionar con la resistencia a la compresión, que puede variar entre:
  - A los tercios los rangos de 11 al 23% de la resistencia a la compresión.
- Según [26], se calcula mediante la Fórmula 30:

**Fórmula 30:** *Módulo de rotura correlacionada al  $f'c$*

$$M_f = K\sqrt{f'c}$$

Donde:

- $M_f$ : módulo de rotura, en  $kg/cm^2$ , MPa ó lb/pulg<sup>2</sup>.
- $f'c$ : resistencia a la compresión, en  $kg/cm^2$ , MPa ó lb/pulg<sup>2</sup>.
- $K$ : Constante que depende fundamentalmente de los materiales usados
  - 0.7 a 0.8, cuando  $f'c$  se expresa en MPa.
  - 1.99 a 2.65, cuando  $f'c$  se expresa en  $kg/cm^2$ .
  - 7.5 a 10, cuando  $f'c$  se expresa en lb/pulg<sup>2</sup>.

### **Ensayo de resistencia a la Abrasion**

#### **Normativa**

- ASTM C944/C944M [36].

#### **Objetivo**

- Medir el desgaste superficial del concreto mediante un dispositivo giratorio, midiendo la pérdida de masa bajo condiciones de desgaste controladas.

#### **Equipos y herramientas**

- Balanzas electrónicas con precisión de 0.1g 0.1% de la masa de la muestra.
- Testigo para ensayar (Especimen de ensayo).
- Cortadora eléctrica (ver Figura N°210).
- Máquina de ensayo para Abrasion (ver Figura N°208)
- Flexómetro (ver Figura N°194).

#### **Procedimiento**

- El espécimen debe estar seco y limpio
- Poner el espécimen en la cortadora eléctrica y marcar cada 2" de longitud para poder cortar.
- Cada molde se codificará de acuerdo su diseño.

- Pesar cada muestra en la balanza y anotar su masa.
- Colocar en la máquina de ensayo para Abrasion, ajustar la muestra y comenzar con el giro de la cortadora giratoria (ver Figura N°210) a una velocidad de no impacto por un tiempo de 2 minutos.
- Pesar nuevamente la muestra en la balanza y anotar su masa
- Repetir los 3 últimos pasos 3 veces seguida.

### **Cálculos**

**Fórmula 31: Masa del desgaste del concreto**

$$M_{desgaste} = M_f - M_i$$

Donde:

- $M_{desgaste}$ : Masa del desgaste, en gr.
- $M_f$ : Masa inicial de muestra, en gr.
- $M_i$ : Masa inicial de muestra, en gr

**Fórmula 32: Porcentaje del desgaste del concreto**

$$\%_{desgaste} = \frac{M_{desgaste}}{M_f} * 100$$

Donde:

- $\%_{desgaste}$ : Porcentaje de desgaste, en %.
- $M_{desgaste}$ : Masa del desgaste, en gr.
- $M_f$ : Masa inicial de muestra, en gr.

## **Materiales y métodos**

### ***Tipo y nivel de investigación***

Según el tipo de investigación, el proyecto se aplica primero según su finalidad, se basa en la aplicación de los conocimientos adquiridos (formulas, teorías, normas técnicas, uso de instrumentos y laboratorio) para obtener resultados correctos, evidenciado un largo proceso para determinar la aplicación del plástico PET y corcho reciclado como material liviano en la sustitución del agregado. Según el método, es cuantitativo porque todos los datos recopilados se miden digitalmente y se analizan comparativamente en función del tipo de concreto que se evaluado. Por su diseño, es un diseño experimental (se tendrá una muestra patrón y muestras con sustitución) creado mediante la observación, registro y análisis de las variables involucradas en el estudio como variable independiente los porcentajes de sustitución de los agregados, esta variable se convierte en la variable principal del estudio porque se puede determinar que la mejor opción de porcentaje de sustitución por 5%, 10% y 15% del volumen del agregado fino y grueso por plástico PET y corcho reciclado en el diseño de mezcla para poder alcanzar un  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y una densidad menor a 2300 kg/cm<sup>3</sup>, para poder cumplir con los objetivos establecidos que se han planteado. Como variables dependientes tenemos las propiedades mecánicas en su estado fresco y endurecido del concreto liviano para analizar las consecuencias de este proceso. Finalmente, se evaluarán determinadas propiedades del concreto liviano en función de su alcance, debido a su composición de plástico PET y corcho reciclado.

### ***Diseño de investigación***

Para el desarrollo de estudio, la estrategia se ha formulado desde una perspectiva cuantitativa, debido que el plan de acción y el proceso de datos se proporcionan con la anotación de hechos medibles (por ejemplo, siguiendo normas NTP, ASTM o ACI) con el objetivo de obtener datos consistentes con los objetivos de este estudio como la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Además, se utilizaron métodos experimentales, debido a los ensayos de laboratorio realizados ejecutados durante el estudio, para determinar las propiedades mecánicas de las muestras de concreto patrón y las sustituciones del agregado por plástico PET y corcho reciclado en el diseño de mezcla.

### ***Hipótesis***

De acuerdo a la problemática planteada en el proyecto de investigación, se planteó la siguiente hipótesis:

- La adición de plástico PET y el corcho reciclado servirá para la producción de concretos livianos para la ejecución de losas armadas para alcanzar un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### ***Población, muestra y muestreo***

#### ***Población***

Por el tipo de investigación experimental, la población se delimita a la utilización de plástico PET y corcho reciclado, como sustitución porcentual en el diseño de mezcla del concreto en el agregado.

La población será los especímenes de concreto, probetas de 6"x12" y 4" x 8" y viguetas de 15x15x50 cm. La cantidad de probetas se determinó de acuerdo a la cantidad de ensayos y los porcentajes de sustitución del agregado por el plástico PET y corcho reciclado. Se elaboraron probetas con concreto patrón y concreto sustituyendo en porcentajes de 5, 10 y 15% para ensayos de compresión, tracción, abrasión y viguetas de concreto para los ensayos de flexión. El  $f'c$  utilizado es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , para uso estructural, según las disposiciones generales para el diseño sísmico en la norma E 060 del Reglamento Nacional De Edificaciones. A continuación, se detallan el total probetas para el concreto patrón y el concreto con porcentaje de sustitución por el agregado. Las características del concreto Patrón, tipo de ensayo, tiempo de curado y cantidad de especímenes está descrito en la Tabla N°12 y concretos con porcentaje de sustitución en la Tabla N°13.

***Tabla N°12. Ensayos programados para concreto patrón (0%).***

<b>Ensayos</b>	<b>Tiempo de Curado</b>			
	<b>(7 días)</b>	<b>(14 días)</b>	<b>(28 días)</b>	<b>Total</b>
<b>Resistencia a la Compresión</b>	3	3	3	9
<b>Resistencia a la Tracción</b>	3	3	3	9
<b>Resistencia a la Flexión (Viguetas)</b>	-	-	2	2
<b>Resistencia a la Abrasión</b>	-	-	2	2
<b>Total</b>	6	6	10	22
<b>TOTAL</b>				22

***Fuente: Propia***

**Tabla N°13. Ensayos programados para concreto sustituyendo en 5, 10 y 15% con plástico PET y corcho reciclado por porcentaje.**

Ensayos	Tiempo de Curado			Total
	(7 días)	(14 días)	(28 días)	
Resistencia a la Compresión	3	3	3	9
Resistencia a la Tracción	3	3	3	9
Resistencia a la Flexión (Viguetas)	-	-	2	2
Resistencia a la Abrasión	-	-	2	2
<b>Total</b>	6	6	10	22
<b>TOTAL</b>				<b>22</b>

*Fuente: Propia*

Resultando un total de 88 muestras (ver Tabla N°14) de concreto sustituyendo en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15%.

**Tabla N°14. Total, de especímenes de concreto para ensayos.**

Ensayos	Tiempo de Curado			Total
	(7 días)	(14 días)	(28 días)	
Resistencia a la Compresión	12	12	12	36
Resistencia a la Tracción	12	12	12	36
Resistencia a la Flexión (Viguetas)	0	0	8	8
Resistencia a la Abrasión	0	0	8	8
<b>Total</b>	24	24	40	88
<b>TOTAL</b>				<b>88</b>

*Fuente: Propia*

### ***Muestreo***

El muestreo será no probabilístico, la selección de los elementos no dependió de la probabilidad sino del criterio del investigador, se elaboraron los elementos de estudio (testigos y vigas), se utilizaron todos los elementos fabricados.

### ***Muestra***

El muestreo será no probabilístico, la selección de los elementos no dependió de la probabilidad sino del criterio del investigado, se elaboraron los elementos de estudio (testigos y vigas), se utilizaron todos los elementos fabricados.

Con respecto a la muestra de estudio, se utilizará plástico PET y corcho reciclado, la que se sustituirá en % de los agregados finos y gruesos en mismo volumen para poder elaborar concreto liviano, también se elaboraron especímenes cilíndricos y viguetas con la finalidad de realizar los distintos ensayos que se han planteado.

La muestra de la presente investigación está compuesta por 88 especímenes de concreto en toda la cuantificación con sus respectivos tipos de ensayos, tiempo de curado y cantidad de especímenes descritos en la Tabla N°14.

### ***Criterio de selección***

Para la elección de los especímenes del presente estudio se efectuará teniendo en base a los objetivos planteados anteriormente; se seleccionaron tres porcentajes de sustitución del agregado por plástico PET y corcho reciclado en el diseño de mezcla, para luego analizar los resultados de sus respectivas propiedades. Para la utilización de los agregados naturales se ha utilizado teniendo en cuenta los parámetros regidos en la NTP 400.037 [21].

Para la investigación se utilizará plástico PET, se encuentra en centros de acopio llamado “RECICLAJE & COMERCIO BELÉN S. R. L.” ubicado en la calle San Martín N°1040 – C. P. Urrunaga – J. L. Ortiz – Chiclayo – Lambayeque, a comparación del corcho, se reciclo de diversos puntos de venta de licorerías, bares y restaurantes. Estos insumos, pasaron por los procesos de selección, molienda y empaquetado. La dosificación del plástico PET y corcho reciclado en los porcentajes de 5%, 10% y 15% del total del volumen del agregado (fino y grueso), se considera que a partir del 15%, la pasta de concreto pierde trabajabilidad.

Los ensayos se realizaron después de un periodo de curado de 7, 14 y 28 días, respetando las condiciones de curado según las normas especificadas en el apartado de Curado de especímenes de concreto.

**Figura N°24. Plástico PET molido con impurezas.**



**Figura N°25. Plástico PET limpio.**



**Figura N°26. Recolección de corcho reciclado.**



**Figura N°27. Selección de corcho reciclado en Laboratorio USAT.**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Figura N°28. Corcho reciclado de diversos centros de acopio.**



**Figura N°29. Corcho reciclado triturado.**



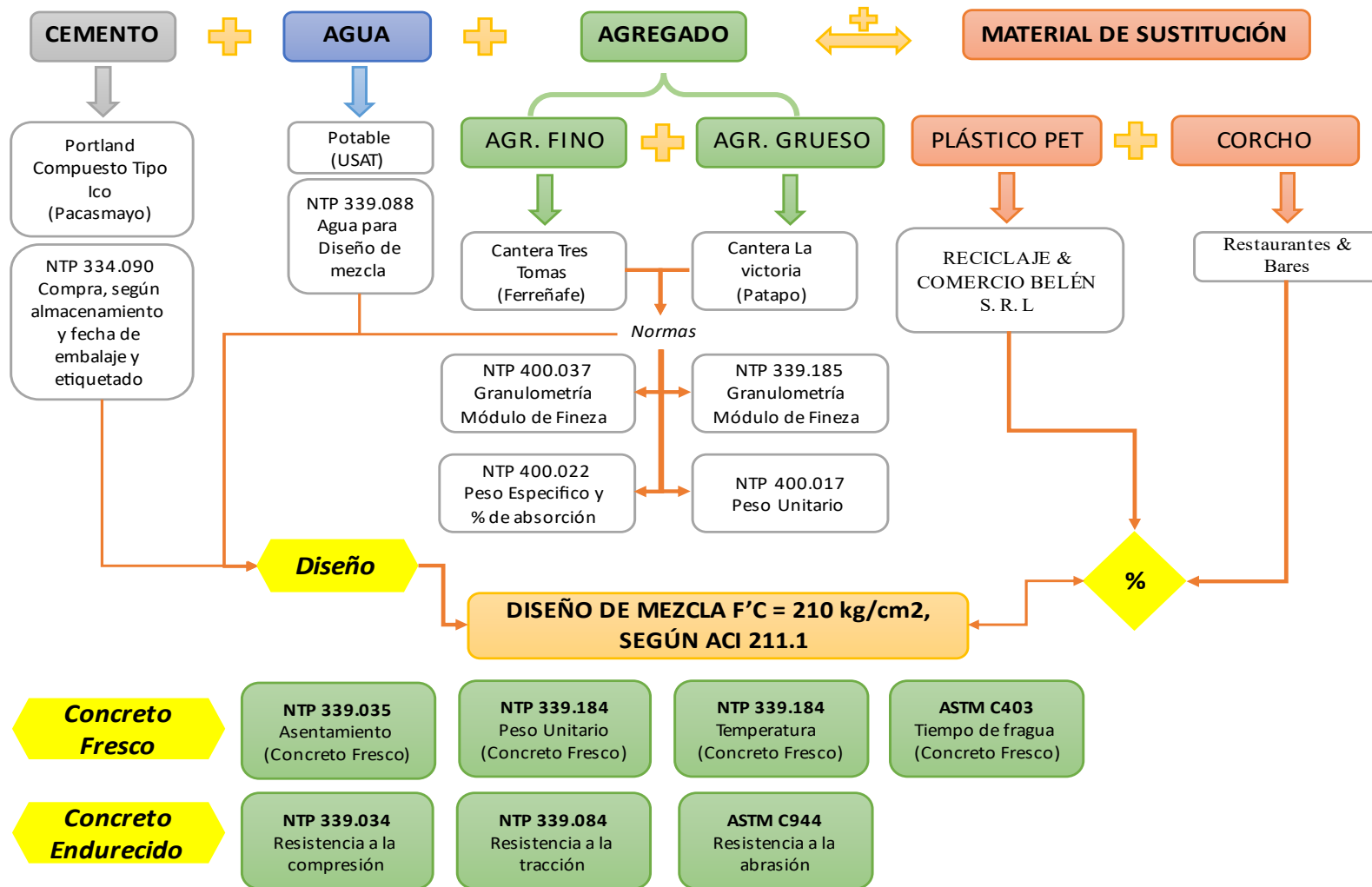
***Fuente: Elaboración Propia***

Los ensayos para medir la resistencia a la compresión y tracción se realizaron con probetas de 6"x12", se ensayarán tres muestras por cada porcentaje.

El ensayo de resistencia a la flexión se realizó con viguetas de 15x15x50 cm, se ensayaron 2 viguetas por cada porcentaje.

Durabilidad por desgaste del concreto se realizó con probetas de 4"x8", se ensayarán tres muestras por cada porcentaje.

Gráfico N° 04. Diagrama de flujo de procedimiento de la investigación.



Fuente: Elaboración Propia

### ***Variable y operacionalización***

En estudio se seleccionó como variable independiente los porcentajes de plástico PET y corcho reciclado. Esta variable se convierte en la variable principal del estudio porque se puede concluir que sustituir un determinado porcentaje de plástico PET y corcho reciclado por agregado fino y grueso para lograr un concreto estructural para losas armadas. Como variables dependientes tenemos las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco: el asentamiento, peso unitario, temperatura, tiempo de fragua e indicadores de las propiedades mercancías del concreto endurecido: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia al desgaste.

**Tabla N°15. Operacionalización de variables intervinientes.**

VARIABLE		INDICADOR	UND. DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
TIPO	DESCRIPCIÓN			
<b>Variable Intervinientes</b>	<b>Plástico PET</b>	Granulometría	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 400.012
		Densidad	kg/m3	Ensayo según la norma: NTP 400.017
	<b>Corcho Vegetal</b>	Granulometría	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 400.012
		Densidad	kg/m3	Ensayo según la norma: NTP 400.017
		Grado de Absorción	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 400.022
		Contenido de Humedad	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 339.185
	<b>Ensayo de los Materiales</b>	Granulometría	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 400.012
		Peso Específico	kg/m3	Ensayo según la norma: NTP 400.022
		Grado de Absorción	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 400.022

Peso Unitario Suelto y Compactado	kg/m <sup>3</sup>	Ensayo según la norma: NTP 400.017
Contenido de Humedad	Porcentaje (%)	Ensayo según la norma: NTP 339.185

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N°16. Operacionalización de variables independientes y dependiente.**

Variable		Def. Operacional	Dimensiones	Indicador	Rango de aplicación	Und. De Medida	Método de medición
Tipo	Descripción						
<b>Variable Independiente</b>	Plástico PET y Corcho Reciclado	El plástico PET, es un Polímero de plástico. El corcho, es la corteza del alcornoque, de origen vegetal.	Dosificación	Porcentaje (%)	5% de sustitución del agregado fino y grueso	Porcentaje (%)	Balanza Electrónica
					10% de sustitución del agregado fino y grueso		
					15% de sustitución del agregado fino y grueso		
			Propiedades del estado fresco	Asentamiento		Pulg (")	Ensayo para la medición del asentamiento según la norma NTP 339.035 y

<b>Variable Dependiente</b>	Diseño de mezcla de concreto Liviano con plástico PET y corcho reciclado	El diseño de mezcla son las proporciones de cemento, agregado, agua, plástico PET y corcho reciclado					ASTM C143/C143M	
				Peso Unitario		kg/m <sup>3</sup>	Ensayo para la medición del peso unitario según la norma NTP 339.046 y ASTM C138/C138M	
				Contenido de aire		Porcentaje (%)	Ensayo para el contenido de aire según la norma NTP 339.080 y ASTM C231/C231M	
				Propiedades del estado endurecido	Resistencia a compresión	7 días	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo para la resistencia a la compresión según la norma NTP 339.034 y
						14 días		
						28 días		

							ASTM C39/C39M
				Resistencia a tracción	7 días	kg/cm2	Ensayo para la resistencia a la tracción según la norma NTP 339.084 y ASTMC C496/C496M
			14 días				
			28 días				
				Resistencia a flexión	28 días	kg/cm2	Ensayo para la resistencia a la flexión según la norma NTP 339.078 y ASTM C78/C78M
				Resistencia a la abrasión	28 días	Porcentaje de desgaste (%)	Ensayo para la resistencia a la abrasión según la norma ASTM C944/C944M

	Evaluación de Impacto Ambiental	Contaminación del plástico PET y corcho reciclado	Contaminación	Matriz de Leopold	Agua	Porcentaje (%)	Impacto Ambiental
					Aire		
					Suelo		

***Fuente: Elaboración Propia***

### ***Técnica e instrumento***

Para esta investigación se utilizó como técnica de recopilación de información y el desarrollo de técnicas, permitió el empleo de variables de estudio con el fin de obtener las propiedades físicas y mecánicas del concreto con sustitución a raíz de la ejecución de la variedad de ensayos realizados, así mismo, interpretar los resultados obtenidos durante el proceso de la elaboración del concreto y la recopilación de información sujeta a las diversas fuentes.

#### ***Técnicas***

- Recopilación de información:

Recopilación de información fiable en bibliografías (publicaciones, tesis, artículos y ensayos) que permitirán el desarrollo correcto de la investigación, en los últimos 5 años.

- Observación:

A través de esta técnica, se reconocerá el comportamiento del concreto liviano durante el proceso del ensayo de a comprensión.

#### ***Instrumento***

Para la realización de los ensayos correspondientes estarán basados en base a las Normas Técnicas Peruanas, nos indica realizar los ensayos correspondientes para el concreto liviano con plástico PET y corcho reciclado y poder comprobar si cumple con los requisitos para un concreto estructural.

## *Métodos*

### *Caracterización de los materiales*

#### *Cemento Portland Tipo ICo*

El Cemento Portland compuesto tipo ICo, tiene un óptimo desarrollo de resistencia y excelente trabajabilidad, diseñado para uno general que no requieran condiciones especiales. Los usos de este cemento, tiene las siguientes posibles aplicaciones:

- Ideal para la ejecución de obras estructurales.
- Elementos de concreto que no requieran características especiales.

Dentro de sus atributos del Cemento Portland Tipo ICo, son:

- Tiene una excelente trabajabilidad, permitiendo una colocación y compactación óptima, minimizando la segregación y pérdida de material.
- Fragua de manera óptima, garantizando el correcto vaciado del concreto.

Las ventajas, recomendaciones para uso y almacenamiento del cemento, requisitos químicos y físicos del Cemento Extraforte se encuentra en el ANEXO 011.

*Figura N°30. Cemento Portland compuesto tipo ICo Pacasmayo.*

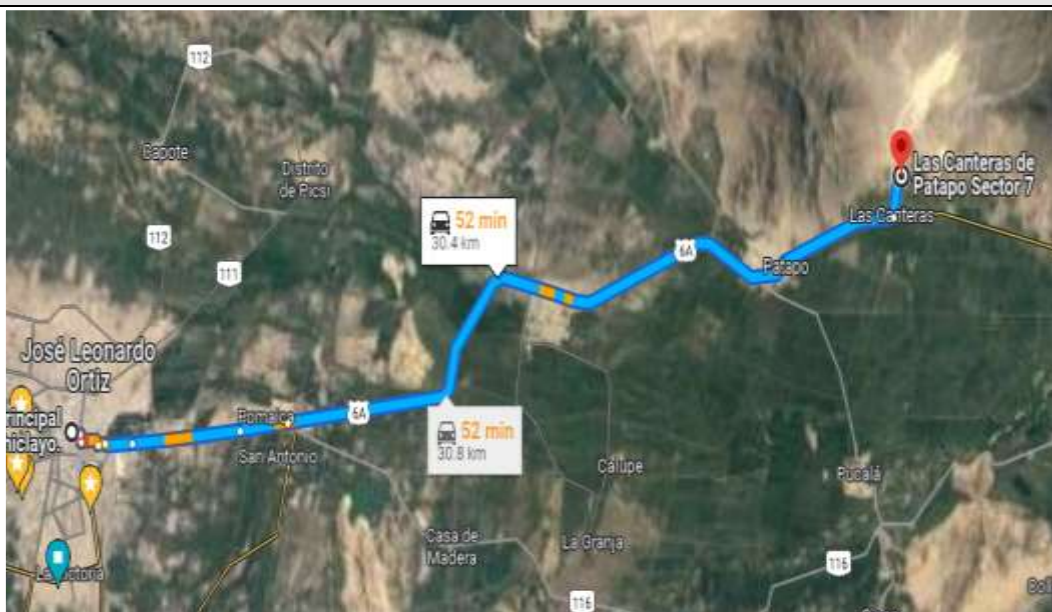


*Fuente: [69]*

### ***Agregado Fino (AF)***

El AF que se empleó en esta investigación es extraído de la cantera La Victoria, localizada en el distrito de Patapo Muro, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. En la Figura N°31, se muestra la ubicación y el recorrido para obtener el AF.

**Figura N°31. Ruta, Parque principal de Chiclayo – Cantera la Victoria (Patapo).**



***Fuente: Google Maps***

Se encuentra a 30.4 km de la ciudad de Chiclayo, con un tiempo de viaje en carro de 52 minutos. La Cantera La Victoria, es unas de las canteras más importantes que posee el Departamento de Lambayeque ubicada en las coordenadas 7CJ3+J4G, 14610.

**Figura N°32. Muestra de agregado fino de la Cantera la Victoria (Patapo).**

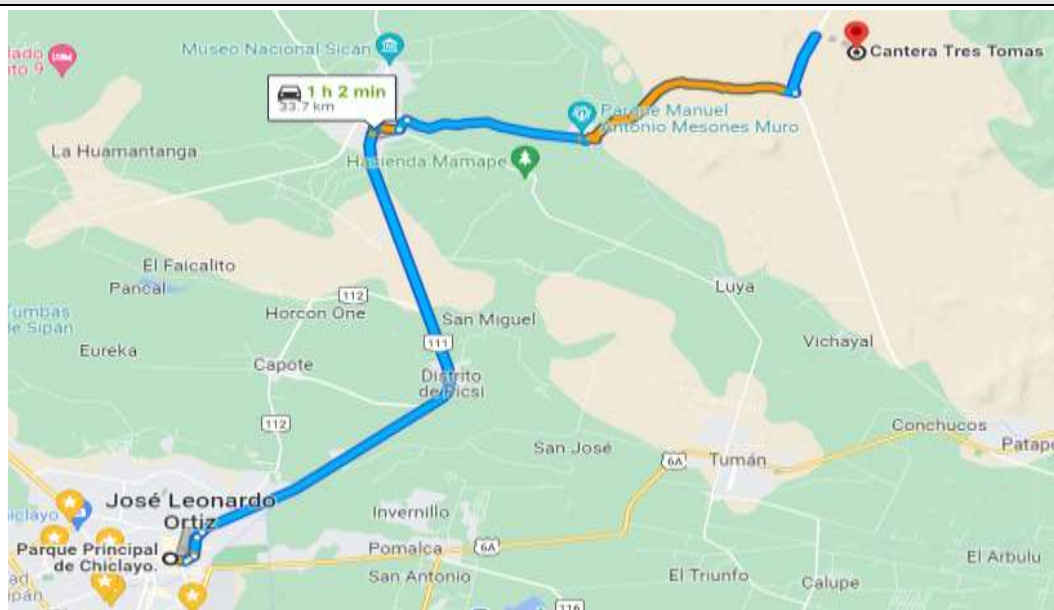


***Fuente: Elaboración Propia***

### ***Agregado Grueso (AG)***

El AG que se empleó en esta investigación es extraído de la cantera Tres Tomas, localizada en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque. En la Figura N°33, se muestra la ubicación y el recorrido para obtener el AG.

***Figura N°33. Ruta, Parque principal de Chiclayo – Cantera tres Tomas (Ferreñafe).***



***Fuente: Google Maps***

Se encuentra a 33.7 km de la ciudad de Chiclayo, con un tiempo de viaje en carro de 1 hora con 22 minutos. La Cantera Tres Tomas, es una de las canteras más importantes que posee el Departamento de Lambayeque ubicada en las coordenadas 98JG+2W8, 14330.

El material de la cantera Tres Tomas, está compuesto por piedras de origen ígneo, esta piedra se utiliza para la elaboración del concreto, pasando por un proceso de triturado de forma artificial a través de maquinaria, las cuales se trituran según los tamaños requeridos para el vaciado de concreto. El agregado grueso que se utilizó en la presente investigación es de 3/4 ". En la Figura N°34, se muestra el agregado grueso utilizado para la elaboración de concreto patrón y concreto con sustitución.

**Figura N°34. Muestra de agregado grueso de la Cantera Tres Tomas (Ferreñafe).**



*Fuente: Propia*

### **Trituración**

#### **Trituración del plástico PET**

Para la trituración del plástico PET, se tiene los siguientes pasos:

- **Molido:** El proceso de molido facilita la separación de diferentes tipos de polímeros del material (si es que ha sido compactado) y para limpiar el material triturado. Al reducir el tamaño del PET, se puede obtener hojuelas de 1/2", 1/4" o polvo.

**Figura N°35. Planta de PET.**



*Fuente: Propia*

- **Separación:** este proceso elimina del PET otros materiales, como diferentes polímeros, metales, vidrio o papel. La separación a gran escala se realiza manualmente, retirando

tapas y etiquetas de la materia prima (botellas desechadas). La separación a nivel molecular procesar el plástico mediante disolución y luego separar los distintos plásticos.

**Figura N°36. Separación del plástico PET.**



*Fuente: Propia*

- **Limpeza:** las hojuelas de PET suelen estar contaminadas con restos de materia orgánica, papel, piedras, polvo, acerito. Por ello deben limpiarse en un baño que asegure la eliminación de estos contaminantes.

**Figura N°37. Plástica PET triturado.**



**Figura N°38. Limpeza del plástico PET triturado.**



***Fuente: Elaboración Propia***

- **Secado:** Este proceso elimina la humedad residual del material. Se pueden utilizar secadores centrífugos o de aire, ya sea caliente o frío.

***Figura N°39. Proceso de tamizado de plástico PET.***



***Figura N°40. Plástico PET molido.***



***Fuente: Elaboración Propia***

***Trituración del corcho***

El corcho reciclado obtenido para la investigación es de la siguiente manera (ver Figura N°41)

***Figura N°41. Presentación del corcho reciclado***



***Fuente: Elaboración Propia***

La trituración del corcho, se realizó con una máquina trituradora, obteniendo como resultado el corcho triturado de diferentes tamaños (ver Figura N°42).

**Figura N°42. Corcho triturado.**



**Fuente: Elaboración Propia**

El almacenado del corcho triturado fue en tapers de plástico para evitar su contaminación y humedad con el medio ambiente (ver Figura N°43 y Figura N°44).

**Figura N°43. Almacenado de corcho triturado (a).**



**Figura N°44. Almacenado de corcho triturado (b).**



**Fuente: Elaboración Propia.**

### ***Agua***

El agua que se utilizó en la investigación fue de procedencia potable de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, tanto para su uso en el diseño de mezcla, así como en el uso del curado de los especímenes de concreto.

***Figura N°45. Agua para el Diseño de Mezcla y curado de los especímenes.***



***Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT***

### *Ensayo de los agregados*

El análisis granulométrico de los agregados esta explicado en el apartado de la teoría, así como los instrumentos utilizados y los procedimientos para poder realizarlos.

#### *Análisis granulométrico del Agregado Fino*

<p><i>Figura N°46. Vertido de la muestra.</i></p>	<p><i>Figura N°47. Tomar muestra.</i></p>
	
<p><i>Figura N°48. Cuarteo del agregado fino.</i></p>	<p><i>Figura N°49. Peso del agregado fino (500 gr).</i></p>
	

*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

*Figura N°50. Tamices utilizados para la granulometría.*



*Figura N°51. Agregado fino retenido en el tamiz N°4 (10.80 gr.).*



*Figura N°52. Agregado fino retenido en el tamiz N°8 (45.20 gr.).*



*Figura N°53. Agregado fino retenido en el tamiz N°16 (82.30 gr.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°54. Agregado fino retenido en el tamiz N°30 (110.20 gr.).**



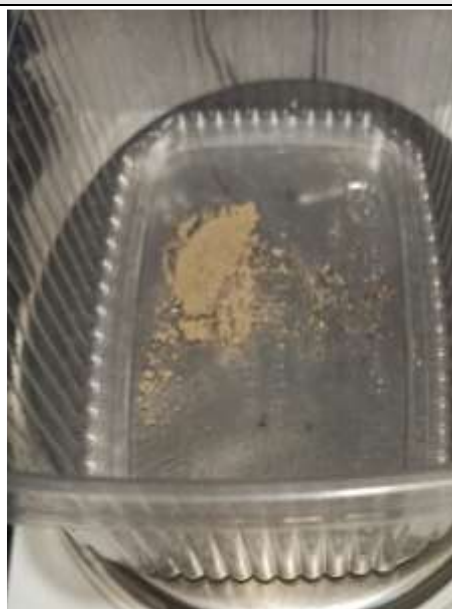
**Figura N°55. Agregado fino retenido en el tamiz N°50 (125.60 gr.).**



**Figura N°56. Agregado fino retenido en el tamiz N°100 (80.40 gr.).**



**Figura N°57. Agregado fino retenido en el fondo (45.50 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Análisis granulométrico del Agregado Grueso*

<p><b>Figura N°58. Selección de la muestra.</b></p>	<p><b>Figura N°59. Cuarteo del agregado grueso.</b></p>
	
<p><b>Figura N°60. Agregado grueso seleccionado.</b></p>	<p><b>Figura N°61. Peso del agregado fino para granulometría (5150 gr.).</b></p>
	

**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°62. Tamices utilizados para la granulometría del agregado grueso.**



**Figura N°63. Agregado grueso retenido por el tamiz 3/4" (730 gr).**



**Figura N°64. Agregado grueso retenido en el tamiz 1/2" (2150 gr).**



**Figura N°65. Agregado fino retenido en el tamiz 3/8" (1070 gr).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°66. Agregado fino retenido en el tamiz N°4 (930 gr.).**



**Figura N°67. Agregado grueso retenido en el tamiz N°8 (10 gr.).**



**Figura N°68. Agregado fino retenido en el tamiz N°16 (210 gr.).**



**Figura N°69. Agregado fino retenido en el fondo (40 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**Contenido de Humedad del Agregado Fino**

**Figura N°70. Selección y peso de la muestra del agregado fino para ensayo de contenido de humedad.**



**Figura N°71. Peso del agregado fino para ensayo de contenido de humedad (1244 gr.).**



**Figura N°72. Horno con temperatura uniforme.**



**Figura N°73. Peso del agregado fino para ensayo de contenido de humedad (1200 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

*Figura N°74. Selección y peso de la muestra del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad.*



*Figura N°75. Peso del agregado fino (4816 gr.).*



*Figura N°76. Interior de horno con temperatura uniforme.*



*Figura N°77. Peso del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad (4790 gr.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

*Peso Específico y Absorción del Agregado Fino*

*Figura N°78. Peso del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción (500 gr.).*



*Figura N°79. Peso de fiola (140.31 gr.).*



*Figura N°80. Colocación del agregado fino en la fiola.*



*Figura N°81. Saturación de la muestra del agregado fino.*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°82. Reposo del agregado fino en la fiola por 24 hr.**



**Figura N°83. Fiola en reposo por 24 hr.**



**Figura N°84. Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua (1051.10 gr.).**



**Figura N°85. Peso de la Muest. Seca al horno (486.53 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso*

*Figura N°86. Obtención de la muestra del agregado Grueso.*



*Figura N°87. Lavado de la muestra para la eliminación de polvo.*



*Figura N°88. Vaciado del agregado grueso para el secado.*



*Figura N°89. Secado superficial del agregado grueso.*



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°90. Canastilla para el agregado grueso sumergido en el agua.**



**Figura N°91. Pesaje del agregado grueso sumergido en agua.**



**Figura N°92. Muestra sacada del horno.**



**Figura N°93. Peso de la muestra secada al horno.**



**Fuente: Propia – Laboratorio USAT**

***Peso Volumétrico Suelto del Agregado Fino***

***Figura N°94. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado fino (10.152 kg.).***



***Figura N°95. Llenado del molde con agregado fino primera capa.***



***Figura N°96. Llenado del molde con agregado fino segunda capa.***



***Figura N°97. Llenado del molde con agregado fino tercera capa (enrace).***



***Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT***

**Figura N°98. Pesaje de la muestra + recipiente.**



**Figura N°99. Peso 1 de la muestra + recipiente (17.780 kg.).**



**Figura N°100. Peso 2 de la muestra + recipiente (17.796 kg.).**



**Figura N°101. Peso 3 de la muestra + recipiente (17.864 kg.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Peso Volumétrico Suelto del Agregado Grueso*

*Figura N°102. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso (10.152 kg.).*



*Figura N°103. Peso 1 de la muestra + recipiente (17.920 kg.).*



*Figura N°104. Peso 2 de la muestra + recipiente (17.902 kg.).*



*Figura N°105. Peso 3 de la muestra + recipiente (17.742 kg.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

***Peso Volumétrico Compactado del Agregado Fino***

***Figura N°106. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado fino (10.152 kg.).***



***Figura N°107. Peso 1 de la muestra + recipiente (19.434 kg.).***



***Figura N°108. Peso 2 de la muestra + recipiente (19.552 kg.).***



***Figura N°109. Peso 3 de la muestra + recipiente (19.548 kg.).***



***Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT***

***Peso Volumétrico Compactado del Agregado Grueso***

***Figura N°110. Peso del molde para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso (10.152 kg.).***



***Figura N°111. Peso 1 de la muestra + recipiente (18.784 kg.).***



***Figura N°112. Peso 2 de la muestra + recipiente (18.774 kg.).***



***Figura N°113. Peso 3 de la muestra + recipiente (18.764 kg.).***



***Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT***

*Ensayo del material sustituyente**Granulometría del Plástico PET*

*Figura N°114. Peso de la muestra del corcho (155.01 gr.).*



*Figura N°115. Tamices utilizados para la granulometría del corcho.*



*Figura N°116. Tamizado del corcho.*



*Figura N°117. Peso del corcho retenida en la malla 3/8\" (148.84 gr.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

### Granulometría del PET

**Figura N°118. Peso de la muestra del PET (170.01 gr.).**



**Figura N°119. Tamices utilizados para la granulometría del PET.**



**Figura N°120. Tamizado del PET.**



**Figura N°121. Peso del PET retenida en la malla 1/2\" (8.18 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°122. Peso del PET retenida en la malla 3/8" (22.69 gr.).**



**Figura N°123. Peso del PET retenida en la malla N°04 (103.55 gr.).**



**Figura N°124. Peso del PET retenida en la malla N°08 (33.07 gr.).**



**Figura N°125. Peso del PET retenida en la malla N°16 (2.11 gr.).**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Contenido de Humedad del Corcho*

*Figura N°126. Muestra 2 del Corcho en estado natural (247.91 gr.).*



*Figura N°127. Muestra 2 del corcho secado en horno (232.25 gr.).*



*Figura N°128. Muestra 2 del corcho en estado natural (50.6 gr.).*



*Figura N°129. Muestra 2 del corcho secado en horno (47.67 gr.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

*Contenido de Absorción del Corcho*

*Figura N°130. Muestra 1 del corcho superficialmente seco (50.5 gr).*



*Figura N°131. Saturación de Muestra 1 del corcho.*



*Figura N°132. Muestra 1 del corcho saturado (65.77 gr).*



*Figura N°133. Muestra 1 del corcho secado en horno (50.16 gr).*



*Fuente: Elaboración propia – Laboratorio USAT*

*Figura N°134. Muestra 2 del corcho superficialmente seco (50.5 gr.).*



*Figura N°135. Saturación de Muestra 2 del corcho.*



*Figura N°136. Muestra 2 del corcho saturado (61.99 gr.).*



*Figura N°137. Muestra 2 del corcho secado en horno (50.38 gr.).*



*Fuente: Elaboración propia – Laboratorio USAT*

*Densidad del corcho y plástico PET*

*Figura N°138. Volumen del recipiente para medir la densidad.*



*Figura N°139. Enrase de la última capa.*



*Figura N°140. Peso del corcho en recipiente (927.70 gr.).*



*Figura N°141. Peso del PET en recipiente (1243.96 gr.).*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

### ***Diseño de Mezcla por el Método del ACI 221.1***

#### ***Resistencia de Diseño***

Resistencia del Diseño: \_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

#### ***Datos de los agregados***

<b>ÍTEM</b>	<b>Cantera</b>
Arena:	Cantera _____ - Lugar
Grava:	Cantera _____ - Lugar

<b>ÍTEM</b>	<b>A. G</b>	<b>A. F</b>	<b>UND.</b>
01.- Tamaño máximo nominal ( <i>TMN</i> )	___	___	pulg
02.- Peso Unitario suelto seco ( <i>PUSS</i> )	___	___	Kg/m <sup>3</sup>
03.- Peso Unitario compactado seco ( <i>PUCS</i> )	___	___	Kg/m <sup>3</sup>
04.- Peso específico de masa seco ( <i>PE</i> )	___	___	Kg/m <sup>3</sup>
05.- Contenido de humedad ( <i>H</i> <sub>%</sub> )	___	___	%
06.- Contenido de absorción ( <i>A</i> <sub>%</sub> )	___	___	%
07.- Módulo de fineza ( <i>MF</i> )	___	___	(Adimensional)

#### ***Datos del Cemento y aditivo***

<b>ÍTEM</b>	<b>UND</b>
01.- Tipo de Cemento	Cemento Tipo ____ -
02.- Peso Específico del cemento	___ Kg/cm <sup>3</sup>
03.- Aditivo	Aditivo Tipo ____ -
04.- Densidad del aditivo	___ Kg/m <sup>3</sup>

A continuación, se detalla el método paso a paso

#### ***Paso 01: Selección de Slump***

Cuando este no se especifica el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomienda diferentes valores de slump de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores puede ser incrementados en dos y medio centímetros.

**Tabla N°17. Valores de Asentamiento por diferentes tipos de estructura.**

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"

*Fuente: ACI C211.1 [27]*

**Paso 02: Selección de Resistencia Promedio Requerida ( $f'_{cr}$ )**

Se determina la resistencia promedio necesaria para el diseño, la cual está en función del  $f'_c$ . cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores, se puede emplear:

**Tabla N°18. Resistencia a la compresión promedio.**

Resistencia a la compresión promedio	
$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

*Fuente: ACI C211.1 [27]*

**Paso 03: Selección del Tamaño Máximo del Agregado (TM)**

Debe considerarse la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colocado sin cavidades o huecos. La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado slump depende del tamaño máximo, de la forma y granulometría de los agregados, la temperatura del concreto, la cantidad de aire incluido y el uso de aditivos químicos. En conclusión, se requiere estudiar cuidadosamente los requisitos dados en los planos estructurales y en especificaciones de obra.

**Tamaño Máximo (TM)**                      \_\_\_ pulg.

**Tamaño Máximo Nominal (TMN) \_\_\_\_ pulg.**

***Paso 04: Estimación del agua de mezclado (Agua)***

Se presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando el concreto con o sin aire incluido.

**Tabla N°19. Cantidad de agua por m<sup>3</sup>, de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado.**

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>% de aire atrapado</b>	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	216	205	197	184	174	166	154	-
<b>% de aire en función del grado de exposición</b>								
<b>Normal</b>	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
<b>Moderada</b>	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
<b>Extrema</b>	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

***Fuente: ACI C211.1 [27]***

$$P_{\text{agua}} = \text{_____ } L/m^3$$

***Paso 05: Selección del Aire Contenido (%<sub>aire</sub>)***

Las operaciones propias del proceso de puesta en obra dan como resultado de aire atrapado, este depende del aporte de los materiales, las condiciones de operaciones y la del día. La presencia de aire en la mezcla tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo.

La Tabla N°20 del ACI da el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente

graduado dentro de los requisitos de la norma NTP 400.037. Esta tabla también tiene sus limitaciones pudiendo variar entre  $\pm 0.5\%$ .

**Tabla N°20. Porcentaje de aire según el TMN.**

TMN	Aire (%)
1 1/2"	1.0
1"	1.5
3/4"	2.0
1/2"	2.5
3/8"	3.0

**Fuente: ACI C211.1 [27]**

$$\%_{\text{aire}} = \text{---}\%$$

**Paso 06: Selección de la Relación Agua/Cemento ( $a/c$ )**

Como sexto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión, a los 28 días que se requiera, por supuesto la resistencia promedio seleccionada debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados las pruebas con valores bajos.

**Tabla N°21. Relación Agua/Cemento.**

F'c (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	-

**Fuente: ACI C211.1 [27]**

Se selecciona las resistencias más cercanas de la resistencia compresión promedio.

$R^{a/c}$	$f'cr_{n-1}$	$a_{n-1}$
	$f'cr_n$	$a_n$
	$f'cr_{n+1}$	$a_{n+1}$

**Fórmula 33: Relación agua cemento**

$$R^{a/c} = a_n = a_{n+1} + (f'cr_n - f'cr_{n+1}) \left( \frac{a_{n-1} - a_{n+1}}{f'cr_{n-1} - f'cr_{n+1}} \right)$$

**Paso 07: Cálculo de la cantidad de Cemento**

El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y la relación agua/cemento, obtenida en el Paso 06: Selección de la Relación Agua/Cemento ( $a/c$ ), cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifique, la mezcla se deberá basar en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento, esta parte constituye el séptimo paso del método.

**Fórmula 34: Peso de Cemento por m<sup>3</sup> ( $P_{cemento}$ )**

$$P_{cemento} = \frac{P_{agua}}{R^{a/c}}$$

Donde:

- $P_{cemento}$ : Cantidad de cemento, en kg/m<sup>3</sup>.
- $P_{agua}$ : Cantidad de agua, en L/m<sup>3</sup>.
- $R^{a/c}$ : Relación agua/cemento.

**Paso 08: Cálculo del Volumen de Agregado Grueso**

Para el octavo paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los valores dependen del tamaño máximo nominal de la piedra y del módulo de finura de la arena. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado en seco para un metro cubico de concreto, el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cubico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.

**Tabla N°22. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de			
	fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3.0
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

1 ½"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI C211.1 [27]

Módulo de Fineza de la Arena	MF
	$\frac{TM_{n-1}}{TM_n} \frac{V_{n-1}}{V_{grava}}$
Tamaño Máximo de Agregado	$\frac{TM_{n+1}}{TM_n} \frac{V_{n+1}}{V_{grava}}$

**Fórmula 35:** *Volumen del agregado de acuerdo al MF*

$$V_{grava} = TM_{n+1} + (TM_n - TM_{n+1}) \left( \frac{V_{n-1} - V_{n+1}}{TM_{n-1} - TM_{n+1}} \right)$$

Donde:

- $V_{grava}$ : Volumen del agregado grueso, en  $m^3$ .
- $TM_{n-1}$ : Tamaño máximo inferior
- $TM_n$ : Tamaño máximo del agregado
- $TM_{n+1}$ : Tamaño máximo superior
- $V_{n-1}$ : Volumen del agregado grueso según el TM inferior, en  $m^3$ .
- $V_{n+1}$ : Volumen del agregado grueso según el TM superior, en  $m^3$ .

#### **Paso 09: Cálculo del Volumen de Agregado Fino**

Hasta el paso anterior se tiene estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este noveno, paso es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso por volumen absoluto.

Nota: al variar el contenido de cemento los contenidos de agregado grueso y fino se determinarán siguiendo los procedimientos por peso o por volumen absoluto, pero manteniendo la proporción de agregados de la dosificación considerando el 100% de contenido de cemento.

ÍTEM	Peso	Volumen
a) Cemento	$P_c$ $kg/m^3$	$V_c$ $m^3$
b) Agua	$P_{agua}$ $L/m^3$	$V_{agua}$ $m^3$
c) Aire	$\%_{aire}$ %	$V_{aire}$ $m^3$
d) Grava	$P_{AG}$ $kg/m^3$	$V_{AG}$ $m^3$

e) Arena  $P_{AF}$   $kg/m^3$   $V_{AF}$   $m^3$

**Fórmula 36: Peso de Grava ( $P_{AG}$ )**

$$P_{AG} = \left( \frac{\gamma_{Compac.AG}}{\gamma_{masa.AG}} * V_{AG} \right) * \gamma_{masa.AG}$$

Donde:

- $P_{AG}$ : Peso del agregado grueso por  $m^3$ , en  $kg/m^3$ .
- $\gamma_{Compac.AG}$ : Peso Unitario Compactado Seco, en  $kg/m^3$ .
- $\gamma_{masa.AG}$ : Peso Específico de Masa Seco, en  $kg/m^3$ .
- $V_{AG}$ : Volumen de grava, en  $m^3$ .

Ahora hallamos los volúmenes absolutos.

**Fórmula 37: Volumen del cemento ( $V_{cemento}$ )**

$$V_c = \frac{P_c}{\gamma_c}$$

Donde:

- $V_c$ : Volumen del cemento, en  $m^3$ .
- $P_c$ : Peso del cemento por  $m^3$ , en  $kg/m^3$ .
- $\gamma_c$ : Peso específico del cemento, en  $kg/m^3$ .

**Fórmula 38: Volumen del agua ( $V_{agua}$ )**

$$V_{agua} = \frac{P_{agua}}{\gamma_{agua}}$$

Donde:

- $V_{agua}$ : Volumen del agua, en  $m^3$ .
- $P_{agua}$ : Cantidad de agua, en  $L/m^3$ .
- $\gamma_{agua}$ : Peso específico del agua, en  $kg/m^3$ .

**Fórmula 39: Volumen del aire ( $V_{aire}$ )**

$$V_{aire} = \frac{\%_{aire}}{100}$$

Donde:

- $V_{aire}$ : Volumen del aire, en  $m^3$ .
- $\%_{aire}$ : Porcentaje del aire, en %:

**Fórmula 40: Volumen de la grava ( $V_{AG}$ )**

$$V_{AG} = \frac{P_{AG}}{\gamma_{masa}}$$

Donde:

- $V_{AG}$ : Volumen de grava, en  $m^3$ .
- $P_{AG}$ : Peso del agregado grueso por  $m^3$ , en  $kg/m^3$ .
- $\gamma_{masa}$ : Peso Específico de Masa Seco, en  $kg/m^3$ .

**Fórmula 41: Volumen de la arena ( $V_{AF}$ )**

$$V_{AF} = 1 - (V_c + V_{agua} + V_{aire} + V_{AG})$$

Donde:

- $V_{AF}$ : Volumen de la arena, en  $m^3$ .

**Fórmula 42: Peso de la arena ( $P_{AF}$ )**

$$P_{AF} = V_{AF} * \gamma_{masa}$$

Donde:

- $P_{AF}$ : Peso del agregado fino por  $m^3$ , en  $kg/m^3$ .
- $V_{AF}$ : Volumen de arena, en  $m^3$ .
- $\gamma_{masa}$ : Peso Específico de Masa Seco, en  $kg/m^3$ .

#### **Paso 10: Ajuste de la mezcla por Humedad del Agregado**

El décimo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, con humedad total menos absorción.

**Fórmula 43: Aporte del agregado fino ( $AP_{AF}$ )**

$$AP_{AF} = P. Humedo_{AF} * \left( \frac{H_{\%.AF} - A_{\%.AF}}{100} \right)$$

$$P. Humedo_{AF} = \left( \frac{H_{\%.AF}}{100} + 1 \right) * P_{AF}$$

Donde:

- $AP_{AF}$ : Aporte de agua por el agregado fino, en  $L/m^3$ .
- $P. Humedo_{AF}$ : Peso humedo del agregado fino, en  $kg/m^3$ .
- $P_{AF}$ : Peso del agregado fino, en  $kg/m^3$ .
- $H_{\%.AF}$ : Porcentaje de Humedad del agregado fino, en %.
- $A_{\%.AF}$ : Porcentaje de Absorción del agregado fino, en %.

**Fórmula 44: Aporte del agregado grueso ( $AP_{AG}$ )**

$$AP_{AG} = P. Humedo_{AG} * \left( \frac{H_{\%.AG} - A_{\%.AG}}{100} \right)$$

$$P.Humedo_{AG} = \left( \frac{H_{\%.AG}}{100} + 1 \right) * P_{AG}$$

Donde:

- $AP_{AG}$ : Aporte de agua por el agregado grueso, en  $L/m^3$ .
- $P.Humedo_{AG}$ : Peso humedo del agregado grueso, en  $kg/m^3$ .
- $P_{AG}$ : Peso del agregado grueso, en  $kg/m^3$ .
- $H_{\%.AG}$ : Porcentaje de Humedad del agregado grueso, en %.
- $A_{\%.AG}$ : Porcentaje de Absorción del agregado grueso, en %.

**Fórmula 45: Corrección por Humedad**

$$P'_{agua} = P_{agua} - (AP_{AF} + AP_{AG})$$

Donde:

- $P'_{agua}$ : Peso agua corregida, en  $L/m^3$ .
- $P_{agua}$ : Peso agua, en  $L/m^3$ .
- $AP_{AF}$ : Aporte de agua por el agregado fino, en  $L/m^3$ .
- $AP_{AG}$ : Aporte de agua por el agregado grueso, en  $L/m^3$ .

## Resultados y discusión

### Resultado del ensayo de los materiales

*Los ensayos se realizaron según la metodología descrita, allí puede observar la descripción del procedimiento para cada uno de los ensayos efectuados.*

### Análisis granulométrico

#### *Análisis granulométrico del agregado fino*

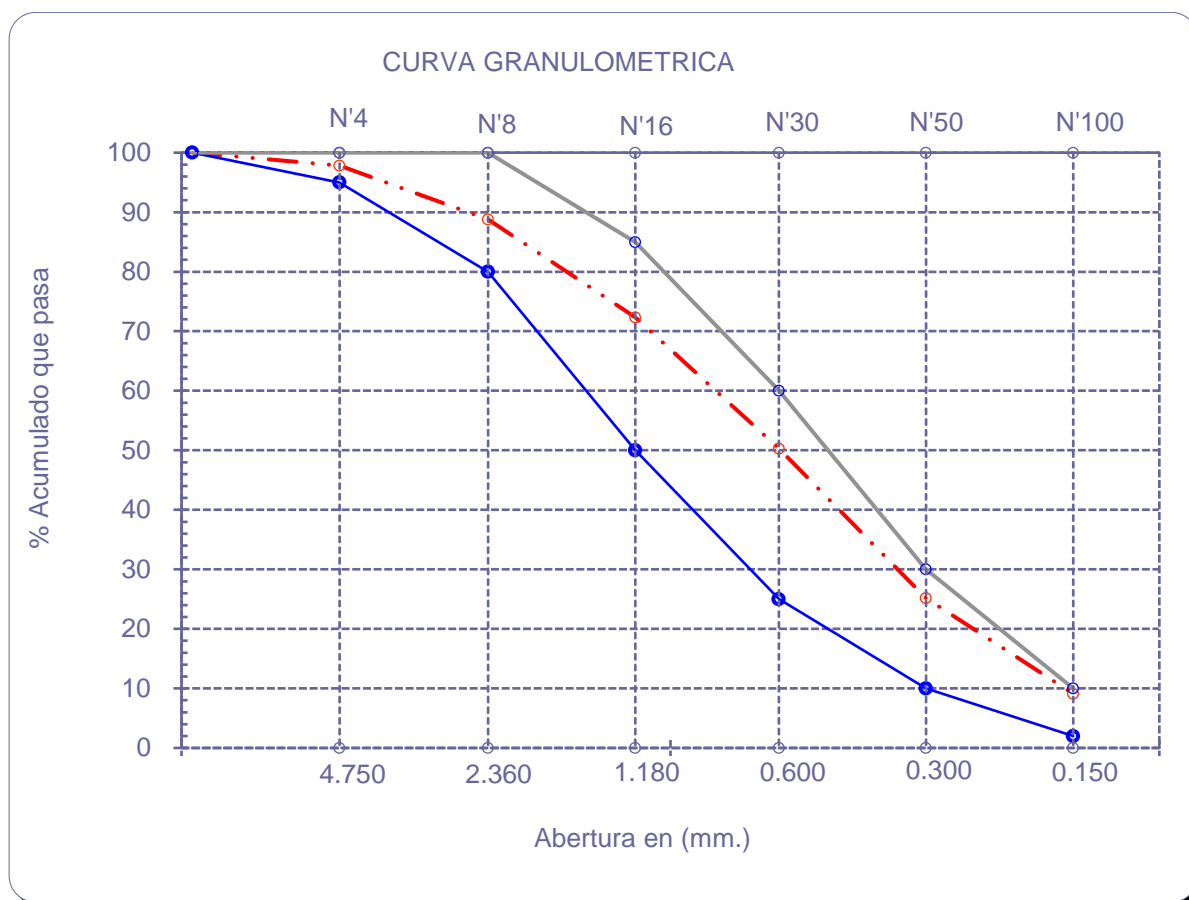
Se realizó el análisis de una muestra de agregado fino para la granulometría mediante el tamizado.

**Tabla N°23. Granulometría del agregado fino.**

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	10.8	2.16	2.2	97.8	95	100
N° 08	2.360	45.2	9.04	11.2	88.8	80	100
N° 16	1.180	82.3	16.46	27.7	72.3	50	85
N° 30	0.600	110.2	22.04	49.7	50.3	25	60
N° 50	0.300	125.6	25.12	74.8	25.2	10	30
N° 100	0.150	80.4	16.08	90.9	9.1	2	10
Fondo	-	45.5	9.1	100.0	0.0	-	-
Módulo de Fineza (MF)				2.564			
Abertura de malla de referencia				9.500			

**Fuente: Elaboración Propia**

**Gráfico N° 05. Curva granulometría del agregado fino.**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la Tabla N°23 se observa que la muestra cumple con los requisitos establecidos por la norma NTP 400.037 [21], no retiene un porcentaje mayor a 45% en dos tamizados consecutivos. El módulo de fineza debe encontrarse en el rango de 2.3 y 3.1, como resultado hemos obtenido un Módulo de fineza de 2.564, cumple con el requisito.

$$MF = 2.564$$

El Gráfico N° 05 presenta la curva granulométrica del agregado fino proviene de la cantera “Tres Tomas” del distrito de Ferreñafe, cumple con los límites establecidos por la Norma NTP 400.037 [21], significa que se encuentra bien gradada.

### *Análisis granulométrico del agregado grueso*

Se realizó el análisis de una muestra de agregado fino para la granulometría mediante el tamizado.

**Tabla N°24. Granulometría del agregado grueso.**

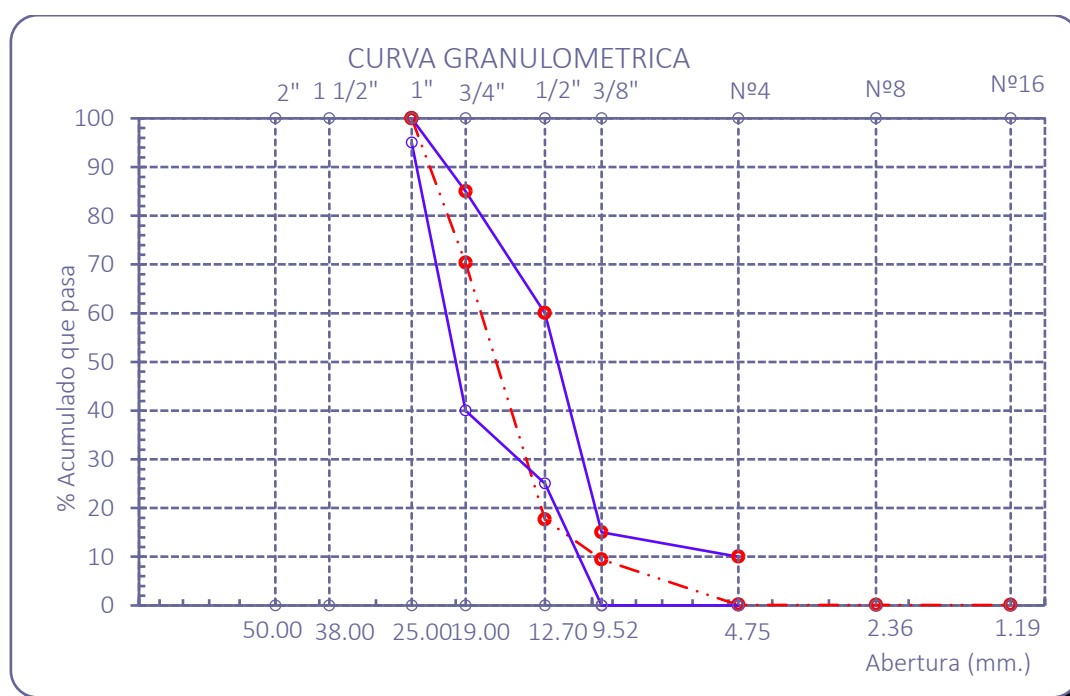
Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones: Límites Huso 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.00	0.00	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.00	0.00	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	1054.00	29.69	29.7	70.3	40.0	85.0
1/2"	12.70	1870.00	52.68	82.4	17.6	25.0	60.0
3/8"	9.52	292.00	8.23	90.6	9.4	0.0	15.0
N° 04	4.75	330.00	9.30	99.9	0.1	0.0	10.0
N° 08	2.36	0.70	0.02	99.9	0.1	0.0	0.0
N° 16	1.19	0.40	0.01	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo	-	2.90	0.08	100.0	0.0	-	-
Tamaño Máximo			1"				
Tamaño Máximo Nominal			3/4"				

*Fuente: Elaboración Propia*

$$TM = 1"$$

$$TMN = 3/4"$$

**Gráfico N° 06. Curva granulométrica del agregado grueso.**



*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°23 se observa que la muestra cumple con los requisitos establecidos por la norma NTP 400.037 [21].

El Gráfico N° 06 presenta la curva granulométrica del agregado fino proviene de la cantera “La Victoria” del distrito de Patapo, cumple con los límites Huso 56 establecidos por la Norma NTP 400.037 [21], significa que se encuentra bien gradada.

### **Contenido de humedad**

#### **Contenido de humedad del agregado fino**

Se realizó el ensayo de contenido de humedad de la muestra de la cantera “Tres Tomas”, se obtuvo el porcentaje de humedad del agregado es:

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Contenido de humedad del AF (%)	3.51	3.83
Contenido de humedad del AF (promedio) (%)	3.67	

$$\%H_{AF} = 3.67\%$$

#### **Contenido de humedad del agregado grueso**

Se realizó el ensayo de contenido de humedad de la muestra de la cantera “La Victoria”, se obtuvo el porcentaje de humedad del agregado es:

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Contenido de humedad del AG (%)	0.50	0.58
Contenido de humedad del AG (promedio) (%)	0.54	

$$\%H_{AG} = 0.54\%$$

### **Peso específico y absorción**

#### **Peso específico y absorción del agregado fino**

##### **Absorción**

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Contenido de absorción del AF (%)	0.77	0.79
Contenido de absorción del AF (promedio) (%)	0.78	

$$\%A_{AF} = 0.78\%$$

Se tiene como resultado que, el valor de  $\%H_{AF} > \%A_{AF}$  puede existir una mayor fluidez del concreto. Esto ocurre porque el agregado puede agregar agua a la pasta de concreto.

#### **Peso Específico**

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Peso específico del AF (gr/cm <sup>3</sup> )	2.795	2.664
Peso específico del AF (promedio) (gr/cm <sup>3</sup> )	2.728	

$$\gamma_{AF} = 2.728 \frac{gr}{m^3}$$

Se obtuvo un promedio de peso específico del agregado fino de 2.728 gr/cm<sup>3</sup>, está dentro de los rangos de 2.4 a 2.9 gr/cm<sup>3</sup>.

### ***Peso específico y absorción del agregado grueso***

#### ***Absorción***

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Contenido de absorción del AG (%)	0.83	0.83
Contenido de absorción del AG (promedio) (%)	0.83	

$$\%A_{AG} = 0.83\%$$

Se tiene como resultado que, el valor de  $\%H_{AF} < \%A_{AF}$  puede existir una menor fluidez del concreto. Esto ocurre porque el agregado puede quitar agua a la pasta de concreto.

#### ***Peso Específico***

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Peso específico del AG (gr/cm <sup>3</sup> )	2.730	2.721
Peso específico del AG (promedio) (gr/cm <sup>3</sup> )	2.713	

$$\gamma_{AG} = 2.713 \frac{gr}{m^3}$$

Se obtuvo un promedio de peso específico del agregado fino de 2.713 gr/cm<sup>3</sup>, está dentro de los rangos de 2.4 a 2.9 gr/cm<sup>3</sup>.

### ***Peso volumétrico suelto***

#### ***Peso volumétrico suelto del agregado fino***

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Peso unitario suelto seco del AF (kg/m <sup>3</sup> )	1418	1414
Peso unitario suelto seco del AF (promedio) (kg/m <sup>3</sup> )	1402	

$$PUSS = 1402 \frac{kg}{m^3}$$

Según la NTP 400.017 [21], para un solo operar se considera que la diferente entre 2 ensayos de ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso existe una diferencia de 4 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se obtienen resultados válidos.

#### ***Peso volumétrico suelto del agregado grueso***

<b>Ítem</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Peso unitario suelto seco del AG (kg/m <sup>3</sup> )	7628	7644
Peso unitario suelto seco del AG (promedio) (kg/m <sup>3</sup> )	1377	

$$PUSS = 1377 \frac{kg}{m^3}$$

Según la NTP 400.017 [21], para un solo operar se considera que la diferente entre 2 ensayos de ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso existe una diferencia de 16 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se obtienen resultados válidos.

***Peso volumétrico compactado***

***Peso volumétrico compactado del agregado fino***

Ítem	Muestra 1	Muestra 2
Peso unitario compactado seco del AF (gr)	8632	8612
Peso unitario compactado seco del AF (promedio) (gr/cm <sup>3</sup> )	1558	

$$PUCS = 1558 \frac{kg}{m^3}$$

***Peso volumétrico compactado del agregado grueso***

Ítem	Muestra 1	Muestra 2
Peso unitario compactado seco del AG (gr)	9400	9396
Peso unitario compactado seco del AG (promedio) (gr/cm <sup>3</sup> )	1695	

$$PUCS = 1695 \frac{kg}{m^3}$$

### Resultado del ensayo del material sustituyente

#### Granulometría del Plástico PET

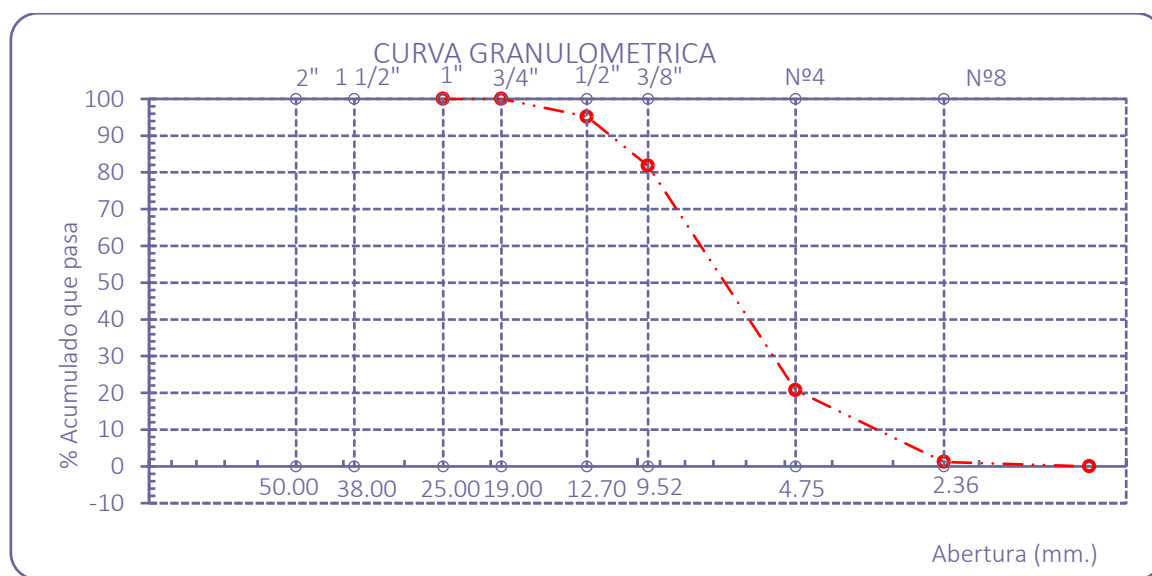
Se realizó el análisis de una muestra de plástico PET para la granulometría mediante el tamizado.

**Tabla N°25. Granulometría del plástico PET.**

Malla	Peso (%)	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg. (mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.00	0.00	100.0
1"	25.00	0.00	0.00	100.0
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.0
1/2"	12.70	8.18	4.82	95.2
3/8"	9.52	22.69	13.38	81.8
N° 04	4.75	103.55	61.06	79.3
N° 08	2.36	33.07	19.50	98.8
N° 16	1.19	2.11	1.24	100.0
Fondo	-	0.00	0.00	100.0
Tamaño Máximo			3/4"	19.00
Tamaño Máximo Nominal			1/2"	12.70

**Fuente: Elaboración Propia**

**Gráfico N° 07. Curva granulometría del plástico PET.**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la Tabla N°25 se observa que la muestra de plástico PET el mayor porcentaje de material retenido se encuentra en el tamiz N°04 con un peso de 103.55 gr, siendo el 60.77% del total de la muestra.

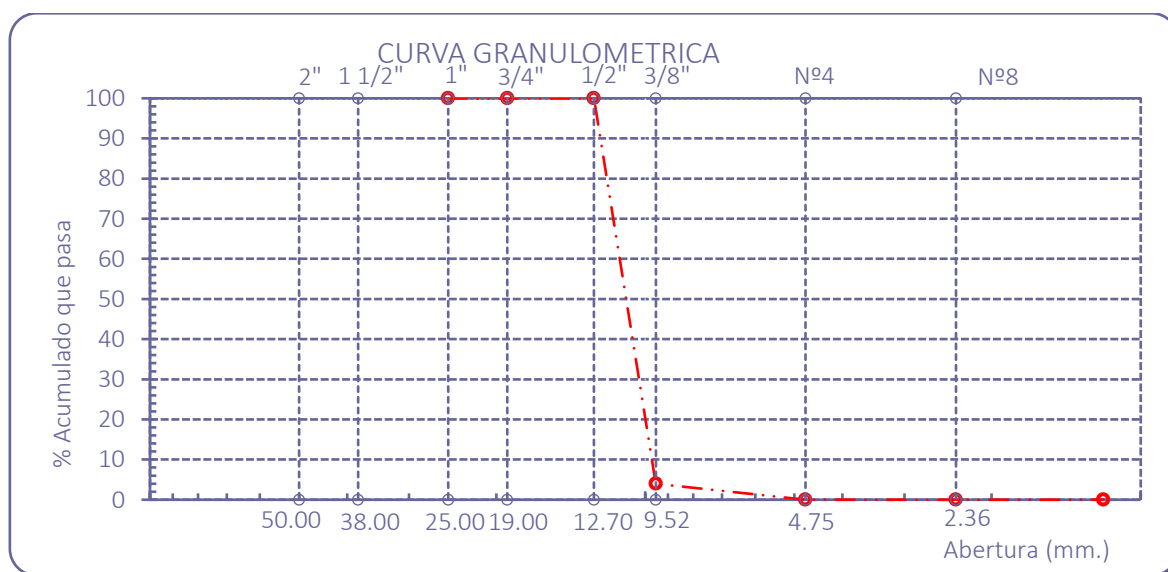
### *Granulometría del Corcho*

**Tabla N°26. Granulometría del plástico PET.**

Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.00	0.00	0.0	100.0
1"	25.00	0.00	0.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.0	100.0
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.0	100.0
3/8"	9.52	148.84	96.01	96.0	4.0
N° 04	4.75	6.18	3.99	100.0	0.0
N° 08	2.36	0.00	0.00	100.0	0.0
N° 16	1.19	0.00	0.00	100.0	0.0
Fondo	-	0.00	0.00	100.0	0.0
Tamaño Máximo			1/2"	12.70	
Tamaño Máximo Nominal			3/8"	9.52	

**Fuente: Elaboración Propia**

**Gráfico N° 08. Curva granulometría del Corcho**



**Fuente: Elaboración Propia**

En la Gráfico N° 08 se observa que la muestra de corcho el mayor porcentaje de material retenido se encuentra en el tamiz 3/8” con un peso de 148.84 gr, siendo el 96.0% del total de la muestra.

#### **Contenido de Humedad del Corcho**

Se realizo el ensayo de contenido de humedad de la muestra, se obtuvo el porcentaje de humedad del corcho es:

Ítem	Muestra 1	Muestra 2
Contenido de humedad del Corcho (%)	6.74	6.15
Contenido de humedad del Corcho (promedio) (%)	3.67	

$$\%H_{\text{corcho}} = 6.44\%$$

#### **Contenido de Absorción del Corcho**

Ítem	Muestra 1	Muestra 2
Contenido de absorción del Corcho (%)	23.73	18.73
Contenido de absorción del Corcho (promedio) (%)	21.23	

#### **Densidad del Corcho y plástico PET**

##### **Fórmula 46: Densidad**

$$\rho_{\text{corcho}} = \frac{w}{V}$$

Donde:

- $\rho_{\text{corcho}}$ : Densidad del corcho, en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .
- $w_{\text{corcho}}$ : Peso del corcho, en  $\text{kg}$ .
- $V$ : Volumen del recipiente, en  $\text{m}^3$ .

Para medir el volumen que ocupa el agregado, la tanda obtenida en el diseño de mezcla se sustituirá por el volumen de una probeta de 6”x12”.

El volumen del recipiente de un cilindro es:

##### **Fórmula 47: Volumen del cilindro**

$$V = A * H$$

Donde:

- $V$ : Volumen del recipiente, en  $\text{m}^3$ .
- $A$ : Area del recipiente, en  $\text{m}^2$ .
- $H$ : Altura del recipiente, en  $\text{m}$ .

Reemplazando:

$$V = \left( \pi * \left( \frac{6 * 0.0254}{2} \right)^2 \right) * (12 * 0.0254)$$

$$V = 0.00556 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la Fórmula 46:

$$w_{\text{corcho}} = 927.7 \text{ gr y } w_{\text{PET}} = 1243.96 \text{ gr}$$

$$\rho_{5\% - \text{Corcho}} = \frac{0.9277}{0.00556}$$

$$\rho_{5\% - \text{Corcho}} = 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{5\% - \text{PET}} = \frac{1.24396}{0.00556} = 223.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{5\% - \text{PET}} = 223.73 \text{ kg/m}^3$$

**Diseño de mezcla ACI 221.1****Diseño de mezcla  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (Diseño Patrón)****Resistencia del diseño**

Resistencia del Diseño:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**Datos de los agregados**

Ítem	Cantera
AF:	Cantera Tres Tomas - Ferreñafe.
AG:	Cantera La Victoria - Patapo

Ítem	A. G	A. F	UND.
01.- Tamaño máximo nominal (TMN)	3/4	---	pulg
02.- Peso Unitario suelto seco (PUSS)	1377	1402	$\text{kg/cm}^3$
03.- Peso Unitario compactado seco (PUCS)	1695	---	$\text{kg/cm}^3$
04.- Peso específico de masa seco (PE)	2708	2730	$\text{kg/cm}^3$
05.- Contenido de humedad ( $H\%$ )	0.54	3.67	%
06.- Contenido de absorción ( $A\%$ )	0.83	0.78	%
07.- Módulo de fineza (MF)	---	2.564	(Adimensional)

**Datos del cemento y agua**

Ítem	UND
01.- Tipo de Cemento	Cemento Tipo ICo -
02.- Peso Específico del cemento ( $\gamma_{\text{cemento}}$ )	3130.00 $\text{kg/m}^3$
03.- Peso Específico del agua ( $\gamma_{\text{agua}}$ )	1000.00 $\text{kg/m}^3$

**Paso 01: Selección de Slump**

La selección del Slump de acuerdo al tipo de estructura, se ha considerado losas y pavimentos tiene un Slump de acuerdo a la Tabla N°17:

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Losas y pavimentos	3"	1"

**Paso 02: Selección de Resistencia Promedio Requerida ( $f'cr$ )**

Al no contar registros estadísticos previos, se desconoce la desviación estándar, por esa razón, utilizando la Tabla N°18, utilizaremos la Fórmula 01:

**Fórmula 01: Resistencia Promedio Requerida ( $f'cr$ )**

$$f'cr = f'c + 84$$

$$f'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**Paso 03: Selección del tamaño máximo del agregado (TM)**

$$\frac{\text{Tamaño Máximo (TM)}}{\text{Tamaño Máximo Nominal (TMN)}} = \frac{1 \text{ pulg.}}{3/4 \text{ pulg.}}$$

$$\text{Tamaño Máximo Nominal (TMN)} = 3/4 \text{ pulg.}$$

**Paso 04: Estimación del agua de mezclado**

La Tabla N°19, nos proporciona la cantidad de agua por m<sup>3</sup> según el TMN, siendo de 3/4", con un concreto sin aire incorporado y un asentamiento máximo de 3". Se ha determinado lo siguiente:

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada	
Asentamiento	3/4"
3" a 4"	205

$$P_{\text{agua}} = 205 \text{ L/m}^3$$

**Paso 05: Selección del aire contenido**

La Tabla N°20, el porcentaje de aire es seleccionado de acuerdo al TMN del agregado, teniendo como resultado lo siguiente:

TMN	Aire (%)
3/4"	2.0

$$\%_{\text{aire}} = 2.0\%$$

**Paso 06: Selección de la relación Agua/Cemento ( $R^{a/c}$ )**

La Tabla N°21, la relación agua/cemento, la relación del agua cemento es:

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

F'c (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso
	Concreto sin aire incorporado
250	0.62
300	0.55

La relación agua cemento es:

$$R^{a/c} = \frac{\frac{250}{294} \cdot 0.62}{\frac{300}{294} \cdot 0.55}$$

$$R^{a/c} = a_n = 0.558$$

### **Paso 07: Cálculo de la cantidad de Cemento**

Utilizando la Fórmula 33:, podemos obtener la cantidad de cemento por m3.

$$P_{cemento} = \frac{P_{agua}}{R^{a/c}}$$

Reemplazando:

$$P_{cemento} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0.558}$$

$$P_{cemento} = 367.12 \text{ kg/m}^3$$

### **Paso 08: Cálculo del volumen de agregado grueso**

Utilizando la Tabla N°22, podemos obtener el volumen por m3 para la mezcla de concreto de acuerdo al TMN.

Tamaño nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino	
	2.4	2.6
3/4"	0.66	0.64

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 2.564.

TMN	MF
3/4"	2.564

Módulo de Fineza de la Arena		3/4"
Tamaño Máximo de Agregado	2.4	0.66
	2.564	$V_{grava}$
	2.6	0.64

Obteniendo:

$$V_{grava} = 0.644 \text{ m}^3$$

### **Paso 09: Cálculo del volumen de agregado fino**

Como resultado de los pasos anteriores se tiene:

ÍTEM	Peso
a) Cemento	$P_c = 367.12 \text{ kg/m}^3$
b) Agua	$P_{agua} = 205 \text{ L/m}^3$

c) Aire	$\%_{aire} = 2$	%
d) Grava	$P_{AG}$	$kg/m^3$
e) Arena	$P_{AF}$	$kg/m^3$

Usando la 0, obtenemos el peso del AG.

$$P_{AG} = \left( \frac{\gamma_{Compac.AG}}{\gamma_{masa.AG}} * V_{AG} \right) * \gamma_{masa.AG}$$

$$P_{AG} = \left( \frac{1695}{2078} * 0.644 \right) * 2078$$

$$P_{AG} = 1091.05 \text{ kg/m}^3$$

Hallamos el volumen del cemento con la Fórmula 37:

$$V_c = \frac{P_c}{\gamma_c}$$

$$V_c = \frac{367.38 \text{ kg}}{3130 \frac{kg}{m^3}} = 0.1173 \text{ m}^3$$

$$V_c = 0.1173 \text{ m}^3$$

Hallamos el volumen del agua con la Fórmula 38:

$$V_{agua} = \frac{P_{agua}}{\gamma_{agua}}$$

$$V_{agua} = \frac{205 \text{ Lt}}{1000 \frac{Lt}{m^3}}$$

$$V_{agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

Hallamos el volumen del aire con la Fórmula 39:

$$V_{aire} = \frac{\%_{aire}}{100}$$

$$V_{aire} = \frac{2}{100}$$

$$V_{aire} = 0.02 \text{ m}^3$$

Hallamos el volumen del AG con la Fórmula 40:

$$V_{AG} = \frac{P_{AG}}{\gamma_{masa}}$$

$$V_{AG} = \frac{1091.05 \text{ kg}}{2708 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{AG} = 0.4029 \text{ m}^3$$

Hallamos el volumen del AF Fórmula 41:

$$V_{AF} = 1 - (V_c + V_{agua} + V_{aire} + V_{AG})$$

$$V_{AF} = 1 - (0.1170 \text{ m}^3 + 0.2050 \text{ m}^3 + 0.0200 \text{ m}^3 + 0.4029 \text{ m}^3)$$

$$V_{AF} = 0.2548 \text{ m}^3$$

Hallamos el peso del AF con la Fórmula 42:

$$P_{AF} = V_{AF} * \gamma_{masa}$$

$$P_{AF} = 0.255 \text{ m}^3 * 2730 = 695.48 \text{ kg}$$

En resumen:

ÍTEM	Peso	Volumen
a) Cemento	$P_c = 367.12 \text{ kg/m}^3$	$V_c = 0.1173 \text{ m}^3$
b) Agua	$P_{agua} = 205 \text{ L/m}^3$	$V_{agua} = 0.2050 \text{ m}^3$
c) Aire	$\%_{aire} = 2 \%$	$V_{aire} = 0.0200 \text{ m}^3$
d) Grava	$P_{AG} = 1091.05 \text{ kg/m}^3$	$V_{AG} = 0.4029 \text{ m}^3$
e) Arena	$P_{AF} = 695.48 \text{ kg/m}^3$	$V_{AF} = 0.2548 \text{ m}^3$
$\sum$ Total =	2360.65 $\text{kg/m}^3$	$V_{total} = 1.000 \text{ m}^3$

#### **Paso 10: Ajuste de la mezcla por humedad del agregado**

Hallaremos el aporte del agua del AF usando la Fórmula 43:

$$AP_{AF} = P_{AF} * \left( \frac{H_{\%AF} - A_{\%AF}}{100} \right)$$

Hallando el peso húmedo del AF:

$$P.Humedo_{AF} = \left( \frac{H_{\%AF}}{100} + 1 \right) * P_{AF}$$

$$P.Humedo_{AF} = \left( \frac{3.67}{100} + 1 \right) * 695.48$$

$$P.Humedo_{AF} = 720.98 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando obtendremos:

$$AP_{AF} = 695.48 * \left( \frac{3.67 - 0.77}{100} \right)$$

$$AP_{AF} = 20.14 \text{ L/m}^3$$

hallaremos el aporte del agua del AF usando la Fórmula 44:

$$AP_{AG} = P_{AG} * \left( \frac{H_{\%AG} - A_{\%AG}}{100} \right)$$

Hallando el peso húmedo del AG:

$$AP_{AG} = P.Humedo_{AG} * \left( \frac{H_{\%AG} - A_{\%AG}}{100} \right)$$

Hallando el peso húmedo del AG:

$$P.Humedo_{AG} = \left( \frac{H_{\%AG}}{100} + 1 \right) * P_{AG}$$

$$P.Humedo_{AG} = \left( \frac{0.54}{100} + 1 \right) * 1091.05$$

$$P.Humedo_{AG} = 1096.97 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando obtendremos:

$$AP_{AG} = 1091.05 * \left( \frac{0.54 - 0.83}{100} \right)$$

$$AP_{AG} = -3.13 \text{ L/m}^3$$

Hallamos la corrección de humedad con la Fórmula 45:

$$P'_{agua} = P_{agua} - (AP_{AF} + AP_{AG})$$

$$P'_{agua} = 205 - (20.14 + -3.13)$$

$$P'_{agua} = 187.99 \text{ L/m}^3$$

Entonces tendremos como resultado lo siguiente:

ÍTEM	Peso	Volumen
a) <b>Cemento</b>	$P_c = 367.12 \text{ kg/m}^3$	$V_c = 0.117 \text{ m}^3$
b) <b>Agua</b>	$P_{agua} = 187.99 \text{ L/m}^3$	$V_{agua} = 0.188 \text{ m}^3$
c) <b>Aire</b>	$\%_{aire} = 2 \%$	$V_{aire} = 0.020 \text{ m}^3$
d) <b>Grava</b>	$P_{AG} = 1096.97 \text{ kg/m}^3$	$V_{AG} = 0.405 \text{ m}^3$
e) <b>Arena</b>	$P_{AF} = 720.98 \text{ kg/m}^3$	$V_{AF} = 0.270 \text{ m}^3$
$\Sigma$ <b>Total</b>	$2375.06 \text{ kg/m}^3$	$V_{total} = 1.000 \text{ m}^3$

Obtenemos la Proporción en Peso (materiales con humedad natural)

Para el cemento:

$$C = \frac{P_c}{P_c} = \frac{367.12}{367.12} = 1$$

Para el agregado fino:

$$AF = \frac{P_{AF}}{P_c} = \frac{720.98}{367.12} = 1.96$$

Para el agregado grueso:

$$AG = \frac{P_{AG}}{P_c} = \frac{1096.97}{367.12} = 2.99$$

Para el agua:

$$Agua = \frac{P_{agua}}{Factor\ Cemento} = \frac{187.99}{8.64} = 21.76\ L/bls$$

Proporción en peso:

	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>AG</b>	<b>Agua</b>
<b>Proporción en peso:</b>	367	721	1097	188
<b>Proporción en volumen:</b>	1	1.96	2.99	21.76

Tanda por Bolsa:

$$1\ Bolsa = 42.5\ kg/bls$$

$$1\ m^3 = 35.3147\ pie^3$$

Entonces:

Para el cemento:

$$C = 1 * 42.5\ kg/bls = 42.5\ kg/bls$$

Para el agregado fino:

$$AF = 1.96 * 42.5\ kg/bls = 83.46\ kg/bls$$

Para el agregado grueso:

$$AF = 2.99 * 42.5\ kg/bls = 126.99\ kg/bls$$

Peso unitario suelto seco en condiciones húmedas para el agregado fino:

$$PUSSH_{AF} = PUSS(1 + H_{\%})$$

$$PUSSH_{AF} = 1402 \left( 1 + \frac{3.67}{100} \right) = 1453.82\ kg/m^3$$

Peso unitario suelto seco en condiciones húmedas para el agregado grueso:

$$PUSSH_{AG} = PUSS(1 + H_{\%})$$

$$PUSSH_{AG} = 1377 \left( 1 + \frac{0.54}{100} \right) = 1384.96\ kg/m^3$$

Convirtiendo a pie<sup>3</sup>:

$$PUSSH_{AF} = 1453.82\ kg/m^3 * \frac{1\ m^3}{35.3147\ pie^3} = 41.17\ kg/pie^3$$

$$PUSSH_{AG} = 1384.96\ kg/m^3 * \frac{1\ m^3}{35.3147\ pie^3} = 39.22\ kg/pie^3$$

Dosificación en volumen:

Para el cemento:

$$C = 1 * 42.5\ kg/bls = 42.5\ kg/bls$$

Para el agregado fino:

$$AF = 1.96 * 42.5\ kg/bls = 83.46\ kg/bls$$

Para el agregado grueso:

$$AG = 2.99 * 42.5 \text{ kg/bls} = 126.99 \text{ kg/bls}$$

A continuación, obtendremos los volúmenes:

Para el cemento:

$$C = \frac{42.5}{42.5} = 1$$

Para el agregado fino:

$$AF = \frac{83.46 \text{ kg/bls}}{41.17 \text{ kg/pie}^3} = 2.03 \text{ bls/pie}^3$$

Para el agregado grueso:

$$AG = \frac{126.99 \text{ kg/bls}}{39.22 \text{ kg/pie}^3} = 3.24 \text{ bls/pie}^3$$

$$\text{Agua} = 21.76 \text{ L/bls}$$

Dosificación en volumen:

	<b>C</b>	<b>AF</b>	<b>AG</b>	<b>Agua</b>
<b>Proporción en peso:</b>	42.5	83.46	126.99	21.76
<b>Proporción en volumen:</b>	1	2.03	3.24	21.76

<b>f'c</b> <b>(kg/cm2)</b>	<b>a/c</b>	<b>Slump</b> <b>(pulg)</b>	<b>TMN</b> <b>(pulg)</b>	<b>Dosificación en</b> <b>Volumen</b> <b>(bls/pie3)</b>	<b>Materiales por m3</b>			
					<b>Cemento</b> <b>(bls)</b>	<b>AF</b> <b>(m3)</b>	<b>AG</b> <b>(m3)</b>	<b>Agua</b> <b>(m3)</b>
210	0.51	3	3/4"	1 : 2.03 : 3.24: 21.76	8.64	0.270	0.405	0.188

**Diseño de mezcla  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo 5% con plástico PET y corcho reciclado (Diseño 5%)**

**Sustituyendo en porcentaje de 5% el agregado en plástico PET y corcho reciclado**

$$\%_{5\%} = 5\%$$

**Peso del material que sustituye los agregados**

El volumen del AF en una probeta de 6"x12" según lo calculado en el diseño de mezcla la tanda es de:

	<b>Peso</b>	<b>Tanda</b>
<b>a) Cemento</b>	367.12 $\text{Kg/m}^3$	2.06 kg
<b>b) Agua</b>	187.99 $\text{Lt/m}^3$	1.05 Lt
<b>c) Arena</b>	720.98 $\text{Kg/m}^3$	4.04 kg
<b>d) Grava</b>	1096.97 $\text{Kg/m}^3$	6.14 kg
<b>Total =</b>		13.29 kg

Los volúmenes obtenidos son:

Para el cemento:

$$C = 367.12 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 2.06 \text{ kg}$$

$$V_C = \frac{2.06 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.0007 \text{ m}^3$$

Para el agua:

$$AGUA = 187.99 \text{ Lt/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 1.05 \text{ Lt}$$

$$V_{agua} = \frac{1.05 \text{ Lt}}{1000 \text{ Lt/m}^3} = 0.0011 \text{ m}^3$$

Para el agregado fino:

$$AF = 720.98 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 4.04 \text{ kg}$$

$$V_{AF} = \frac{4.04 \text{ kg}}{2730 \text{ kg/m}^3} = 0.0015 \text{ m}^3$$

Para el agregado grueso:

$$AG = 1096.97 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 6.14 \text{ kg}$$

$$V_{AG} = \frac{6.14 \text{ kg}}{2708 \text{ kg/m}^3} = 0.0023 \text{ m}^3$$

Como resultado obtendremos:

	Peso		Tanda		Volumen	
a) <b>Cemento</b>	367.12	Kg/m <sup>3</sup>	2.06	kg	0.0007	m <sup>3</sup>
b) <b>Agua</b>	187.99	Lt/m <sup>3</sup>	1.05	Lt	0.0011	m <sup>3</sup>
c) <b>Arena</b>	720.98	Kg/m <sup>3</sup>	4.04	kg	0.0015	m <sup>3</sup>
d) <b>Grava</b>	1096.97	Kg/m <sup>3</sup>	6.14	kg	0.0023	m <sup>3</sup>
<b>Total =</b> 13.29 kg 0.0056 m <sup>3</sup>						

***Peso del material que sustituyen los agregados***

Para el volumen de la probeta:

***Fórmula 01: Volumen de una Probeta***

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$H_{probeta} = 12 \text{ pulg} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}}$$

$$H_{probeta} = 0.3048 \text{ m}$$

Para el volumen del agregado:

$$V_{agregado} = A_{agregado} * H_{agregado}$$

Altura que ocupa el agregado fino:

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} * H_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} = \frac{V_{AF}}{H_{AF}}$$

$$A_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejando el área de la probeta:

$$V_{probeta} = 0.0056 \text{ m}^3$$

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$A_{probeta} = \frac{V_{probeta}}{H_{probeta}}$$

$$A_{probeta} = \frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}}$$

Igualando:

$$A_{probeta} = A_{AF}$$

$$\frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado fino:

$$H_{AF} = \frac{V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AF} = 8.16 \text{ cm}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado grueso:

$$H_{AG} = \frac{V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AG} = \frac{0.0023 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AG} = 12.52 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado fino es de 2.5% del total del volumen:

$$\%V_{AF,5\%} = V_{AF} * \%_{AF}$$

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$\%_{AF} = 2.5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AF,5\%} = 0.0015 \text{ m}^3 * 2.5\%$$

$$\%V_{AF,5\%} = 0.000038 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AF} = \frac{\%V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AF} = \frac{0.000038 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AF} = 0.0020 \text{ m}$$

$$\%H_{AF} = 0.20 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado grueso es de 2.5% del total del volumen:

$$\%V_{AG,5\%} = V_{AG} * \%_{AG}$$

$$V_{AG} = 0.0023 \text{ m}^3$$

$$\%_{AG} = 2.5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AG,5\%} = 0.0023 \text{ m}^3 * 2.5\%$$

$$\%V_{AG,5\%} = 0.000058 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AG} = \frac{\%V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AG} = \frac{0.000058 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AG} = 0.0031 \text{ m}$$

$$\%H_{AG} = 0.31 \text{ cm}$$

***Volumen del material que sustituyen los agregados***

El volumen total sustituido por el agregado fino:

$$\%V_{AF} = A_{probeta} * H_{AF}$$

$$\%V_{AF} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.20 \text{ cm}$$

$$\%V_{AF} = 36.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AF} = 0.000036 \text{ m}^3$$

El volumen total sustituido por el agregado grueso:

$$\%V_{AG} = A_{probeta} * H_{AG}$$

$$\%V_{AG} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.31 \text{ cm}$$

$$\%V_{AG} = 57.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AG} = 0.000057 \text{ m}^3$$

***Peso del material que sustituyen los agregados***

El peso total sustituido por el agregado fino:

Para el corcho:

$$\%P_{AF-Corcho} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.000036 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.00609 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 6.09 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\%P_{AF-PET} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - PET}$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.000036 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.00816 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-PET} = 8.16 \text{ gr}$$

El peso total sustituido por el agregado grueso:

Para el corcho:

$$\%P_{AG-Corcho} = \%V_{AG} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.000057 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.00944 \text{ kg}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 9.44 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\begin{aligned}\%P_{AG-PET} &= \%V_{AG} * \rho_{5\% - PET} \\ \%P_{AG-PET} &= 0.000057 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG-PET} &= 0.01265 \text{ kg} \\ \%P_{AG-PET} &= 12.65 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Restando el peso sustituido:**

Para el agregado fino:

$$\begin{aligned}\%P_{AF} &= \%V_{AF} * PE_{AF} \\ \%P_{AF} &= 0.000038 \text{ m}^3 * 2730 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AF} &= 102 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado fino:

$$\begin{aligned}P'_{AF} &= P_{AF} - \%P_{AF} \\ P'_{AF} &= 4.04 \text{ kg} - 0.102 \text{ kg} \\ P'_{AF} &= 3.94 \text{ kg}\end{aligned}$$

Para el agregado grueso:

$$\begin{aligned}\%P_{AG} &= \%V_{AG} * PE_{AG} \\ \%P_{AG} &= 0.000058 \text{ m}^3 * 2708 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG} &= 156 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado grueso:

$$\begin{aligned}P'_{AG} &= P_{AG} - \%P_{AG} \\ P'_{AG} &= 6.14 \text{ kg} - 0.156 \text{ kg} \\ P'_{AG} &= 5.99 \text{ kg}\end{aligned}$$

### ***Pesos del Corcho y PET***

El peso total del corcho:

$$\begin{aligned}\%P_{total-Corcho} &= \%P_{AF-Corcho} + \%P_{AG-Corcho} \\ \%P_{total-Corcho} &= 6.09 \text{ gr} + 9.44 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 15.53 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 0.01553 \text{ gr}\end{aligned}$$

El peso total del PET:

$$\begin{aligned}\%P_{total-PET} &= \%P_{AF-PET} + \%P_{AG-PET} \\ \%P_{total-PET} &= 8.16 \text{ gr} + 12.65 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 20.81 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 0.02081 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Corrección por humedad del corcho**

$$PH_{\text{corcho}} = \%P_{\text{total-corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}}}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 15.53 * \left( \frac{5.15}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 16.33 \text{ gr}$$

**Aporte del agua por el corcho**

$$AP_{\text{corcho}} = P_{\text{corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}} - Abs_{\% \text{ corcho}}}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = 15.53 * \left( \frac{5.15 - 21.23}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = -0.0025 \text{ Lt/m}^3$$

**Agua efectiva**

$$P'_{\text{agua}} = P_{\text{agua}} - (AP_{\text{corcho}})$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0527 - (-0.0025)$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0552 \text{ Lt/m}^3$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.06 \text{ Lt/m}^3$$

**Nuevas proporciones:**

	<b>Volumen</b>	<b>Tanda</b>
<b>a) Cemento</b>	0.0007 m <sup>3</sup>	2.06 kg
<b>b) Agua</b>	0.0011 m <sup>3</sup>	1.06 Lt
<b>d) Arena</b>	0.0014 m <sup>3</sup>	3.94 kg
<b>e) Grava</b>	0.0022 m <sup>3</sup>	5.99 kg
<b>f) Corcho</b>	0.0001 m <sup>3</sup>	16.33 gr
<b>g) Plástico PET</b>	0.0001 m <sup>3</sup>	20.81 gr
<b>Total =</b>	0.0056 m <sup>3</sup>	13.08 kg

**Volumen por m<sup>3</sup>**

	<b>Peso</b>	<b>Volumen</b>
a) <b>Cemento</b>	367.12 kg/m <sup>3</sup>	0.1173 m <sup>3</sup>
b) <b>Agua</b>	189.29 kg/m <sup>3</sup>	0.1893 m <sup>3</sup>
d) <b>Arena</b>	702.70 kg/m <sup>3</sup>	0.2574 m <sup>3</sup>
e) <b>Grava</b>	1069.12 kg/m <sup>3</sup>	0.3948 m <sup>3</sup>
f) <b>Corcho</b>	2.92 kg/m <sup>3</sup>	0.0174 m <sup>3</sup>
g) <b>Plástico PET</b>	3.72 kg/m <sup>3</sup>	0.0166 m <sup>3</sup>
<b>Total =</b>	2328.24 kg/m <sup>3</sup>	1.0000 m <sup>3</sup>

**Nueva relación Agua Cemento**

$$R_{5\%}^{A/C} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$R_{5\%}^{\frac{A}{C}} = \frac{189.29}{367.12}$$

$$R_{5\%}^{A/C} = 0.52$$

**Dosificación en Volumen**

	<b>Cemento</b>	<b>AF</b>	<b>AG</b>	<b>Agua</b>	<b>Corcho</b>	<b>PET</b>	
	(bls)	(bls/pie <sup>3</sup> )	(bls/pie <sup>3</sup> )	(Lt/bls)	(kg/bls)	(kg/bls)	
<b>Proporción en peso:</b>	42.50	79.23	120.56	21.91	0.34	0.43	kg/bls
<b>Prop. en volumen:</b>	1	1.98	3.16	21.91	0.34	0.43	bls/pie <sup>3</sup>

**Dosificación**

<b>f'c</b>	<b>a/c</b>	<b>Slump</b>	<b>TMN</b>	<b>Dosificación en Volumen</b>
(kg/cm <sup>2</sup> )		(pulg)		(bls/pie <sup>3</sup> )
210	0.52	3"	3/4"	1 : 1.98 : 3.16 : 0.34 : 0.43 : 21.91

**Materiales por m<sup>3</sup>**

<b>Cemento</b>	<b>AF</b>	<b>AG</b>	<b>Agua</b>	<b>Corcho</b>	<b>PET</b>
(bls)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)
8.64	0.26	0.39	0.19	2.92	3.72

**Resumen:**

<b>ÍTEM</b>	<b>Patrón</b>	<b>5%</b>	<b>Unidad.</b>
Peso Tanda de Ensayo =	13.29	13.07	kg
Peso unitario teórico final de la mezcla =	2375	2328	kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos =	2		%
Tanda =	0.0056		m <sup>3</sup>
F./Cemento =	8.64		bls
R <sup>a/c</sup> =	0.51	0.52	
Arena =	4.04	3.94	kg
Grava =	6.14	5.99	kg

**Diseño de mezcla  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo 10% con plástico PET y corcho reciclado (Diseño 10%)**

**Sustituyendo en porcentaje de 10% el agregado en plástico PET y corcho reciclado**

$$\%_{10\%} = 10\%$$

**Peso del material que sustituye los agregados**

El volumen del AF en una probeta de 6"x12" según lo calculado en el diseño de mezcla la tanda es de:

	<b>Peso</b>		<b>Tanda</b>	
<b>a) Cemento</b>	367.12	$\text{Kg/m}^3$	2.06	kg
<b>b) Agua</b>	187.99	$\text{Lt/m}^3$	1.05	Lt
<b>c) Arena</b>	720.98	$\text{Kg/m}^3$	4.04	kg
<b>d) Grava</b>	1096.97	$\text{Kg/m}^3$	6.14	kg
			<b>Total =</b>	13.29 kg

Los volúmenes obtenidos son:

Para el cemento:

$$C = 367.12 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 2.06 \text{ kg}$$

$$V_C = \frac{2.06 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.0007 \text{ m}^3$$

Para el agua:

$$AGUA = 187.99 \text{ Lt/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 1.05 \text{ Lt}$$

$$V_{agua} = \frac{1.05 \text{ Lt}}{1000 \text{ Lt/m}^3} = 0.0011 \text{ m}^3$$

Para el agregado fino:

$$AF = 720.98 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 4.04 \text{ kg}$$

$$V_{AF} = \frac{4.04 \text{ kg}}{2730 \text{ kg/m}^3} = 0.0015 \text{ m}^3$$

Para el agregado grueso:

$$AG = 1096.97 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 6.14 \text{ kg}$$

$$V_{AG} = \frac{6.14 \text{ kg}}{2708 \text{ kg/m}^3} = 0.0023 \text{ m}^3$$

Como resultado obtendremos:

	Peso		Tanda		Volumen	
a) <b>Cemento</b>	367.12	Kg/m <sup>3</sup>	2.06	kg	0.0007	m <sup>3</sup>
b) <b>Agua</b>	187.99	Lt/m <sup>3</sup>	1.05	Lt	0.0011	m <sup>3</sup>
c) <b>Arena</b>	720.98	Kg/m <sup>3</sup>	4.04	kg	0.0015	m <sup>3</sup>
d) <b>Grava</b>	1096.97	Kg/m <sup>3</sup>	6.14	kg	0.0023	m <sup>3</sup>
<b>Total =</b> 13.29 kg 0.0056 m <sup>3</sup>						

***Peso del material que sustituyen los agregados***

Para el volumen de la probeta:

***Fórmula 01: Volumen de una Probeta***

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$H_{probeta} = 12 \text{ pulg} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}}$$

$$H_{probeta} = 0.3048 \text{ m}$$

Para el volumen del agregado:

$$V_{agregado} = A_{agregado} * H_{agregado}$$

Altura que ocupa el agregado fino:

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} * H_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} = \frac{V_{AF}}{H_{AF}}$$

$$A_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejando el área de la probeta:

$$V_{probeta} = 0.0056 \text{ m}^3$$

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$A_{probeta} = \frac{V_{probeta}}{H_{probeta}}$$

$$A_{probeta} = \frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}}$$

Igualando:

$$A_{probeta} = A_{AF}$$

$$\frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado fino:

$$H_{AF} = \frac{V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AF} = 8.16 \text{ cm}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado grueso:

$$H_{AG} = \frac{V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AG} = \frac{0.0023 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AG} = 12.52 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado fino es de 5% del total del volumen:

$$\%V_{AF,5\%} = V_{AF} * \%_{AF}$$

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$\%_{AF} = 5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AF,5\%} = 0.0015 \text{ m}^3 * 5\%$$

$$\%V_{AF,5\%} = 0.000075 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AF} = \frac{\%V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AF} = \frac{0.000075 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AF} = 0.0041 \text{ m}$$

$$\%H_{AF} = 0.41 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado grueso es de 5% del total del volumen:

$$\%V_{AG,5\%} = V_{AG} * \%_{AG}$$

$$V_{AG} = 0.0023 \text{ m}^3$$

$$\%_{AG} = 5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AG,5\%} = 0.0023 \text{ m}^3 * 5\%$$

$$\%V_{AG,5\%} = 0.000115 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AG} = \frac{\%V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AG} = \frac{0.000115 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AG} = 0.0063 \text{ m}$$

$$\%H_{AG} = 0.63 \text{ cm}$$

***Volumen del material que sustituyen los agregados***

El volumen total sustituido por el agregado fino:

$$\%V_{AF} = A_{probeta} * H_{AF}$$

$$\%V_{AF} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.41 \text{ cm}$$

$$\%V_{AF} = 75.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AF} = 0.000075 \text{ m}^3$$

El volumen total sustituido por el agregado grueso:

$$\%V_{AG} = A_{probeta} * H_{AG}$$

$$\%V_{AG} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.63 \text{ cm}$$

$$\%V_{AG} = 115.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AG} = 0.000115 \text{ m}^3$$

***Peso del material que sustituyen los agregados***

El peso total sustituido por el agregado fino:

Para el corcho:

$$\%P_{AF-Corcho} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.000075 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.01248 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 12.48 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\%P_{AF-PET} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - PET}$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.000075 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.01673 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-PET} = 16.73 \text{ gr}$$

El peso total sustituido por el agregado grueso:

Para el corcho:

$$\%P_{AG-Corcho} = \%V_{AG} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.000115 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.01918 \text{ kg}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 19.18 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\begin{aligned}\%P_{AG-PET} &= \%V_{AG} * \rho_{5\% - PET} \\ \%P_{AG-PET} &= 0.000115 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG-PET} &= 0.02571 \text{ kg} \\ \%P_{AG-PET} &= 25.71 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Restando el peso sustituido:**

Para el agregado fino:

$$\begin{aligned}\%P_{AF} &= \%V_{AF} * PE_{AF} \\ \%P_{AF} &= 0.000075 \text{ m}^3 * 2730 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AF} &= 205 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado fino:

$$\begin{aligned}P'_{AF} &= P_{AF} - \%P_{AF} \\ P'_{AF} &= 4.04 \text{ kg} - 0.205 \text{ kg} \\ P'_{AF} &= 3.83 \text{ kg}\end{aligned}$$

Para el agregado grueso:

$$\begin{aligned}\%P_{AG} &= \%V_{AG} * PE_{AG} \\ \%P_{AG} &= 0.000115 \text{ m}^3 * 2708 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG} &= 311 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado grueso:

$$\begin{aligned}P'_{AG} &= P_{AG} - \%P_{AG} \\ P'_{AG} &= 6.14 \text{ kg} - 0.311 \text{ kg} \\ P'_{AG} &= 5.84 \text{ kg}\end{aligned}$$

### ***Pesos del Corcho y PET***

El peso total del corcho:

$$\begin{aligned}\%P_{total-Corcho} &= \%P_{AF-Corcho} + \%P_{AG-Corcho} \\ \%P_{total-Corcho} &= 12.48 \text{ gr} + 19.18 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 31.66 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 0.03166 \text{ gr}\end{aligned}$$

El peso total del PET:

$$\begin{aligned}\%P_{total-PET} &= \%P_{AF-PET} + \%P_{AG-PET} \\ \%P_{total-PET} &= 16.73 \text{ gr} + 25.71 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 42.44 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 0.04244 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Corrección por humedad del corcho**

$$PH_{\text{corcho}} = \%P_{\text{total-corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}}}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 31.66 * \left( \frac{5.15}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 33.29 \text{ gr}$$

**Aporte del agua por el corcho**

$$AP_{\text{corcho}} = P_{\text{corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}} - Abs_{\% \text{ corcho}}}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = 31.66 * \left( \frac{5.15 - 21.23}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = -0.0051 \text{ Lt/m}^3$$

**Agua efectiva**

$$P'_{\text{agua}} = P_{\text{agua}} - (AP_{\text{corcho}})$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0527 - (-0.0051)$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0578 \text{ Lt/m}^3$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.06 \text{ Lt/m}^3$$

**Nuevas proporciones:**

	Volumen	Tanda
a) Cemento	0.0007 m <sup>3</sup>	2.06 kg
b) Agua	0.0011 m <sup>3</sup>	1.06 Lt
d) Arena	0.0014 m <sup>3</sup>	3.83 kg
e) Grava	0.0022 m <sup>3</sup>	5.83 kg
f) Corcho	0.00019 m <sup>3</sup>	32.29 gr
g) Plástico PET	0.00019 m <sup>3</sup>	42.44 gr
<b>Total =</b>	<b>0.0057 m<sup>3</sup></b>	<b>12.86 kg</b>

**Volumen por m<sup>3</sup>**

	Peso	Volumen
a) Cemento	360.68 kg/m <sup>3</sup>	0.1152 m <sup>3</sup>
b) Agua	185.96 kg/m <sup>3</sup>	0.1860 m <sup>3</sup>
d) Arena	672.42 kg/m <sup>3</sup>	0.2463 m <sup>3</sup>
e) Grava	1023.17 kg/m <sup>3</sup>	0.3779 m <sup>3</sup>
f) Corcho	5.84 kg/m <sup>3</sup>	0.0350 m <sup>3</sup>
g) Plástico PET	7.45 kg/m <sup>3</sup>	0.0333 m <sup>3</sup>

$$\text{Total} = 2328.24 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.0000 \text{ m}^3$$

**Nueva relación Agua Cemento**

$$R_{5\%}^{A/C} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$R_{5\%}^{\frac{A}{C}} = \frac{185.96}{360.68}$$

$$R_{5\%}^{A/C} = 0.52$$

**Dosificación en Volumen**

	Cemento (bls)	AF (bls/pie <sup>3</sup> )	AG (bls/pie <sup>3</sup> )	Agua (Lt/bls)	Corcho (kg/bls)	PET (kg/bls)	
<b>Proporción en peso:</b>	42.50	79.23	120.56	21.53	0.69	0.88	kg/bls
<b>Prop. en volumen:</b>	1	1.92	3.07	21.53	0.69	0.88	bls/pie <sup>3</sup>

**Dosificación**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c	Slump (pulg)	TMN	Dosificación en Volumen (bls/pie <sup>3</sup> )
210	0.52	3"	3/4"	1 : 1.92 : 3.07 : 0.69 : 0.88 : 21.53

**Materiales por m<sup>3</sup>**

Cemento (bls)	AF (m <sup>3</sup> )	AG (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	Corcho (kg)	PET (kg)
8.64	0.25	0.38	0.19	5.84	7.45

**Resumen:**

ÍTEM	Patrón	10%	Unidad.
Peso Tanda de Ensayo =	13.29	12.85	kg
Peso unitario teórico final de la mezcla =	2375	2242	kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos =	2		%
Tanda =	0.0056		m <sup>3</sup>
F./Cemento =	8.64		bls
R <sup>a/c</sup> =	0.51	0.52	
Arena =	4.04	3.83	kg
Grava =	6.14	5.83	kg

**Diseño de mezcla  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo 15% con plástico PET y corcho reciclado (Diseño 15%)**

**Sustituyendo en porcentaje de 15% el agregado en plástico PET y corcho reciclado**

$$\%_{15\%} = 15\%$$

**Peso del material que sustituye los agregados**

El volumen del AF en una probeta de 6"x12" según lo calculado en el diseño de mezcla la tanda es de:

	<b>Peso</b>		<b>Tanda</b>	
<b>a) Cemento</b>	367.12	$\text{Kg/m}^3$	2.06	kg
<b>b) Agua</b>	187.99	$\text{Lt/m}^3$	1.05	Lt
<b>c) Arena</b>	720.98	$\text{Kg/m}^3$	4.04	kg
<b>d) Grava</b>	1096.97	$\text{Kg/m}^3$	6.14	kg
			<b>Total =</b>	13.29 kg

Los volúmenes obtenidos son:

Para el cemento:

$$C = 367.12 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 2.06 \text{ kg}$$

$$V_C = \frac{2.06 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.0007 \text{ m}^3$$

Para el agua:

$$AGUA = 187.99 \text{ Lt/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 1.05 \text{ Lt}$$

$$V_{agua} = \frac{1.05 \text{ Lt}}{1000 \text{ Lt/m}^3} = 0.0011 \text{ m}^3$$

Para el agregado fino:

$$AF = 720.98 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 4.04 \text{ kg}$$

$$V_{AF} = \frac{4.04 \text{ kg}}{2730 \text{ kg/m}^3} = 0.0015 \text{ m}^3$$

Para el agregado grueso:

$$AG = 1096.97 \text{ kg/m}^3 * 0.0056 \text{ m}^3 = 6.14 \text{ kg}$$

$$V_{AG} = \frac{6.14 \text{ kg}}{2708 \text{ kg/m}^3} = 0.0023 \text{ m}^3$$

Como resultado obtendremos:

	Peso		Tanda		Volumen	
a) <b>Cemento</b>	367.12	Kg/m <sup>3</sup>	2.06	kg	0.0007	m <sup>3</sup>
b) <b>Agua</b>	187.99	Lt/m <sup>3</sup>	1.05	Lt	0.0011	m <sup>3</sup>
c) <b>Arena</b>	720.98	Kg/m <sup>3</sup>	4.04	kg	0.0015	m <sup>3</sup>
d) <b>Grava</b>	1096.97	Kg/m <sup>3</sup>	6.14	kg	0.0023	m <sup>3</sup>
<b>Total = 13.29 kg 0.0056 m<sup>3</sup></b>						

***Peso del material que sustituyen los agregados***

Para el volumen de la probeta:

***Fórmula 01: Volumen de una Probeta***

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$H_{probeta} = 12 \text{ pulg} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}}$$

$$H_{probeta} = 0.3048 \text{ m}$$

Para el volumen del agregado:

$$V_{agregado} = A_{agregado} * H_{agregado}$$

Altura que ocupa el agregado fino:

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} * H_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$A_{AF} = \frac{V_{AF}}{H_{AF}}$$

$$A_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejando el área de la probeta:

$$V_{probeta} = 0.0056 \text{ m}^3$$

$$V_{probeta} = A_{probeta} * H_{probeta}$$

$$A_{probeta} = \frac{V_{probeta}}{H_{probeta}}$$

$$A_{probeta} = \frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}}$$

Igualando:

$$A_{probeta} = A_{AF}$$

$$\frac{0.0056 \text{ m}^3}{H_{probeta}} = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{H_{AF}}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado fino:

$$H_{AF} = \frac{V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AF} = \frac{0.0015 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AF} = 8.16 \text{ cm}$$

Despejamos la altura que ocupa el agregado grueso:

$$H_{AG} = \frac{V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$H_{AG} = \frac{0.0023 \text{ m}^3 * (30.48) \text{ cm}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$H_{AG} = 12.52 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado fino es de 5% del total del volumen:

$$\%V_{AF,5\%} = V_{AF} * \%_{AF}$$

$$V_{AF} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$\%_{AF} = 7.5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AF,5\%} = 0.0015 \text{ m}^3 * 7.5\%$$

$$\%V_{AF,5\%} = 0.000113 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AF} = \frac{\%V_{AF} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AF} = \frac{0.000113 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AF} = 0.0061 \text{ m}$$

$$\%H_{AF} = 0.61 \text{ cm}$$

La sustitución del agregado grueso es de 5% del total del volumen:

$$\%V_{AG,5\%} = V_{AG} * \%_{AG}$$

$$V_{AG} = 0.0023 \text{ m}^3$$

$$\%_{AG} = 7.5\%$$

Reemplazando:

$$\%V_{AG,5\%} = 0.0023 \text{ m}^3 * 7.5\%$$

$$\%V_{AG,5\%} = 0.000173 \text{ m}^3$$

$$\%H_{AG} = \frac{\%V_{AG} * H_{probeta}}{V_{probeta}}$$

$$\%H_{AG} = \frac{0.000173 \text{ m}^3 * 0.3048 \text{ m}}{0.0056 \text{ m}^3}$$

$$\%H_{AG} = 0.0094 \text{ m}$$

$$\%H_{AG} = 0.94 \text{ cm}$$

***Volumen del material que sustituyen los agregados***

El volumen total sustituido por el agregado fino:

$$\%V_{AF} = A_{probeta} * H_{AF}$$

$$\%V_{AF} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.61 \text{ cm}$$

$$\%V_{AF} = 111.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AF} = 0.000111 \text{ m}^3$$

El volumen total sustituido por el agregado grueso:

$$\%V_{AG} = A_{probeta} * H_{AG}$$

$$\%V_{AG} = 182.41 \text{ cm}^2 * 0.94 \text{ cm}$$

$$\%V_{AG} = 171.00 \text{ cm}^3$$

$$\%V_{AG} = 0.000171 \text{ m}^3$$

***Peso del material que sustituyen los agregados***

El peso total sustituido por el agregado fino:

Para el corcho:

$$\%P_{AF-Corcho} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.000111 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 0.01857 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-Corcho} = 18.57 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\%P_{AF-PET} = \%V_{AF} * \rho_{5\% - PET}$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.000111 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AF-PET} = 0.02490 \text{ kg}$$

$$\%P_{AF-PET} = 24.90 \text{ gr}$$

El peso total sustituido por el agregado grueso:

Para el corcho:

$$\%P_{AG-Corcho} = \%V_{AG} * \rho_{5\% - Corcho}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.000171 \text{ m}^3 * 166.85 \text{ kg/m}^3$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 0.02861 \text{ kg}$$

$$\%P_{AG-Corcho} = 28.61 \text{ gr}$$

Para el PET:

$$\begin{aligned}\%P_{AG-PET} &= \%V_{AG} * \rho_{5\% - PET} \\ \%P_{AG-PET} &= 0.000171 \text{ m}^3 * 223.73 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG-PET} &= 0.03836 \text{ kg} \\ \%P_{AG-PET} &= 38.36 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Restando el peso sustituido:**

Para el agregado fino:

$$\begin{aligned}\%P_{AF} &= \%V_{AF} * PE_{AF} \\ \%P_{AF} &= 0.000113 \text{ m}^3 * 2730 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AF} &= 307 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado fino:

$$\begin{aligned}P'_{AF} &= P_{AF} - \%P_{AF} \\ P'_{AF} &= 4.04 \text{ kg} - 0.307 \text{ kg} \\ P'_{AF} &= 3.73 \text{ kg}\end{aligned}$$

Para el agregado grueso:

$$\begin{aligned}\%P_{AG} &= \%V_{AG} * PE_{AG} \\ \%P_{AG} &= 0.000173 \text{ m}^3 * 2708 \text{ kg/m}^3 \\ \%P_{AG} &= 467 \text{ gr}\end{aligned}$$

Nuevo peso del agregado grueso:

$$\begin{aligned}P'_{AG} &= P_{AG} - \%P_{AG} \\ P'_{AG} &= 6.14 \text{ kg} - 0.467 \text{ kg} \\ P'_{AG} &= 5.68 \text{ kg}\end{aligned}$$

### ***Pesos del Corcho y PET***

El peso total del corcho:

$$\begin{aligned}\%P_{total-Corcho} &= \%P_{AF-Corcho} + \%P_{AG-Corcho} \\ \%P_{total-Corcho} &= 18.57 \text{ gr} + 28.61 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 47.18 \text{ gr} \\ \%P_{total-Corcho} &= 0.04718 \text{ gr}\end{aligned}$$

El peso total del PET:

$$\begin{aligned}\%P_{total-PET} &= \%P_{AF-PET} + \%P_{AG-PET} \\ \%P_{total-PET} &= 24.90 \text{ gr} + 38.36 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 63.26 \text{ gr} \\ \%P_{total-PET} &= 0.06326 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Corrección por humedad del corcho**

$$PH_{\text{corcho}} = \%P_{\text{total-corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}}}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 47.18 * \left( \frac{5.15}{100} + 1 \right)$$

$$PH_{\text{corcho}} = 49.61 \text{ gr}$$

**Aporte del agua por el corcho**

$$AP_{\text{corcho}} = P_{\text{corcho}} * \left( \frac{H_{\% \text{ corcho}} - Abs_{\% \text{ corcho}}}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = 47.18 * \left( \frac{5.15 - 21.23}{100} \right)$$

$$AP_{\text{corcho}} = -0.0076 \text{ Lt/m}^3$$

**Agua efectiva**

$$P'_{\text{agua}} = P_{\text{agua}} - (AP_{\text{corcho}})$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0527 - (-0.0076)$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.0603 \text{ Lt/m}^3$$

$$P'_{\text{agua}} = 1.06 \text{ Lt/m}^3$$

**Nuevas proporciones:**

	Volumen	Tanda
a) Cemento	0.0007 m <sup>3</sup>	2.06 kg
b) Agua	0.0011 m <sup>3</sup>	1.06 Lt
d) Arena	0.0014 m <sup>3</sup>	3.73 kg
e) Grava	0.0021 m <sup>3</sup>	5.68 kg
f) Corcho	0.0003 m <sup>3</sup>	49.61 gr
g) Plástico PET	0.0003 m <sup>3</sup>	63.26 gr
<b>Total =</b>	<b>0.0058 m<sup>3</sup></b>	<b>12.64 kg</b>

**Volumen por m<sup>3</sup>**

	Peso	Volumen
a) Cemento	354.46 kg/m <sup>3</sup>	0.1132 m <sup>3</sup>
b) Agua	182.76 kg/m <sup>3</sup>	0.1828 m <sup>3</sup>
d) Arena	643.17 kg/m <sup>3</sup>	0.2356 m <sup>3</sup>
e) Grava	978.63 kg/m <sup>3</sup>	0.3614 m <sup>3</sup>
f) Corcho	8.55 kg/m <sup>3</sup>	0.0512 m <sup>3</sup>
g) Plástico PET	10.91 kg/m <sup>3</sup>	0.0488 m <sup>3</sup>

$$\text{Total} = 2159.04 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.0000 \text{ m}^3$$

**Nueva relación Agua Cemento**

$$R_{5\%}^{A/C} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$R_{5\%}^{\frac{A}{C}} = \frac{182.76}{354.46}$$

$$R_{5\%}^{A/C} = 0.52$$

**Dosificación en Volumen**

	Cemento (bls)	AF (bls/pie <sup>3</sup> )	AG (bls/pie <sup>3</sup> )	Agua (Lt/bls)	Corcho (kg/bls)	PET (kg/bls)	
<b>Proporción en peso:</b>	42.50	77.12	117.34	21.16	1.03	1.31	kg/bls
<b>Prop. en volumen:</b>	1	1.87	2.99	21.16	1.03	1.31	bls/pie <sup>3</sup>

**Dosificación**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c	Slump (pulg)	TMN	Dosificación en Volumen (bls/pie <sup>3</sup> )
210	0.52	3"	3/4"	1 : 1.87 : 2.99 : 1.03 : 1.31 : 21.16

**Materiales por m<sup>3</sup>**

Cemento (bls)	AF (m <sup>3</sup> )	AG (m <sup>3</sup> )	Agua (m <sup>3</sup> )	Corcho (kg)	PET (kg)
8.64	0.24	0.36	0.18	8.55	10.91

**Resumen:**

ÍTEM	Patrón	10%	Unidad.
Peso Tanda de Ensayo =	13.29	12.63	kg
Peso unitario teórico final de la mezcla =	2375	2159	kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos =	2		%
Tanda =	0.0056		m <sup>3</sup>
F./Cemento =	8.64		bls
R <sup>a/c</sup> =	0.51	0.52	
Arena =	4.04	3.73	kg
Grava =	6.14	5.68	kg

## Ensayos del concreto en estado fresco

### Resultado Peso Unitario del concreto

Los resultados obtenidos del peso unitario del concreto se muestran en la Tabla N°27:

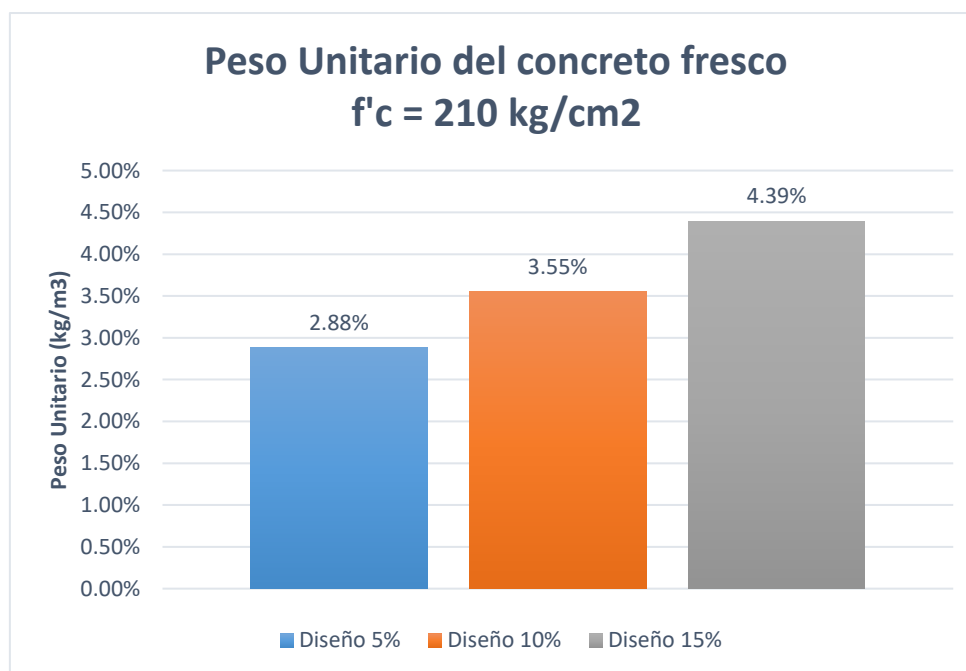
**Tabla N°27. Peso unitario del concreto sustituyendo en % plástico PET y corcho reciclado.**

Peso Unitario del concreto fresco sustituyendo en porcentaje de % en plástico PET y corcho reciclado			
Patrón	Sustitución del agregado fino y grueso por plástico PET y corcho reciclado		
Diseño Patrón	Diseño 5%	Diseño 10%	Diseño 15%
(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
2322.54	2255.70	2240.11	2220.62

**Fuente: Elaboración Propia**

El peso unitario para el concreto patrón no tiene mucha diferencia al diseño de mezcla al 5% de sustitución, el peso unitario del concreto se reduce un 2.88%; en comparación al diseño de mezcla al 10% de sustitución, el peso unitario del concreto se reduce en un 3.55% y finalmente el diseño mezcla al 15% de sustitución, el peso unitario del concreto se reduce en un 4.39%.

**Gráfico N° 09. Peso unitario del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**



**Fuente: Elaboración Propia**

### Resultado Ensayo de Asentamiento

Los resultados obtenidos del ensayo de asentamiento se muestran en la Tabla N°28:

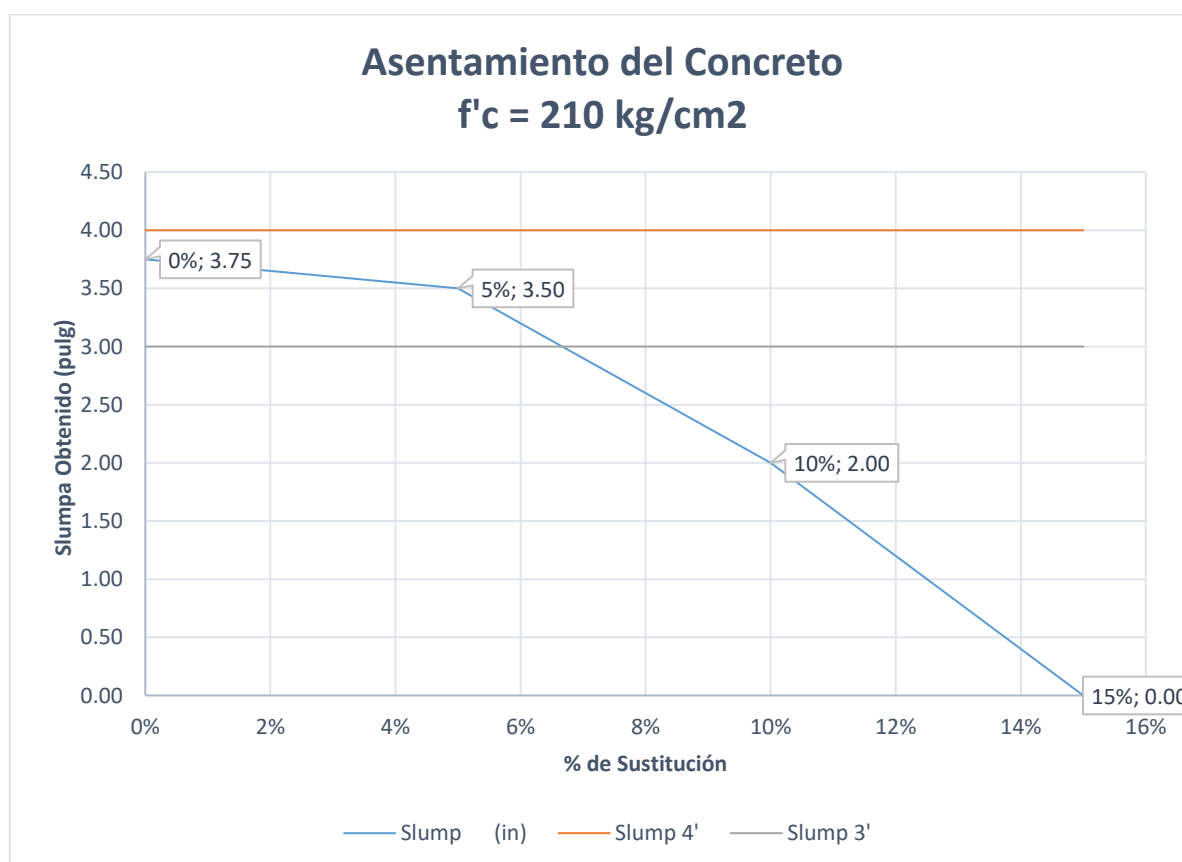
**Tabla N°28. Asentamiento del concreto.**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Sustitución (%)	Slump de Diseño (pulg)	Slump (pulg)
210	0%	3" a 4"	3.75
	5%		3.50
	10%		2.00
	15%		0.00

**Fuente: Elaboración Propia**

Como se observa en la Gráfico N° 10, el diseño 5% de sustitución muestra una disminución de asentamiento de 0.25" con diseño patrón y siendo el único diseño que se encuentra dentro los rangos de asentamiento. Estos resultados siguen que la sustitución del agregado con plástico PET y corcho reciclado reduce la fluidez del concreto, afectando su trabajabilidad.

**Gráfico N° 10. Asentamiento del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>.**



**Fuente: Elaboración Propia**

### Resultado Contenido del aire

Los resultados obtenidos del ensayo del contenido de aire se muestran en la Tabla N°29:

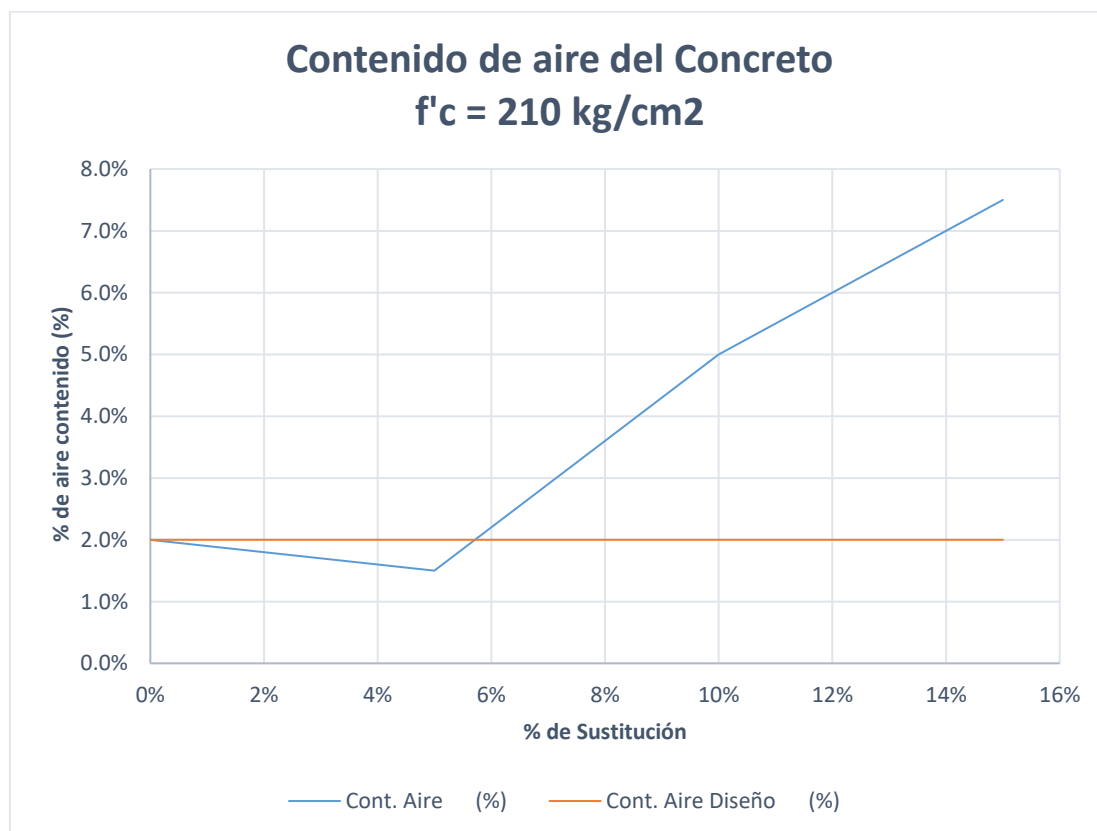
**Tabla N°29. Contenido de aire de acuerdo al porcentaje de sustitución.**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Sustitución (%)	Cont. Aire Diseño (%)	Cont. Aire (%)	Cont. Aire (%)
210	0%	2%	2.0%	2.0%
	5%	2%	1.5%	1.5%
	10%	2%	5.0%	5.0%
	15%	2%	6.0%	7.5%
	15%	2%	9.0%	

**Fuente: Elaboración Propia**

La Gráfico N° 11, muestra el contenido del aire del aumenta conforme se aumenta la sustitucion del agregado por plastico PET y corcho reciclado.

**Gráfico N° 11. Contenido de aire de acuerdo al porcentaje de sustitución.**



**Fuente: Elaboración Propia**

### *Ensayos del concreto en estado endurecido*

#### *Resistencia a la compresión*

Se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a las edades de 7, 14 y 28 para cada porcentaje de sustitución de agregado fino y grueso.

En cuanto a los resultados del ensayo de compresión del concreto patrón (ver Tabla N°30), se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 175.33 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 213.00 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 243.33 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, lo que presenta un incremento del 15.67% a la resistencia del concreto teórico.

**Tabla N°30. Resistencia a la compresión del concreto Patrón**

Estructura	Código	Edad	Área	Cargas	f'c	Promedio	
		(días)	(cm <sup>2</sup> )	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
<b>Diseño de Patrón</b>	P-1	7	184	33420	182	175.33	83.67
	P-2		184	35760	195		
	P-3		184	27400	149		
	P-4	14	184	41810	227	213.00	101.33
	P-5		184	42850	233		
	P-6		184	32994	179		
	P-7	28	184	44540	242	243.33	115.67
	P-8		184	47950	261		
	P-9		184	41810	227		

**Fuente: Elaboración propia**

Así mismo, los resultados del ensayo de compresión del concreto con sustitución del 5% del agregado fino y grueso (ver Tabla N°31), se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 141.67 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 164.33 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 212.33 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, se visualiza una disminución del 12.74% con respecto al concreto patrón, pero teniendo un incremento del 1.33% al concreto teórico.

**Tabla N°31. Resistencia a la compresión del concreto Diseño 5%.**

Estructura	Código	Edad	Área	Cargas	f'c	Promedio	
		(días)	(cm <sup>2</sup> )	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
Diseño 5%	D5% - 1		181	29560	163		
	D5% - 2	7	181	31690	175	141.67	67.33
	D5% - 3		181	15707	87		
	D5% - 4		181	34560	190		
	D5% - 5	14	181	35360	195	164.33	78.00
	D5% - 6		181	19656	108		
	D5% - 7		181	44150	243		
	D5% - 8	28	181	41220	227	212.33	101.33
	D5% - 9		181	30220	167		

**Fuente: Elaboración propia**

También, los resultados del ensayo de compresión del concreto con sustitución del 10% del agregado fino y grueso (ver Tabla N°32), se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 112.67 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 135.67 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 158.00 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, se visualiza una disminución del 35.07% con respecto al concreto patrón, pero teniendo una disminución del 24.67% al concreto teórico.

**Tabla N°32. Resistencia a la compresión del concreto Diseño 10%.**

Estructura	Código	Edad	Área	Cargas	f'c	Promedio	
		(días)	(cm <sup>2</sup> )	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
Diseño 10%	D10% - 1		184	20790	113		
	D10% - 2	7	184	20490	111	112.67	53.67
	D10% - 3		184	21030	114		
	D10% - 4		184	26187	142		
	D10% - 5	14	184	26187	142	135.67	65.00
	D10% - 6		184	22688	123		
	D10% - 7		184	27486	149		
	D10% - 8	28	184	27485	149	158.00	75.33
	D10% - 9		184	32380	176		

**Fuente: Elaboración propia**

Por último, los resultados del ensayo de compresión del concreto con sustitución del 15% del agregado fino y grueso (ver Tabla N°33), se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 67.00 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 74.00 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 111.33 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, se visualiza una disminución del 54.25% con respecto al concreto patrón, pero teniendo una disminución del 47% al concreto teórico.

**Tabla N°33. Resistencia a la compresión del concreto Diseño 15%.**

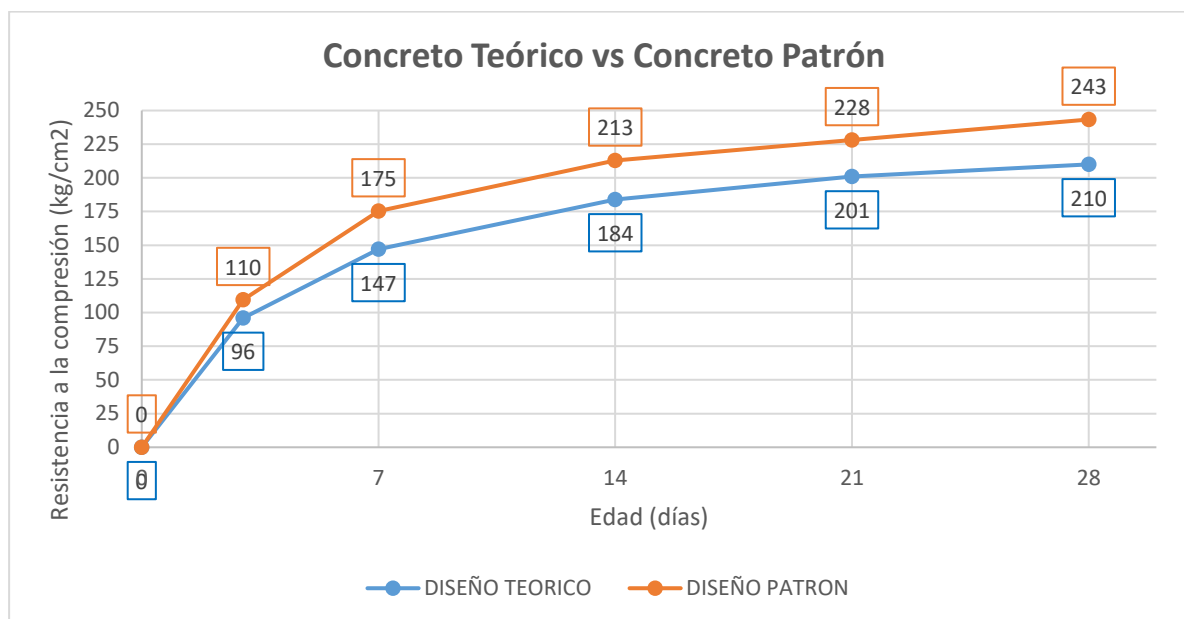
Estructura	Código	Edad	Área	Cargas	f'c	Promedio	
		(días)	(cm <sup>2</sup> )	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	(%)
<b>Diseño 15%</b>	D15% - 1	7	181	10670	59	67.00	32.00
	D15% - 2		181	12610	69		
	D15% - 3		181	13180	73		
	D15% - 4	14	181	12950	71	74.00	35.33
	D15% - 5		181	12900	71		
	D15% - 6		181	14481	80		
	D15% - 7	28	181	14120	78	111.33	53.00
	D15% - 8		181	24910	137		
	D15% - 9		181	21510	119		

**Fuente: Elaboración propia**

Todos los resultados obtenidos fueron de acuerdo con un diseño de mezcla de un f'c requerido, como se indicó en el apartado de diseño de mezcla, donde se puede ver en la Tabla N°30 que el concreto patrón a la edad de los 28 días obtiene una resistencia de 243.33 kg/cm<sup>2</sup> siendo este mayor por un 15.67% respecto al concreto teórico con una resistencia de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia del concreto patrón es la que se utiliza de comparación en cuando a las sustituciones de acuerdo al porcentaje por agregado fino y grueso con plástico PET y corcho reciclado.

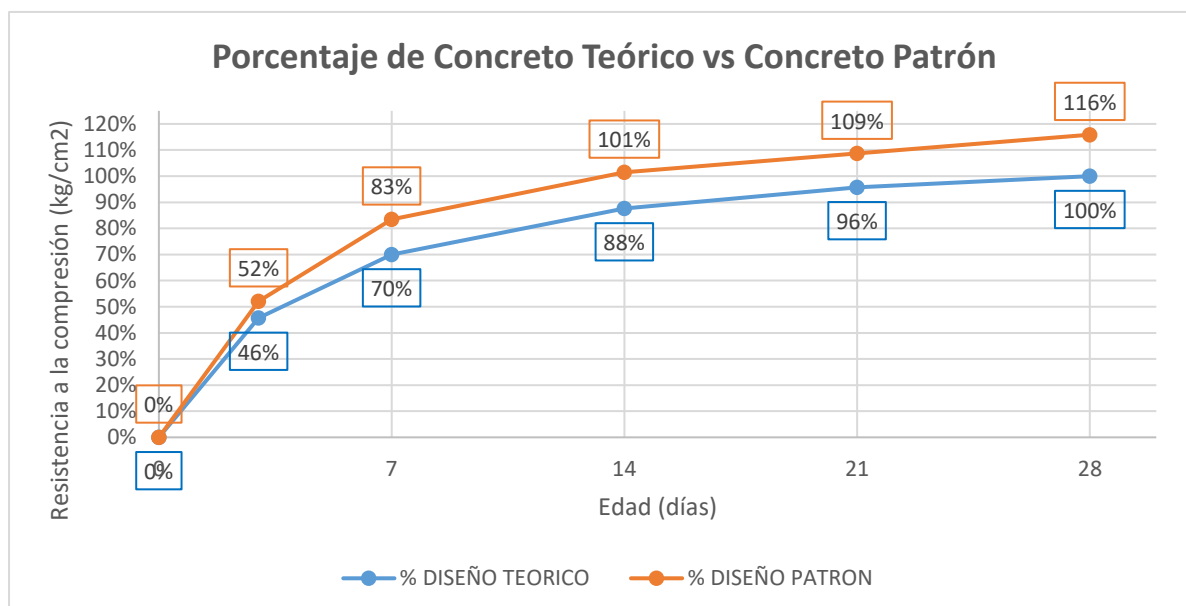
En la Gráfico N° 12, se muestra la curva tendencia de la resistencia del concreto teórico vs el concreto patrón en el tiempo de 28 días, siendo el concreto patrón una f'c = 243 kg/cm<sup>2</sup> teniendo un aumento del 16% con respecto al concreto teórico.

**Gráfico N° 12. Comparación de resistencia del concreto teórico vs concreto patrón de acuerdo al tiempo.**



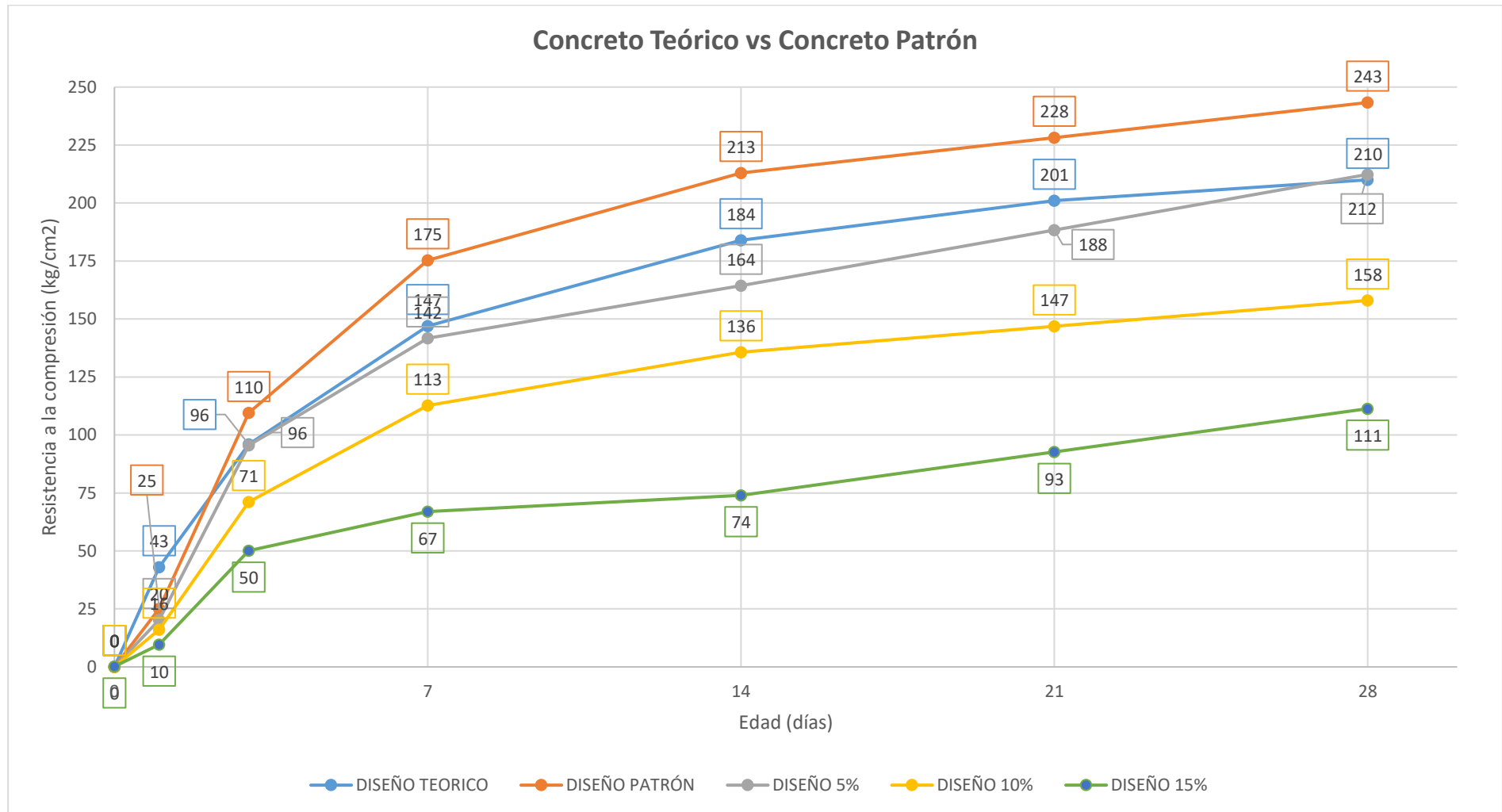
Por lo siguiente, se muestra en la Gráfico N° 13 una comparación entre los porcentajes obtenidos a las edades ensayadas del concreto teórico y el concreto patrón.

**Gráfico N° 13. Comparación de porcentaje de resistencia del concreto teórico vs concreto Patrón de acuerdo al tiempo**



En cuanto a los resultados de resistencia a compresión del concreto sustituyendo en porcentaje el agregado grueso y fino por plástico PET y corcho reciclado son comparados con el concreto patrón en la se muestran en la Gráfico N° 14.

**Gráfico N° 14.** Comparación de resistencia del concreto patrón vs el concreto diseño 5%, 10% y 15%.



**Fuente: Elaboración Propia**

### **Resistencia a la tracción por compresión diametral**

Este ensayo evalúa el nivel de adherencia entre la pasta y los agregados que conforma el concreto, así mismo como la relación que posee entre la resistencia a la compresión y tracción en función de la sustitución del agregado grueso y fino en porcentajes de 5%, 10% y 15% en las edades de 7, 14 y 28 días.

En cuanto a los resultados del ensayo de tracción del concreto patrón (ver Tabla N°34), se obtuvo una resistencia a la tracción promedio de 15 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 17 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 21 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, obteniendo el 10% de resistencia al concreto a la compresión.

**Tabla N°34. Resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Patrón resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

Diseño	Resistencia a la tracción indirecta del concreto Diseño Patrón		
	7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
N° de ensayos			
1	17.4	19.5	21.8
2	18.9	20.3	22.6
3	9.0	11.4	17.9
<b>Promedio</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>21</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

En la Gráfico N° 15 se muestra los resultados de la resistencia a la tracción del concreto patrón a edades de 7, 14 y 28 días.

**Gráfico N° 15. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Patrón resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**



**Fuente: Elaboración Propia**

En cuanto a los resultados del ensayo de tracción del concreto con 5% de sustitución del agregado (ver Tabla N°35), se obtuvo una resistencia a la tracción promedio de 14 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 18 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 22 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, obteniendo el 10.5% de resistencia a la compresión.

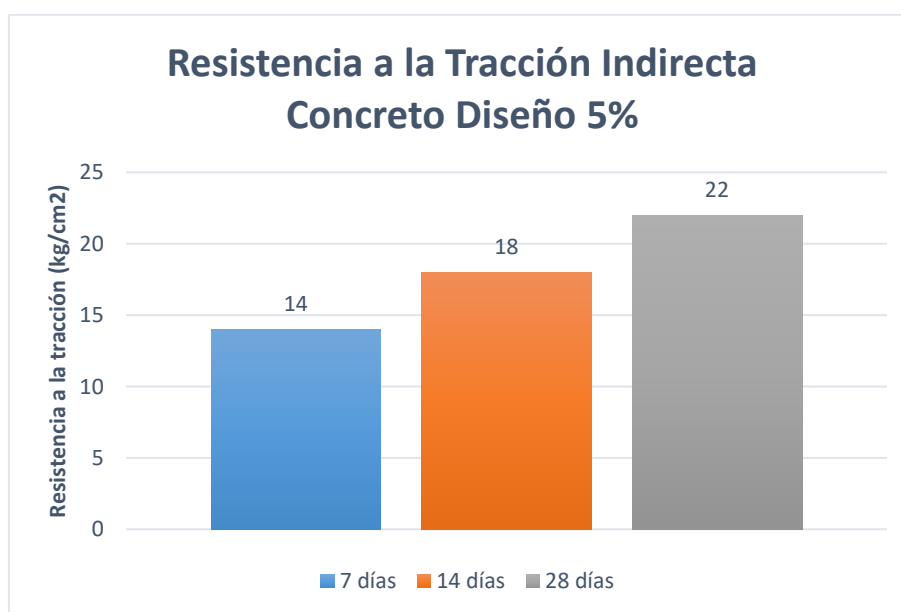
**Tabla N°35. Resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Diseño 5% resistencia  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Resistencia a la tracción indirecta del concreto diseño 5% sustituyendo el agregado en porcentaje en plástico PET y corcho reciclado</b>			
<b>Diseño</b>			
<b>N° de ensayos</b>	<b>7 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>14 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	16.10	18.05	23.43
2	15.63	18.17	21.39
3	9.48	16.54	21.04
Promedio	14	18	22

**Fuente: Elaboración Propia**

En la Gráfico N° 16 se muestra los resultados de la resistencia a la tracción del concreto diseño 5% de sustitución por el agregado a edades de 7, 14 y 28 días.

**Gráfico N° 16. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Diseño 5% resistencia  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>**



**Fuente Elaboración Propia**

En cuanto a los resultados del ensayo de tracción del concreto con 10% de sustitución del agregado (ver Tabla N°36), se obtuvo una resistencia a la tracción promedio de 11 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 12 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 29 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, obteniendo el 13.81% de resistencia a la compresión.

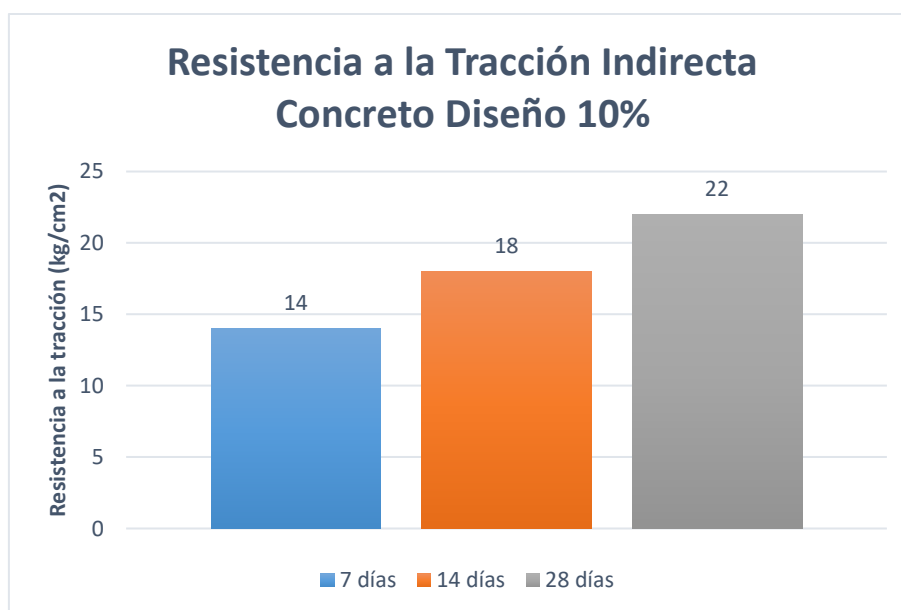
**Tabla N°36. Resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Diseño 10% resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Diseño	Patrón	Resistencia a la tracción indirecta del concreto diseño 10% sustituyendo el agregado en porcentaje en plástico PET y corcho reciclado		
		7 días	14 días	28 días
N° de ensayos		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
1		12.35	14.94	35.15
2		10.93	13.86	35.15
3		9.29	8.59	17.40
Promedio		11	12	29

**Fuente: Elaboración Propia**

En la Gráfico N° 17 se muestra los resultados de la resistencia a la tracción del concreto diseño 10% de sustitución por el agregado a edades de 7, 14 y 28 días.

**Gráfico N° 17. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Diseño 10% resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**



**Fuente Elaboración Propia**

En cuanto a los resultados del ensayo de tracción del concreto con 15% de sustitución del agregado (ver Tabla N°37), se obtuvo una resistencia a la tracción promedio de 11 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días, 13 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 14 días y una resistencia de 25 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, obteniendo el 7.14% de resistencia a la compresión.

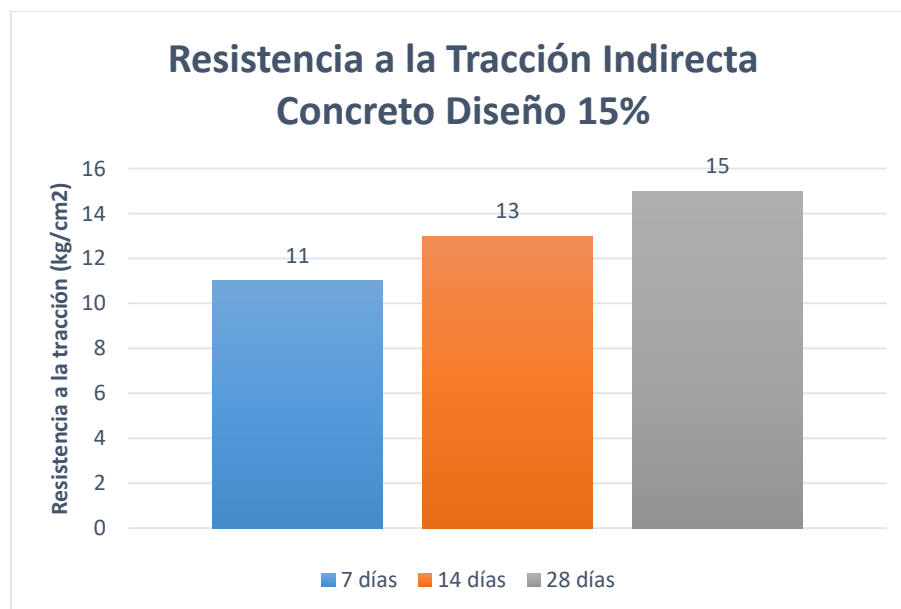
**Tabla N°37. Resistencia a la tracción indirecta en concreto  
Diseño 15% resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

<b>Diseño</b>	<b>Patrón</b>	<b>Sustitución del agregado fino y grueso por plástico PET y corcho reciclado</b>		
N° de ensayos	7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	11.46	12.62	12.86	
2	10.36	12.79	19.27	
3	9.91	13.62	12.31	
Promedio	11	13	15	

**Fuente: Elaboración Propia**

En la Gráfico N° 18 se muestra los resultados de la resistencia a la tracción del concreto diseño 10% de sustitución por el agregado a edades de 7, 14 y 28 días.

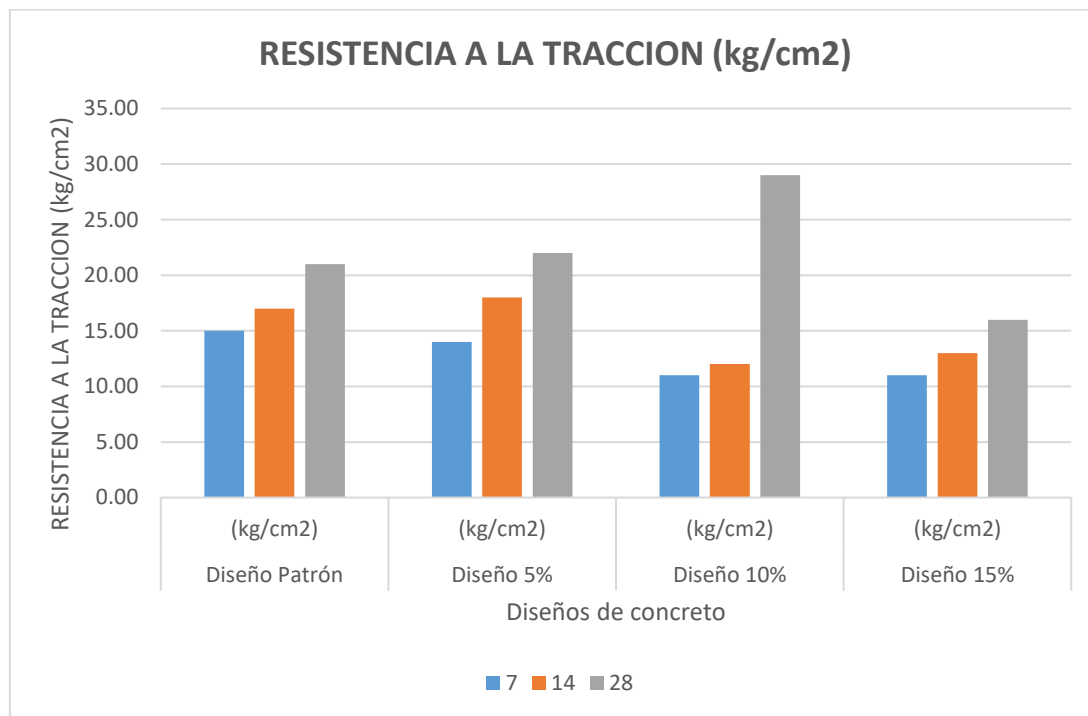
**Gráfico N° 18. Resistencia a la tracción indirecta en concreto Diseño 15%  
resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**



**Fuente: Elaboración Propia**

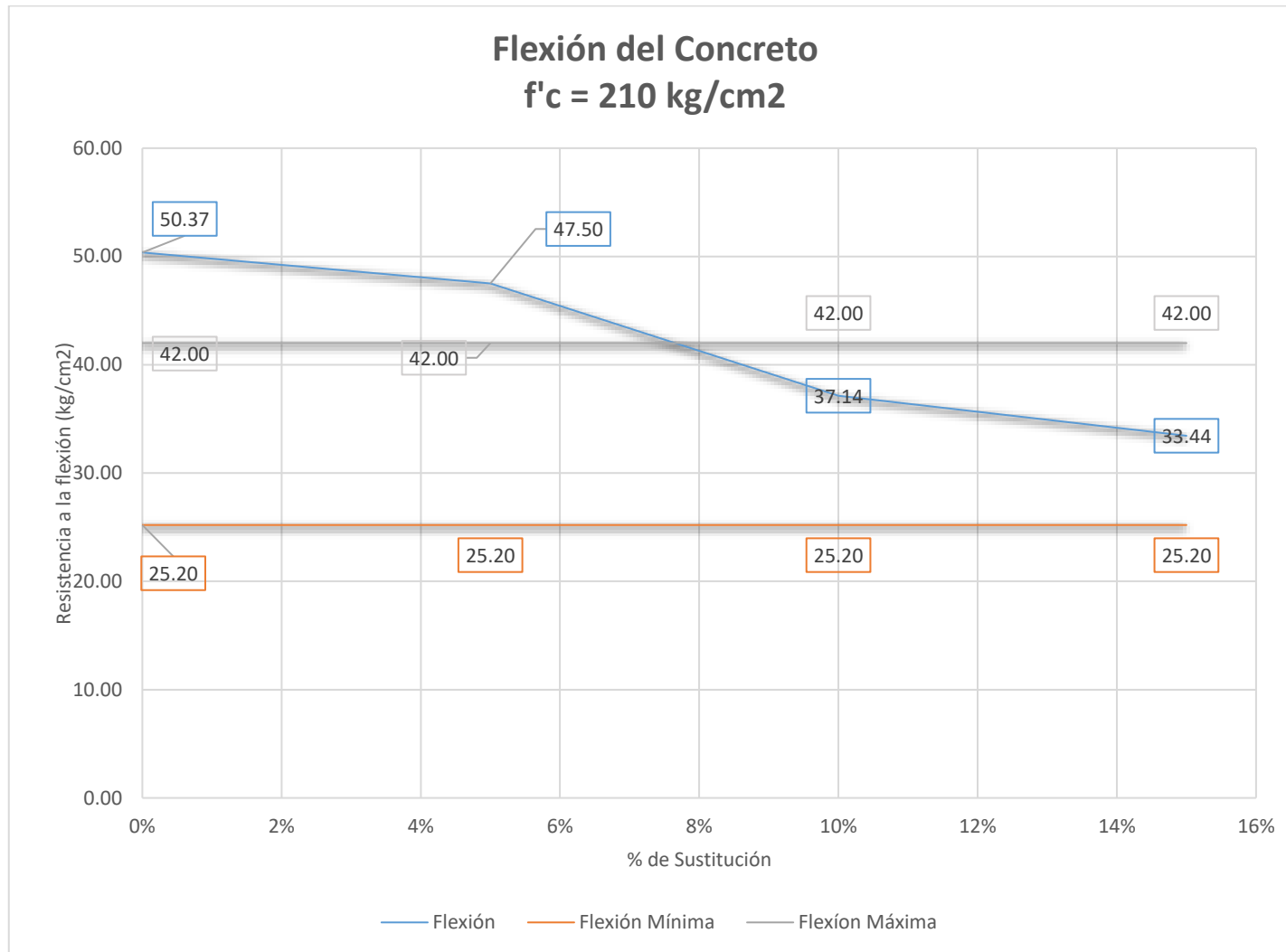
En la Gráfico N° 19 se muestra los resultados de la resistencia a la tracción del concreto diseño 10% de sustitución por el agregado a edades de 7, 14 y 28 días.

**Gráfico N° 19. Comparación de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón, diseño 5%, 10 y 15%.**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Gráfico N° 20.** Comparación de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón, diseño 5%, 10 y 15%.



**Fuente: Elaboración Propia**

**Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo**

Se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto a la edad de 28 días para cada porcentaje de sustitución de agregado fino y grueso.

La Tabla N°38 se presenta los resultados las muestras prismáticas de concreto según los diseños de concreto patrón y diseño 5%, 10% y 15%. El concreto patrón alcanzó un módulo de rotura de 50.37 kg/cm<sup>2</sup> comparándose con el concreto diseño del 5%, 10% y 15%.

Teniendo en cuenta que el Mf para f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> sería 31.5 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo, siendo el diseño patrón un Mf = 50.37 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto diseño 5%, 10% y 15% disminuye a un 47.50 kg/cm<sup>2</sup>, 37.14 kg/cm<sup>2</sup> y 33.44 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

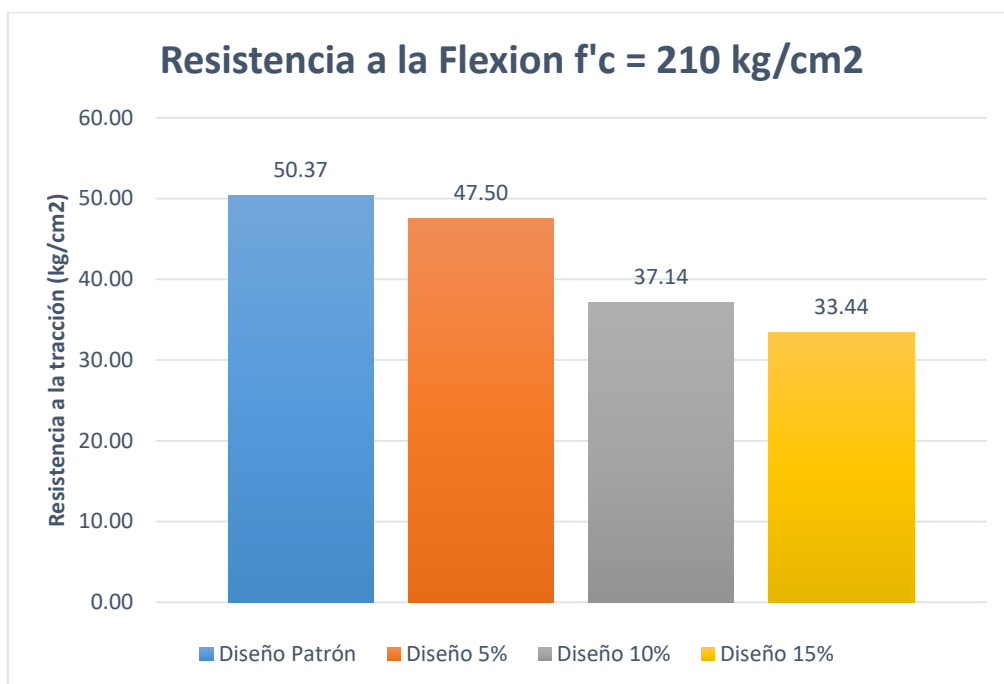
**Tabla N°38. Resistencia a flexión del concreto Patrón y diseño 5%, 10% y 15% a la edad de los 28 días**

Descripción	Edad	L	b	h	Cargas	Mf	Mf promedio
	(días)	(cm)	(cm)	(cm)	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Diseño Patrón</b>		53.40	15.40	15.40	3980	58.19	<b>50.37</b>
		50.20	15.00	15.00	2860	42.54	
<b>Diseño 5%</b>		50.20	15.00	15.00	3890	57.86	<b>47.50</b>
		50.20	15.00	15.00	3590	53.40	
		50.20	15.00	15.00	2100	31.24	
<b>Diseño 10%</b>	28	53.40	15.40	15.40	2560	37.43	<b>37.14</b>
		53.40	15.40	15.40	2520	36.85	
<b>Diseño 15%</b>		53.40	15.40	15.40	2670	39.04	<b>33.44</b>
		53.40	15.40	15.40	1930	28.22	
		50.50	15.00	15.00	2210	33.07	

**Fuente: Elaboración Propia**

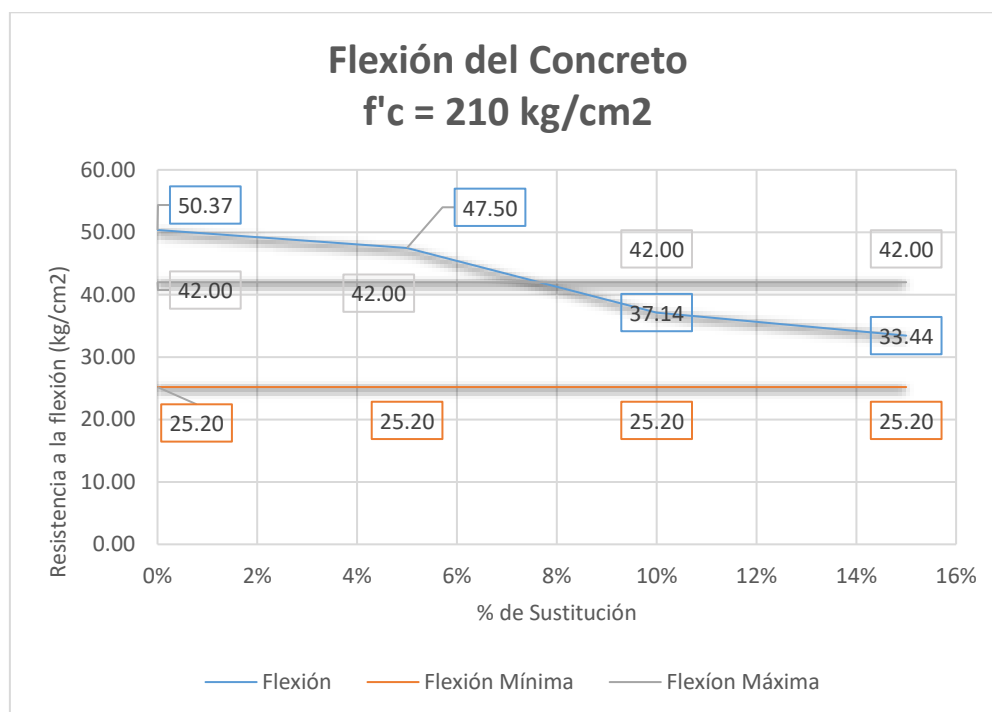
Como se muestra en la Gráfico N° 21, el diseño 5% disminuye en un 5.70%, el diseño 10% disminuye en un 26.27% y el diseño 15% disminuye 33.61%.

**Gráfico N° 21. Resistencia a flexión a los 28 días**



**Fuente: Elaboración Propia**

**Gráfico N° 22. Resistencia a flexión a los 28 días**



**Fuente: Elaboración Propia**

### ***Ensayo de resistencia a la Abrasión***

La resistencia a la abrasión depende de las cusas y los daños que ha experimentado el concreto por lo que es necesario llevar a cabo un ensayo de desgaste para evaluar. Es conocido que la resistencia a la abracion está relacionada a la resistencia a la compresión, a medida que aumenta la resistencia a la compresión, también mejora la resistencia a la abrasión.

La norma no establece límites específicos para los resultados obtenidos, ya que este ensayo de Abrasion se considera un método para evaluar la durabilidad.

Como se muestra en la Tabla N°39 el concreto patrón obtuvo un desgaste de 0.36% siendo el menor porcentaje de desgaste, el diseño 5% obtuvo un desgaste de 0.46% siendo el mayor porcentaje de desgaste, el diseño 10% y 15% obtuvieron un desgaste de 0.44% y 0.43% respectivamente.

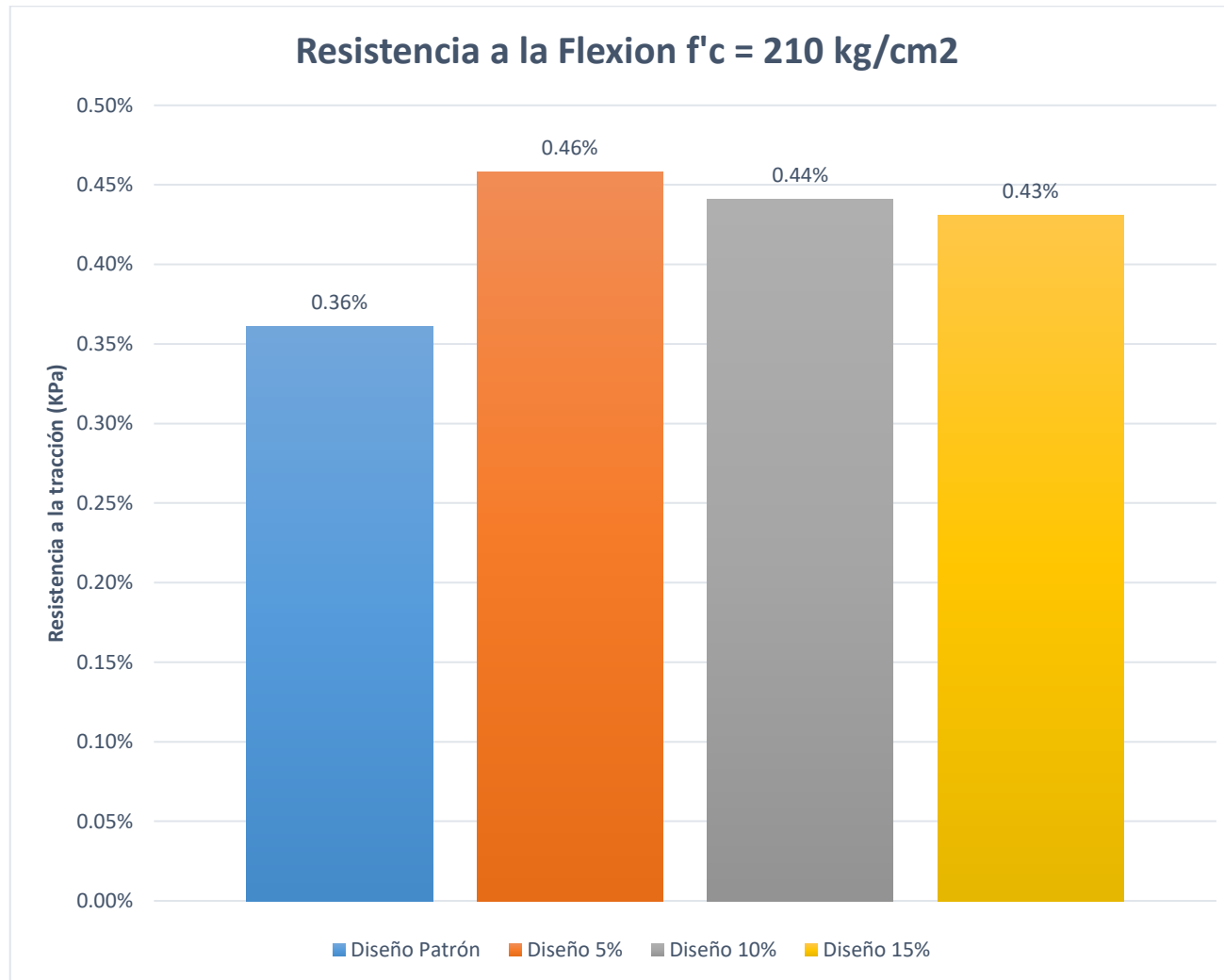
***Tabla N°39. Resistencia a la abrasión del concreto Patrón y diseño 5%, 10% y 15% a la edad de los 28 días***

Descripción		Edad	T	Ciclo	Desgaste	% Desgaste
f'c=	210 kg/cm2	(días)	(min)		(%)	(%)
Diseño Patrón		28	2	3	0.34	0.36
		28	2	3	0.47	
		28	2	3	0.27	
Diseño 5%		28	2	3	0.50	0.46
		28	2	3	0.43	
		28	2	3	0.44	
Diseño 10%		28	2	3	0.57	0.44
		28	2	3	0.32	
		28	2	3	0.43	
Diseño 15%		28	2	3	0.49	0.43
		28	2	3	0.37	
		28	2	3	0.43	

***Fuente: Elaboración Propia***

Como se muestra en la Gráfico N° 01, el diseño 5% aumento el desgaste en 27.78% representando el mayor desgaste, el diseño 10% aumento en 22.22% y el diseño 15% aumento en un 19.44% presenta el menor desgaste con respecto al diseño patrón.

**Gráfico N° 23.** *Resistencia a la abrasión del concreto Patrón y diseño 5%, 10% y 15% a la edad de los 28 días*



**Fuente:** *Elaboración Propia*

**Análisis del costo/eficiencia del concreto liviano con plástico PET y corcho reciclado**

Se llevaron a cabo ensayos en el concreto en su estado endurecido para evaluar sus propiedades al sustituir diferentes porcentajes de los agregados finos y gruesos por plástico PET y corcho reciclado, con el objetivo de comparar la relación costo/eficiencia.

En la Tabla N°40, se visualiza el desglose del análisis de precios unitarios del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el cual tiene un costo unitario de S/. 3880.7 (Trecientos ochenta y ocho con 07/100 soles).

**Análisis del costo unitario – concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

**Tabla N°40. Análisis de costo unitario concreto Patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

<b>CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'C = 210 KG/CM2</b>						
<b>m3/DÍA</b>	<b>MO. 27.00</b>	<b>EQ. 27.00</b>	<b>Costo unitario directo por: m3</b>			<b>388.07</b>
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unid ad</b>	<b>Cuadril la</b>	<b>Cantid ad</b>	<b>Precio S/. Parcial S/.</b>
<b>Mano de obra</b>						
OPERARIO			hh	2.0	0.5926	28.38 16.82
OFICIAL			hh	0.3	0.0889	22.32 1.98
PEÓN			hh	9.0	2.6667	20.21 53.89
						<b>72.69</b>
<b>Materiales</b>						
ARENA GRUESA			m3		0.2696	31.00 8.36
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"			m3		0.4051	67.00 27.14
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			BOL		8.6400	30.50 263.52
AGUA			m3		0.1880	10.00 1.88
						<b>300.9</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.0000	57.64 2.88
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"			hm	1.0	0.3200	17.50 5.6
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOS 23 HP 11-12 P3			hm	1.0	0.3200	18.75 6
						<b>14.48</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

**Análisis del costo unitario – concreto diseño 5% f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

En la Tabla N°41, se visualiza el desgajado del análisis de precios unitarios del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, el cual tiene un costo unitario de S/. 420.31 (Cuatrocientos veinte con 31/100 soles).

**Tabla N°41. Análisis de costo unitario concreto Diseño 5% f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

<b>CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO 5 %</b>						
<b>AGREGADOS (PLÁSTICO PET Y CORCHO)</b>						
<b>m3/DÍA</b>	<b>MO. 27.00</b>	<b>EQ. 27.00</b>	<b>Costo unitario directo por: m3</b>			<b>420.31</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de obra</b>						
OPERARIO	hh	2.0	0.5926	28.38	16.82	
OFICIAL	hh	0.3	0.0889	22.32	1.98	
PEÓN	hh	9.0	2.6667	20.21	53.89	
						<b>72.69</b>
<b>Materiales</b>						
ARENA GRUESA	m3		0.2575	31.00	7.98	
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3950	67.00	26.47	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BOL		8.6381	30.50	263.46	
AGUA	m3		0.1884	10.00	1.88	
CORCHO	kg		2.9300	5.00	14.65	
PLÁSTICO PET	kg		3.7400	5.00	18.7	
						<b>333.14</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	57.64	2.88	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.0	0.3200	17.50	5.6	
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOS 23 HP 11-12 P3	hm	1.0	0.3200	18.75	6	
						<b>14.48</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

**Análisis del costo unitario – concreto diseño 10%  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

En la Tabla N°42, se visualiza el desagregado del análisis de precios unitarios del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el cual tiene un costo unitario de S/. 452.98 (Cuatrocientos cincuenta y dos con 98/100 soles).

**Tabla N°42. Análisis de costo unitario concreto Diseño 10%  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

<b>CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO 10 %</b>						
<b>AGREGADOS (PLÁSTICO PET Y CORCHO)</b>						
<b>m3/DÍA</b>	<b>MO. 27.00</b>	<b>EQ. 27.00</b>	<b>Costo unitario directo por: m3</b>			<b>452.98</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de obra</b>						
OPERARIO	hh	2.0	0.5926	28.38	16.82	
OFICIAL	hh	0.3	0.0889	22.32	1.98	
PEÓN	hh	9.0	2.6667	20.21	53.89	
						<b>72.69</b>
<b>Materiales</b>						
ARENA GRUESA	m3		0.2509	31.00	7.78	
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3848	67.00	25.78	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BOL		8.6381	30.50	263.46	
AGUA	m3		0.1889	10.00	1.89	
CORCHO	kg		5.8800	5.00	29.4	
PLÁSTICO PET	kg		7.5000	5.00	37.5	
						<b>365.81</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	57.64	2.88	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.0	0.3200	17.50	5.6	
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOS 23 HP 11-12 P3	hm	1.0	0.3200	18.75	6	
						<b>14.48</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

**Análisis del costo unitario – concreto diseño 1% f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

En la Tabla N°43, se visualiza el desgajado del análisis de precios unitarios del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, el cual tiene un costo unitario de S/. 485.40 (Cuatrocientos ochenta y cinco con 40/100 soles).

**Tabla N°43. Análisis de costo unitario concreto Diseño 15% f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

<b>CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO 15 %</b>						
<b>AGREGADOS (PLÁSTICO PET Y CORCHO)</b>						
<b>m3/DÍA</b>	<b>MO. 27.00</b>	<b>EQ. 27.00</b>	<b>Costo unitario directo por: m3</b>			<b>485.40</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de obra</b>						
OPERARIO	hh	2.0	0.5926	28.38	16.82	
OFICIAL	hh	0.3	0.0889	22.32	1.98	
PEÓN	hh	9.0	2.6667	20.21	53.89	
					<b>72.69</b>	
<b>Materiales</b>						
ARENA GRUESA	m3		0.2443	31.00	7.57	
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3747	67.00	25.11	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BOL		8.6381	30.50	263.46	
AGUA	m3		0.1893	10.00	1.89	
CORCHO	kg		8.8100	5.00	44.05	
PLÁSTICO PET	kg		11.2300	5.00	56.15	
					<b>398.23</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	57.64	2.88	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.0	0.3200	17.50	5.6	
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOS 23 HP 11-12 P3	hm	1.0	0.3200	18.75	6	
					<b>14.48</b>	

**Fuente: Elaboración Propia**

En la Tabla N°44, se aprecia el análisis de costo unitario de cada tipo de concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, determinándose que existe un aumento de precio en la elaboración del concreto sustituyendo de acuerdo con el porcentaje de sustitución de los agregados por plástico PET y corcho reciclado.

**Tabla N°44. Resumen de Análisis de Costo Unitario del Concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.**

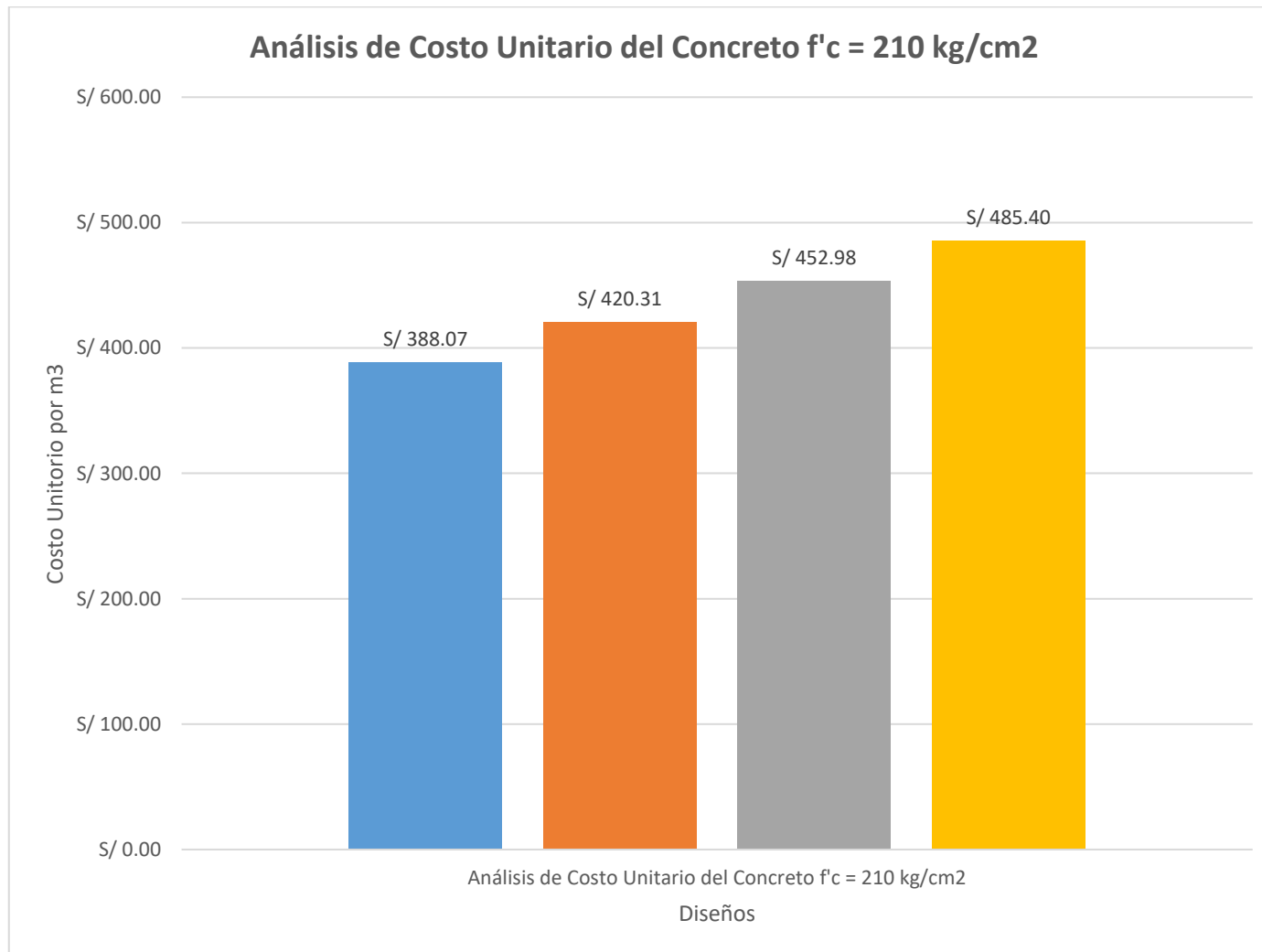
Análisis de Costo Unitario del Concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>				
ÍTEM	Patrón	Sustitución del agregado fino y grueso por plástico PET y corcho reciclado		
		Diseño	Diseño	Diseño
MO (m <sup>3</sup> /día)	Diseño Patrón	Diseño 5%	Diseño 10%	Diseño 15%
27.00	S/ 388.07	S/ 420.31	S/ 452.98	S/ 485.40

**Fuente: Elaboración Propio**

La Gráfico N° 01, determina la siguiente:

- Para el concreto Diseño 5% (sustituyendo el 5% de los agregados por plástico PET y corcho reciclado), el costo aumenta en S/. 32.24 (Treinta y dos con 24/100 soles).
- Para el concreto Diseño 10% (sustituyendo el 10% de los agregados por plástico PET y corcho reciclado), el costo aumenta en S/. 64.91 (Sesenta y cuatro con 91/100 soles).
- Para el concreto Diseño 15% (sustituyendo el 15% de los agregados por plástico PET y corcho reciclado), el costo aumenta en S/. 97.33 (Noventa y siete con 33/100 soles).

**Gráfico N° 24. Resumen de Análisis de Costo Unitario del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**



**Fuente: Elaboración Propio**

*Evaluación de impacto ambiental*

**Tabla N°45. Matriz de identificación de los impactos ambientales del concreto patrón.**

<b>IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>		<b>EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CON PLÁSTICO Y CORCHO RECICLADO PARA LA EJECUCIÓN DE LOSAS ARMADAS.</b>						
		<b>CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'c = 210 KG/CM2</b>						
		<b>EXTRACCIÓN DEL AGREGADO</b>		<b>MATERIA PRIMA DEL CONCRETO</b>			<b>PRODUCCIÓN DE CONCRETO</b>	
		<b>EXPLOTACION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>	<b>TRANSPORTE DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>	<b>AGREGADO FINO Y GRUESO</b>	<b>AGUA POTABLE</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>MEZCLADO DE CONCRETO</b>	<b>ACUMULACION DE CONCRETO SOBRANTE</b>
<b>F A C T O R E S  A M B I E N T A L E S</b>	<b>AIRE</b>							
	<b>EMISIÓN DE GASES</b>							
	<b>PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN</b>							
	<b>NIVEL DE RUIDO</b>							
	<b>AGUA</b>							
	<b>AGUA POTABLE</b>							
	<b>SUELO</b>							
	<b>CAMBIO DE USO</b>							
	<b>MORFOLOGÍA</b>							
	<b>CALIDAD DE SUELO</b>							
	<b>FLORA</b>							
	<b>ÁRBOLES, ARBUSTOS Y OTROS</b>							
	<b>CALIDAD VISUAL</b>							
	<b>PAISAJE URBANO</b>							
	<b>FACTOR SOCIOECONÓMICO</b>							
	<b>EMPLEO</b>							
	<b>TRANSPORTE</b>							
	<b>COMERCIO</b>							
	<b>UTILIZACIÓN MOMENTANEA DE</b>							
	<b>SALUD</b>							
<b>SALUD</b>								
<b>FAUNA</b>								
<b>INSECTOS</b>								
<b>AVES</b>								
<b>ANIMALES TERRESTRES</b>								

*Fuente: Elaboración Propia*

<b>LEYENDA</b>	
<b>IMPACTO POSITIVO</b>	
<b>IMPACTO NEGATIVO</b>	
<b>HO HAY IMPACTO</b>	

Evaluación de impacto ambiental del concreto Diseño 5, 10 y 15%

Tabla N°46. Matriz de identificación de los impactos ambientales del concreto con sustitución del 5, 10 y 15%.

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES		EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CON PLÁSTICO Y CORCHO RECICLADO PARA LA EJECUCIÓN DE LOSAS ARMADAS.																
		CONCRETO EN LOSAS ARMADAS F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO 5 %, 10 y 15% DE LOS AGREGADOS (PLASTICO PET Y CORCHO)																
		EXTRACCIÓN DEL AGREGADO		ABASTECIMIENTO DEL PLASTICO PET			ABASTECIMIENTO DEL PLASTICO CORCHO				MATERIA PRIMA DEL CONCRETO				PRODUCCION DE CONCRETO			
		EXPLOTACION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	TRANSPORTE DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	BASURA CON PLASTICO PET	RECOLECCION DEL BOTTELLAS D PLASTICO PET	TRITURACION DE BOTTELLAS D PLASTICO PET	TRASLADO DE BOTTELLAS DE PLASTICO PET	BASURA CON CORCHO	RECOLECCION DEL BOTTELLAS DEL CORCHO	TRITURACION DE BOTTELLAS DEL CORCHO	TRASLADO DE BOTTELLAS DEL CORCHO	AGREGADO FINO Y GRUESO	AGUA POTABLE	CEMENTO	PET	CORCHO	MEZCLADO DE CONCRETO	ACUMULACION DE CONCRETO SOBANTE
FACTORES AMBIENTALES	AIRE																	
	EMISIÓN DE GASES																	
	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN																	
	NIVEL DE RUIDO																	
	AGUA																	
	AGUA POTABLE																	
	SUELO																	
	CAMBIO DE USO																	
	MORFOLOGÍA																	
	CALIDAD DE SUELO																	
	FLORA																	
	ÁRBOLES, ARBUSTOS Y OTROS																	
	CALIDAD VISUAL																	
	PAISAJE URBANO																	
	FACTOR SOCIOECONÓMICO																	
	EMPLEO																	
	TRANSPORTE																	
	COMERCIO																	
	UTILIZACIÓN MOMENTANEA DE VIAS																	
	FACTOR SOCIOECONÓMICO																	
SALUD																		
FAUNA																		
INSECTOS																		
AVES																		
ANIMALES TERRESTRES																		

Fuente: Elaboración propia

Una vez terminada la evaluación de factores ambientales identificado en positivos, negativos y sin impacto, se podrá tener una visión más clara para la matriz de Leopold

**Tabla N°47. Matriz de Leopold – Concreto Patrón (Matriz 1).**

MAGNITUD	EVALUACION DE LA DOSIFICACION DE CONCRETO CON PLASTICO Y CORCHO RECICLADO PARA LA EJECUCIÓN DE LOSAS ARMADAS. PREPARACION DEL CONCRETO									MAGNITUD (+/-)	P R O G R A M A T I V O
	EXTRACCION DEL AGREGADO		MATERIA PRIMA DEL CONCRETO			PRODUCCION DE CONCRETO			IMPORTANCIA (+/-)		
	EXPLOTACION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	TRANSPORTE DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	AGREGADO FINO Y GRUESO	AGUA POTABLE	CEMENTO	MEZCLADO DE CONCRETO	ACUMULACION DE CONCRETO SOBRENTE	TRANSPORTE DE DESMONTH			
	IMPORTANCIA										
AIRE											
EMISIÓN DE GASES	-9	-8				-6		-8	-31	-248	
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN	-9	-8	-6		-6	-6		-5	-40	-310	
NIVEL DE RUIDO	-6	-8				-8		-8	-30	-240	
AGUA											
AGUA POTABLE				9		-1			8	72	
SUELO											
CAMBIO DE USO	-10								-10	-80	
MORFOLOGÍA	-10								-10	-80	
CALIDAD DE SUELO	-10								-10	-80	
FLORA											
ÁRBOLES, ARBUSTOS Y OTROS	-10								-10	-80	
CALIDAD VISUAL											
PAISAJE URBANO			-5				-6		-11	-50	
FACTOR SOCIOECONÓMICO											
EMPLEO	8	8				8		8	32	256	
TRANSPORTE	8	8	8		-5	8		8	35	295	
COMERCIO	8	8						8	24	192	
UTILIZACIÓN MOMENTANEA DE VIAS		-8	-5					8	-5	-25	
SALUD											
SALUD	-5	-1				-6		-1	-13	-63	
FAUNA											
INSECTOS	-10								-10	-80	
AVES	-10								-10	-80	
ANIMALES TERRESTRES	-10								-10	-80	
MAGNITUD (+/-)	-75	-9	-8	9	-11	-11	-6	10		-681	
IMPORTANCIA	109	57	25	9	13	55	5	55			
PROMEDIO	-585	-65	-29	81	-73	-77	-30	97	-681	OK	

*Fuente Elaboración Propia*

Tabla N°48. Matriz de Leopold – Concreto Diseño 5, 10 y 15% (Matriz 2).

MAGNITUD	EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CON PLÁSTICO Y CORCHO RECICLADO PARA LA EJECUCIÓN DE LOSAS ARMADAS.																		MAGNITUD (+/-)	PROGRAMATIVO
	PREPARACION DEL CONCRETO																			
	EXTRACCION DEL AGREGADO		ABASTECIMIENTO DEL PLASTICO PET				ABASTECIMIENTO DEL PLASTICO CORCHO				MATERIA PRIMA DEL CONCRETO				PRODUCCION DE CONCRETO					
	EXPLIOTACION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	TRANSPORTE DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	BASURA CON PLASTICO PET	RECOLECIÓN DEL BOTELLA DE PLASTICO PET	TRITURACION DE BOTELLAS DE PLASTICO PET	TRASLADO DE BOTELLAS DE PLASTICO PET	BASURA CON CORCHO	RECOLECIÓN DEL BOTELLA DEL CORCHO	TRITURACION DE BOTELLAS DEL CORCHO	TRASLADO DE BOTELLAS DEL CORCHO	AGREGADO FINO Y GRUESO	AGUA POTABLE	CEMENTO	PET	CORCHO	MEZCLADO DE CONCRETO	ACUMULACION DE CONCRETO SOBANTE	TRANSPORTE DE DESMONTE		
AIRE																				
EMISIÓN DE GASES	-9	-8	-2	2			-2	2							-6	8	-8	-35	36	-256
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN	-9	-8	8							-4	8	-6	8		-6	8	-5	-38	46	-294
NIVEL DE RUIDO	-6	-8	8		-2	-1	-1		-2	-1	-1				-8	8	-8	-36	26	-230
AGUA																				
AGUA POTABLE											9	9		-5	-1	9		3	23	47
SUELO																				
CAMBIO DE USO	-10	8																-10	8	-80
MORFOLOGÍA	-10	8																-10	8	-80
CALIDAD DE SUELO	-10	8																-10	8	-80
FLORA																				
ÁRBOLES, ARBUSTOS Y OTROS	-10	8																-10	8	-80
CALIDAD VISUAL																				
PAISAJE URBANO										-5	4					-6	5	-11	9	-50
FACTOR SOCIOECONÓMICO																				
EMPLEO	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	80	80	640
TRANSPORTE	8	8	8	-5	5	8	8	-5	5	8	8	-5	-2	-2	8	8	8	37	81	353
COMERCIO	8	8	8	2	7	8	8	2	7	8	8	5	5	5	8	8	8	42	42	298
UTILIZACIÓN MOMENTÁNEA DE VIAS		-8	8							-5	5						8	-5	21	-25
SALUD																				
SALUD	-5	-1	-2	2			-2	2							-6	6	-1	-17	17	-71
FAUNA																				
INSECTOS	-10	8																-10	8	-80
AVES	-10	8																-10	8	-80
ANIMALES TERRESTRES	-10	8																-10	8	-80
MAGNITUD (+/-)	-75	-9	-4	5	13	15	-4	5	13	15	-6	9	-11	-2	-7	-11	-6	10		
IMPORTANCIA	109	57	4	15	13	15	4	15	13	15	25	9	13	5	10	55	5	55		-148
PROMEDIO	-585	-65	-8	43	117	129	-8	43	117	129	-13	81	-73	-10	-35	-77	-30	97	-148	OK

Fuente Elaboración Propia

Como se aprecia en la matriz de Leopold se obtiene la siguiente matriz valor:

- Para la matriz 1, se obtiene un valor de -681.
- Para la matriz 2, se obtiene un valor de -148

Resultado de un impacto menor debido a los impactos positivos que tiene el uso del plástico PET y corcho reciclado como elemento sustituyente del agregado en porcentajes de 5, 10 y 15% como se muestra en la Tabla N°49

**Tabla N°49. Diferencia de promedios negativos de acuerdo a la matriz de Leopold.**

ÍTEM	PROMEDIO NEGATIVO		Diferencia
	Concreto con sustitución	Concreto Patrón	
<b>AIRE</b>			
EMISIÓN DE GASES	-256	-248	8
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN	-294	-310	-16
NIVEL DE RUIDO	-230	-240	-10
<b>AGUA</b>			
AGUA POTABLE	47	72	25
<b>SUELO</b>			
CAMBIO DE USO	-80	-80	0
MORFOLOGÍA	-80	-80	0
CALIDAD DE SUELO	-80	-80	0
<b>FLORA</b>			
ÁRBOLES, ARBUSTOS Y OTROS	-80	-80	0
<b>CALIDAD VISUAL</b>			
PAISAJE URBANO	-50	-50	0
<b>FACTOR SOCIOECONÓMICO</b>			
EMPLEO	640	256	-384
TRANSPORTE	353	295	-58
COMERCIO	298	192	-106
UTILIZACIÓN MOMENTÁNEA DE VÍAS	-25	-25	0
<b>SALUD</b>			
SALUD	-71	-63	8
<b>FAUNA</b>			
INSECTOS	-80	-80	0

	AVES	-80	-80	0
	ANIMALES TERRESTRES	-80	-80	0
	<b>TOTAL =</b>	<b>-148</b>	<b>-681</b>	<b>-533</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Además, que se disminuye la magnitud en el uso del agregado fino y grueso, de un valor de -6 a -4 en el factor de partículas en suspensión debido a que disminuye la cantidad de volumen de agregado para poder realizar el diseño de mezcla.

**Tabla N°50. Acciones con mayor y menor riesgo.**

<b>ACCIONES MAS AGRESIVAS</b>		
<b>Concreto Patrón</b>	Explotación del agregado fino y grueso	-585
	Mezclado de concreto	-77
<b>Concreto con sustitución</b>	Explotación del agregado fino y grueso	-585
	Mezclado de concreto	-77
<b>ACCIONES MENOS AGRESIVAS</b>		
<b>Concreto Patrón</b>	Transporte de desmonte	97
	Agua potable	81
<b>Concreto con sustitución</b>	Traslado de botellas de plástico PET y corcho	129
	Trituración del Plástico PET y corcho	117

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N°51. Factores con mayor y menor riesgo.**

<b>FACTORES MAS AGRESIVAS</b>		
<b>Concreto Patrón</b>	Partículas en suspensión	-310
	Emisiones de gases	-248
<b>Concreto con sustitución</b>	Partículas en suspensión	-294
	Emisiones de gases	-256
<b>FACTORES MENOS AGRESIVAS</b>		
<b>Concreto Patrón</b>	Transporte	295
	Empleo	256
<b>Concreto con sustitución</b>	Empleo	640
	Transporte	353

*Fuente: Elaboración Propia*

## Conclusiones

Desarrollado, la parte teórica, metodológica y de resultados del presente trabajo de investigación, el cual tuvo como objetivo principal **determinar las propiedades mecánicas de la dosificación de concreto liviano con plástico PET y corcho reciclado para la ejecución de losas armadas**, con bases en los resultados obtenidos por la serie de ensayos que se han propuesto en esta investigación se concluyen con lo siguiente:

- Para el objetivo “Analizar las propiedades mecánicas del concreto liviano sustituyendo el agregado en porcentajes por plástico PET y corcho reciclado”, se realizan con éxito los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión. Mostrando como resultados para el ensayo a la compresión el diseño 5% obtuvo resultados favorables, al contrario de los diseños 10% y 15%; para los ensayos de tracción y flexión cumple con la resistencia requerida para un concreto estructural
- Para el objetivo “**Realizar el Ensayo de Resistencia a Compresión Simple, a través del ensayo de compresión de probetas cilíndricas de 15x30 cm**”, con base en los resultados obtenido, se observa una disminución progresiva en la resistencia a la compresión conforme aumenta el porcentaje de sustitución con plástico PET y corcho. El diseño patrón alcanzo una resistencia de 233.33 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el diseño con un 5% de sustitución presento una reducción de 31 kg/cm<sup>2</sup>. Esta tendencia descendente se acentuó con el 10% de sustitución, disminuyendo un 85.33 kg/cm<sup>2</sup> y aún más pronunciada con el 15% obteniendo una disminución del 132.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- Para el objetivo “**Realizar el Ensayo De Tracción Por Compresión Diametral**”, los resultados del ensayo de tracción por compresión diametral muestran variaciones en la resistencia en función del porcentaje de sustitución de los agregados con plástico PET y corcho. El diseño patrón alcanzo una resistencia de 21 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el diseño con un 5% de sustitución muestra una ligera mejora, alcanzando 22 kg/cm<sup>2</sup>. El diseño con un 10% de sustitución presento un aumento significativo en la resistencia, registrando 29 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, al aumenta la sustitución al 15%, la resistencia disminuyo a 16 kg/cm<sup>2</sup>.
- Para el objetivo “**Realizar el ensayo de Resistencia a la Abrasión**”, los resultados de resistencia a la Abrasion indican un incremento en el desgaste conforme aumenta el porcentaje de sustitución del agregado con plástico PET y corcho reciclado en comparación con el diseño patrón. El diseño patrón presento un menor desgaste, con un 0.36%. Al aumentar la sustitución al 5%, el desgaste aumento un 0.46%. sin embargo,

en los diseños con 10% y 15% de sustitúan, los valores de desgaste fueron de 0.44% y 0.43% respectivamente, lo que indica una ligera mejora. Estos resultados siguieren que, aunque la sustitución afecta la resistencia a la abrasión, el impacto es más moderado a partir del 10%

- Para el objetivo “**Realizar el Ensayo De Consistencia Del Concreto**”, los resultados del ensayo muestran una reducción significativa en el asentamiento conforme aumenta el porcentaje de sustitución de los agregados con plástico PET y corcho reciclado. El diseño patrón registro un asentamiento de 3.75”, mientras que el diseño con un 5% mostro una ligera disminución a 3.5”. sin embargo, en los diseños con 10% y 15%, el asentamiento re redujo a 2” y 0” respectivamente, indicante una pérdida total de trabajabilidad. Estos resultados siguieren que la sustitúan de agregados reduce la fluidez del concreto, afectando su manejabilidad.
- Para el objetivo “**Presupuestar el costo/eficiencia de la fabricación del concreto liviano con plástico**”, el análisis de costo/eficiencia muestra un incremento en el costo de fabricación del concreto liviano conforme aumenta el porcentaje de sustitución de agregados con plástico PET y corcho reciclado. El diseño patrón presentó el costo más bajo, con S/. 388.07. Al aumentar la sustitución, el costo se eleva, para el diseño con un 5% aumenta S/. 32.24 soles y continúan incremento a S/. 64.91 para el 10%. Finalmente, el diseño con un 15% alcanzo el costo más alto, aumentando en S/. 97.33.
- Para el objetivo “**Garantizar un diseño de mezcla de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y una densidad menor de 2400 kg/m<sup>3</sup>, con plástico PET y corcho reciclado**”, los resultados del diseño muestran que es posible reducir la densidad del concreto utilizando plástico PET y corcho reciclado, presentando una densidad menor de 2400 kg/m<sup>3</sup> con la sustitución de un 5% disminuyo a 2255.7 kg/m<sup>3</sup>, y continua disminuyendo a 2240.11 kg/m<sup>3</sup> para una sustitución de un 10% y logrando la densidad de 2240.11 kg/m<sup>3</sup> siendo la más baja con una sustitución de 15%,
- Para el objetivo “**Determinar el impacto del uso del plástico PET y corcho reciclado en el uso del diseño de mezcla**”, la finalidad de la investigación es determinar su influencia como agregado sustituyente al diseño de mezcla para un concreto liviano de uso estructural, mostrando que se puede optimizar la construcción de losas, utilizando las dosificaciones en el concreto con 5% de sustitución por plástico PET y corcho reciclado como sustituyente del agregado fino y grueso.

## Recomendaciones

- Se recomienda que el corcho triturado tenga una granulometría inferior a 4.75 mm. Además, se sugiere humedecer el corcho de manera superficial para preservar la trabajabilidad del concreto en su estado plástico. En cuanto al PET, es fundamental que esté libre de impurezas orgánicas, ya que estas pueden afectar negativamente la resistencia del concreto, disminuyendo  $f'_c$ .
- Se recomienda realizar un ensayo de asentamiento para ajustar adecuadamente la cantidad de agua en la mezcla. Los resultados indican que la resistencia del concreto disminuyó a medida que el asentamiento se reduce a cero. Esto podría deberse a la absorción de agua por el corcho o por la sustitución del agregado fino segundo el porcentaje de reemplazo. Por lo tanto, es importante controlar la relación agua/cemento y considerar el uso de aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad y compensar la absorción adicional. Además, se sugiere evaluar el pretratamiento del corcho para reducir su capacidad de absorción y minimizar el impacto negativo.
- Se recomienda la sustitución de los agregados al porcentaje del 5%, ya que este diseño cumple con los requisitos de resistencia a la compresión, tracción y flexión, además su durabilidad parecida a un concreto convencional y una trabajabilidad adecuada para la elaboración de losas armadas.

## Referencias

- [1 Grupo RPP, «El 80% de las viviendas en el Perú son informales y serían vulnerables ante un terremoto.,» *Diario RPP*, pp. 1-2, 23 Junio 2021.
- [2 AC ARQUITECTOS, «La construcción informal en el Perú,» 06 Noviembre 2021.
- [3 BBC NEWS MUNDO, «¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico?,» 26 Agosto 2014.
- [4 J. Flores, S. Alcalde, M. Canales y M. Chwastyk, «El palpitante Cinturón de Fuego,» *NATIONAL GEOGRAPHIC*, 19 Febrero 2020.
- [5 Corresponsables, «Perú Corresponsables,» 4 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://peru.corresponsables.com/actualidad/medio-ambiente/sector-corcho-economia-circular>.
- [6 E. M. Sánchez García, Artist, *Hormigón Ligero con Nanosílice y Áridos de Plástico y Corcho Reciclados (Tesis para doctorado, Universidad Politécnica de Cartagena)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2019.
- [7 J. R. Pinedo Pérez, Artist, *Estudio De Resistencia A La Compresión Del Concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de tarapoto, 2018 (Tesis para titulación, Universidad Nacional de San Martín)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2019.
- [8 L. G. Ramos Valer, Artist, *Comparación de la influencia del uso de Ichu (Stipa Ichu) con Nylon en la resistencia a tracción indirecta y a la flexión del concreto en Arequipa (Tesis para titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2020.
- [9 R. Damiano Pareja y W. Quispe Cervantes, Artists, *Concreto con plástico reciclado y su influencia en la calidad en elementos estructurales para viviendas de 2 pisos Abancay, 2021 (Tesis para titulación, Universidad César Vallejo)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2021.
- [10 P. I. Flores León, Artist, *Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019 (Tesis para titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2019.

- [1 L. D. Idrogo Ruiz y A. L. Taica Marquez, Artists, *Evaluación de las propiedades mecánicas 1] del adoquín de concreto con la adición de residuos PET en Pavimentos articulados, Lambayeque 2023 (Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo)*. [Art]. Repositorio Institucional, 2024.
- [1 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma E.060 Concreto Armado - 2] Reglamento Nacional de Edificaciones,» 29 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view>.
- [1 S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese y J. Tanesi, Diseño y Control de Mezcla de 3] Concreto, vol. I, Skokie, Illinois: Portland Cement Association, 2004.
- [1 Universidad Nacional de Ingeniería, Concreto Armado I, Lima: Facultad de Ingeniería 4] Civil, 2012.
- [1 Concreto Sólido de México, «Concreto Estructural,» 9 Octubre 2020. [En línea]. Available: 5] <https://www.concretosolido.mx/concreto-estructural/>.
- [1 «NTP 334.001:2022 – CEMENTOS. Terminología relacionada al cemento hidráulico y 6] otros cementos inorgánicos,» 24 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [1 «NTP 334.009:2023 – CEMENTOS. Cementos Portald. Requisitos,» 15 Enero 2024, 15 de 7] enero. [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [1 NTP 334.090:2024 – CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados. Requisitos., 8] Novena ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2024, 17 de junio.
- [1 NTP 334.082:2024 – CEMENTOS. Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño, Sexta 9] ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2023, 24 de julio.
- [2 NTP 400.011:2020 – AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en 0] morteros y concretos, Tercera ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2020, 18 de febrero.
- [2 «NTP 400.037:2021 – AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones.,» 2021. 1] [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [2 NTP 400.012:2021 – AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. 2] Método de ensayo, Cuarta ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2021, 15 de noviembre.

- [2 NTP 339.088:2024 – CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto  
3] de cemento hidráulico, Quinta ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2024, 4  
de junio.
- [2 «NTP 334.077:2020 – CEMENTOS. Ambientes de mezclas, gabinetes y cuartos de  
4] humedad y tanques de almacenamiento de agua utilizados en los ensayos de cemento  
hidráulico y concreto. Requisitos,» 26 Noviembre 2020. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [2 «NTP 339.035:2022 – CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento  
5] hidráulico. Método de ensayo,» 24 Marzo 2022. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [2 R. Mantallana Rodriguez, EL CONCRETO: Fundamentos y nuevas tecnologías, Medellín:  
6] Corona, 2019.
- [2 ACI: American Concrete Institute, «ACI 211.1 - 91: "Standard Practice for Selecting  
7] Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete",» 2002. [En línea]. Available:  
<https://es.slideshare.net/slideshow/aci-211191pdf/251476508#15>.
- [2 «ASTM C39/C39M-24 – Estándar Test Method for Compressive Strength of Cylindrical  
8] Concrete Specimens,» 27 Junio 2014. [En línea].
- [2 Acero Arequipa, «Construyendo Seguro,» [En línea]. Available:  
9] <https://www.construyendoseguro.com/aprende-el-procedimiento-para-elaborar-probetas-de-concreto/>. [Último acceso: 30 Mayo 2023].
- [3 A. Madrid, Dirección, *5 3 Resistencia a la flexión y tracción*. [Película]. Clases.  
0]
- [3 «NTP 339.183:2021 – CONCRETO. Practica para la elaboración y curado en especímenes  
1] de concreto en el laboratorio,» 15 Noviembre 2021. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [3 «ACI 308 – Curado del Concreto,» [En línea]. Available:  
2] <https://es.scribd.com/document/388216753/ACI-308-Curado-Del-Hormigon>.
- [3 «NTP 339.034:2021 – CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del  
3] concreto en muestras cilíndricas,» 15 Noviembre 2021. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [3 P. K. Metha y P. J. Monteiro, CONCRETO. Estructura, propiedades y materiales, México,  
4] D.F: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2003.

- [3 «NTP 339.084:2022 – CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 4a Edición,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [3 «ASTM C944/C944M-19 – Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotathing-Cutter Method,» 19 Noviembre 2019. [En línea]. Available: [https://www.astm.org/c0944\\_c0944m-19.html](https://www.astm.org/c0944_c0944m-19.html).
- [3 Amorim Cork, «Amorimcork,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.amorimcork.com/es/corcho/por-que-corcho/#:~:text=El%20corcho%20es%20la%20corteza,%2C%20por%20eso%20mismo%2C%20biodegradable..>
- [3 Corcho24, «Corcho24.es,» [En línea]. Available: <https://corcho24.es/propiedades-del-corcho/>.
- [3 Comunidad de Madrid, «Símbolos en los envases de plásticos. Su significado y utilidad,» 18 Julio 2024. [En línea]. Available: <https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/simbolos-envases-plasticos-su-significado-utilidad>.
- [4 «QuimiNet,» 22 Noviembre 2005. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>. [Último acceso: 1 Setiembre 2024].
- [4 L. Alesmar, N. Rendon y M. E. Korody, «Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno 1) (pet) – cemento,» *Fac. Ing. UCV*, vol. 23, n° 1, pp. 76-86, Marzo 2008.
- [4 S. Valdivia Mercado, *Instrumentos de Gestión Ambiental en el Sector Construcción*, 2) Segunda ed., Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.
- [4 «ISO 14001:2045 - Sistema de Gestión Ambiental - Requisitos con orientación para su uso,» 2015. [En línea]. Available: [https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod\\_documentos/anexos/886/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf](https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod_documentos/anexos/886/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf).
- [4 «Evaluación de impacto ambiental,» 14 Octubre 2024. [En línea]. Available: <https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-de-leopold-evaluando-los-impactos-ambientales/>.

- [4 «ASTM C136/C136M-19 – Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse  
5] Aggregates,» 22 Enero 2020. [En línea]. Available: [https://www.astm.org/c0136\\_c0136m-19.html](https://www.astm.org/c0136_c0136m-19.html).
- [4 «NTP 350.001:1970 (revisada el 2017) – TAMICES DE ENSAYO. Requisitos,» 6  
6] Setiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [4 «ASTM C702/c702M-18 – Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to  
7] Testing Size,» 13 Marzo 2018. [En línea]. Available: [https://www.astm.org/c0702\\_c0702m-18.html](https://www.astm.org/c0702_c0702m-18.html).
- [4 NTP 339.185:2021 – AGREGADOS. Determinación del concreto de humedad total  
8] evaporable de agregados por secado. Método de ensayo, Tercera ed., Lima: Dirección de Normalización -INACAL, 2021, 15 de noviembre.
- [4 «ASTM C566-19 – Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of  
9] Aggregate by Drying,» Julio 29 2019. [En línea]. Available: <https://www.astm.org/c0566-19.html>.
- [5 D. d. N. -. INACAL, Ed., NTP 400.022:2024 – AGREGADOS. Densidad relativa (“Peso  
0] Específico”) y absorción del agregado fino. Método de ensayo., 2024.
- [5 «ASTM C128-22 – Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and  
1] Absorption of Fine Aggregate,» 5 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.astm.org/c0128-22.html>.
- [5 Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «gob.pe,» Mayo 2016. [En línea]. Available:  
2] [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).
- [5 NTP 400.021:2020 – AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del  
3] agregado grueso. Método de ensayo, Cuarta ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 1900, 01 de enero.
- [5 «ASTM C127-15 – Estándar Test method for density, relative density (specific gravity) and  
4] absorption of coarse aggregate,» 4 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.astm.org/c0127-15.html>.
- [5 NTP 400.017:2020 – AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad  
5] de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, Cuarta ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2020, 18 de febrero.

- [5 «ASTM C29/29M-23 – Standard Test Metho for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids  
6] in Aggregate,» 06 Octubre 2023. [En línea]. Available:  
[https://www.astm.org/c0029\\_c0029m-23.html](https://www.astm.org/c0029_c0029m-23.html).
- [5 «AASHTO T19M/T19-14: Densidad de masa (“Peso unitario”) y vacíos en el agregado,»  
7] 2014. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/531242288/AASHTO-T19M-T19-14>.
- [5 «NTP 339.046:2019 – CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso  
8] unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto,» 6  
Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [5 «ASTM C138/C138M-24 – Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and  
9] Air Content (Gravimetric) of Concrete,» 6 Agosto 2024. [En línea]. Available:  
[https://www.astm.org/c0138\\_c0138m-24a.html](https://www.astm.org/c0138_c0138m-24a.html).
- [6 «ASTM C143/C143M-20 – Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement  
0] Concrete,» 14 Julio 2020. [En línea]. Available: [https://www.astm.org/c0143\\_c0143m-20.html](https://www.astm.org/c0143_c0143m-20.html).
- [6 DINO, «Control de Calidad de Concreto,» Lima, 2016.  
1]
- [6 «NTP 339.080:2023 – CONCRETO. Método de ensayo para determinación del contenido  
2] de aire en el concreto fresco. Método de presión,» 15 Enero 2024. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [6 «ASTM C231/C231M-24 – Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed  
3] Concrete by the Pressure Method,» 7 Marzo 2024. [En línea]. Available:  
[https://www.astm.org/c0231\\_c0231m-24.html](https://www.astm.org/c0231_c0231m-24.html).
- [6 ACI 318 – Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y  
4] Comentario (ACI 318SR-14), Segunda ed., American Concrete Institute, 2015.
- [6 NTP 339.084:2022 – CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación  
5] de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta  
cilíndrica, Cuarta ed., Lima: Dirección de Normalización - INACAL, 2023, 01 de  
diciembre.

- [6 «ASTM C496/C496M-17 – Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of  
6] Cylindrical Concrete Specimens,» 02 Noviembre 2017. [En línea]. Available:  
[https://www.astm.org/c0496\\_c0496m-17.html](https://www.astm.org/c0496_c0496m-17.html).
- [6 «NTP 339.078:2022 – CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del  
7] concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre  
apoyos. Método de ensayo.,» 24 Marzo 2022. [En línea]. Available:  
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- [6 «ASTM C78/C78M-21 – Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using  
8] Simple Beam with Third Point Loading),» 30 Marzo 2021. [En línea]. Available:  
[https://www.astm.org/c0078\\_c0078m-22.html](https://www.astm.org/c0078_c0078m-22.html).
- [6 Pacasmayo Profesional, «Cemento Extraforte,» 2024. [En línea]. Available: chrome-  
9] extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://storage.googleapis.com/pacasmayo  
\_web/assets/FICHA\_INFORMATIVA\_EXTRAFORTE\_TIRAYRETIRA%202.0.pdf.
- [7 Ministerio de la Producción, «REGLAMENTO TÉCNICO SOBRE CEMENTO  
0] HIDRÁULICO UTILIZADO EN EDIFICACIONES Y CONSTRUCCIONES DE  
CONCRETO EN GENERAL,» 10 Junio 2020. [En línea]. Available:  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/833404/Exposici%C3%B3n\\_de\\_Motivos\\_  
R.M.\\_175.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/833404/Exposici%C3%B3n_de_Motivos_R.M._175.pdf).

## Anexos

## ANEXO 01. Ensayo de asentamiento

**Figura N°142. Asentamiento Diseño Patrón (Slump 3.75")**



**Figura N°143. Asentamiento Diseño 5% (Slump 5%)**



**Figura N°144. Asentamiento Diseño 10% (Slump 2")**



**Figura N°145. Asentamiento Diseño 15% (Slump 0")**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**ANEXO 02. Ensayo de Peso Unitario****Figura N°146. Peso Unitario Diseño  
Patrón (21725 gr)****Figura N°147. Peso Unitario Diseño  
5% (12530 gr)****Figura N°148. Peso Unitario Diseño  
10% (12440 gr)****Figura N°149. Peso Unitario Diseño  
15%**

**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**ANEXO 03.      *Ensayo de Contenido de Aire***

**Figura N°150.    *Ensayo de Contenido de Aire Diseño 15%***







**Figura N°151.    *Contenido de aire Diseño 15% (6%)***



***Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT***

**ANEXO 04. Ensayo a la compresión**

<p><b>Figura N°152. Ensayo a la compresión Diseño Patrón</b></p>	<p><b>Figura N°153. Diseño Patrón carga = 41810 kg</b></p>
	
<p><b>Figura N°154. Ensayo a la compresión Diseño 5%</b></p>	<p><b>Figura N°155. Diseño 5% carga = 30220 kg</b></p>
	

**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Figura N°156. Ensayo a la compresión Diseño 10%*



*Figura N°157. Diseño 10% carga = 32380 kg*



*Figura N°158. Ensayo a la compresión Diseño 15%*



*Figura N°159. Diseño 15% carga = 24910 kg*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

**ANEXO 05. Ensayo a la tracción**

**Figura N°160. Ensayo a la tracción Diseño Patrón**



**Figura N°161. Diseño Patrón carga = 13370 kg**



**Figura N°162. Ensayo a la tracción Diseño 5%**



**Figura N°163. Diseño 5% carga = 15570 kg**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Figura N°164. Ensayo a la tracción Diseño 10%*



*Figura N°165. Diseño Patrón carga = 12960 kg*



*Figura N°166. Ensayo a la tracción Diseño 15%*



*Figura N°167. Diseño 5% carga = 9170 kg*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

**ANEXO 06. Ensayo a flexión****Figura N°168. Ensayo a flexión  
Diseño Patrón****Figura N°169. Diseño Patrón carga =  
2860 kg****Figura N°170. Ensayo a flexión Diseño Patrón - falla**

**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°171. Ensayo a flexión  
Diseño 5%**



**Figura N°172. Diseño 5% carga = 2100  
kg**



**Figura N°173. Ensayo a flexión 5% Patrón - falla**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

*Figura N°174. Ensayo a flexión  
Diseño 10%*



*Figura N°175. Diseño 10% carga =  
2100 kg*



*Figura N°176. Ensayo a flexión 10% Patrón - falla*



*Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°177. Ensayo a flexión  
Diseño 15%**



**Figura N°178. Diseño 15% carga =  
2210 kg**



**Figura N°179. Ensayo a flexión 15% Patrón - falla**



**Fuente: Elaboración Propia – Laboratorio USAT**

**ANEXO 07. Imágenes de equipos y herramientas**

**Figura N°180. Balanza electrónica con precisión de 0.1g ó 0.1% de la masa de la muestra.**



**Figura N°181. Balanza electrónica con precisión de 0.5g ó 0.1% de la masa de la muestra.**



**Fuente: Propia – Laboratorio USAT**

*Figura N°182. Tamices para el agregado fino.*



*Figura N°183. Tamices para el agregado grueso.*



*Figura N°184. Bandeja metálica.*



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°185. Horno para secado de muestras.**



**Figura N°186. Fiola de 500 cm3.**



**Figura N°187. Embudo**



**Fuente: Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°188. Cesta.**



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°189. Varilla de compactación.**



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

*Figura N°190. Cuchara.*



*Figura N°191. Mazo de goma.*

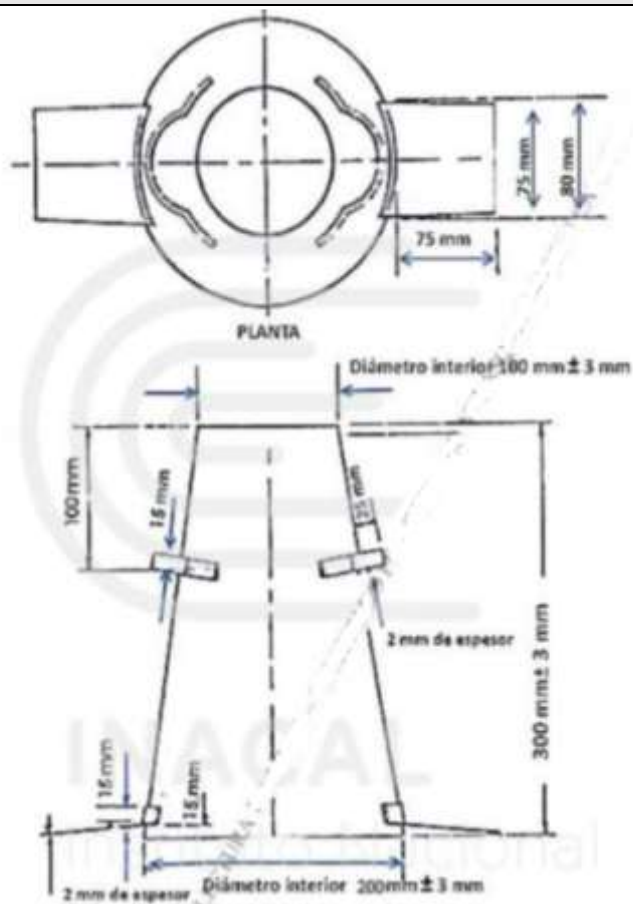


*Figura N°192. Barra de enrase*



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°193. Dimensiones del Cono de Abrams**



*Fuente: NTP 339.035 [25].*

**Figura N°194. Flexómetro**



*Fuente: Propia*

*Figura N°195. Molde cilíndrico de Acero 6"x12"*



*Figura N°196. Molde cilíndrico de Plástico 6"x12"*



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

*Figura N°197. Molde cilíndrico de Acero 4"x8"*



*Figura N°198. Molde cilíndrico de Plástico 4"x8"*



*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°199. Máquina de compresión**



**Figura N°200. Almohadillas de Neopreno**



**Figura N°201. Bloques de acero**



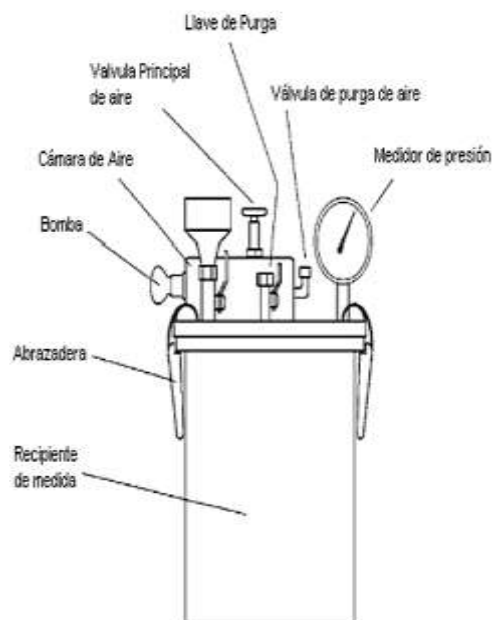
**Fuente: Propia – Laboratorio USAT**

**Figura N°202. Vernier**

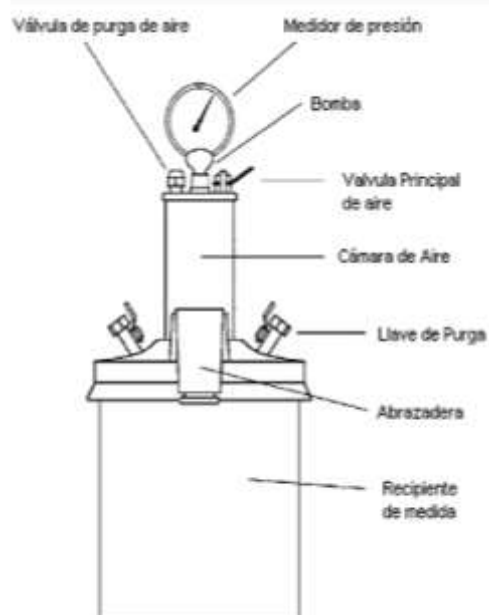


*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

**Figura N°203. Medidor Tipo A  
(Cámara Horizontal de Aire)**



**Figura N°204. Medido Tipo B  
(Cámara Vertical de Aire)**



*Fuente: ASTM C231/C231M [63]*



*Figura N°207. Molde para vigueta*



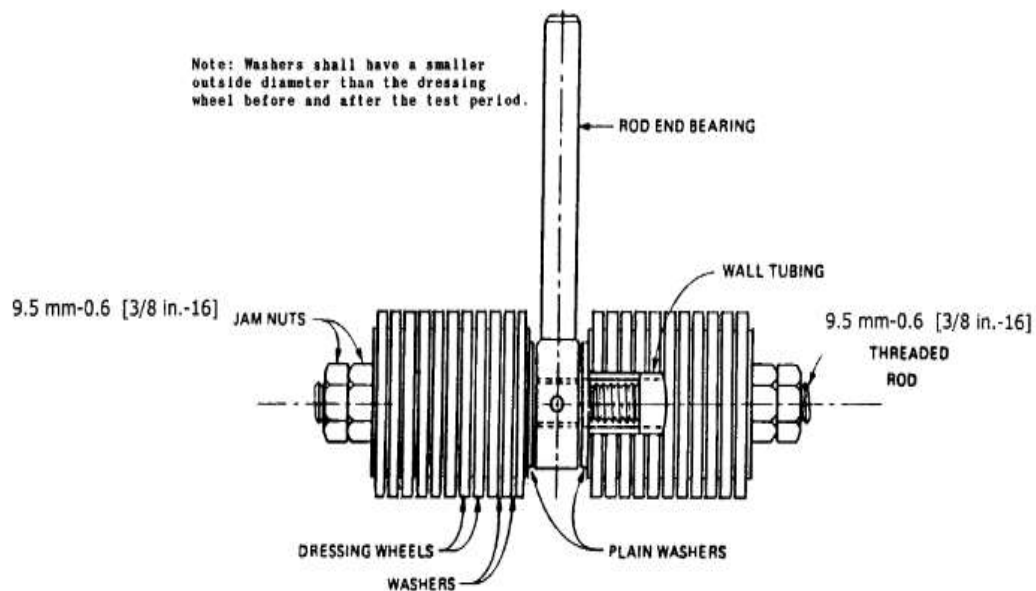
*Fuente: Propia – Laboratorio USAT*

*Figura N°208. Equipo de ensayo para Abrasión.*



*Fuente: Propia – Laboratorio LEMS W&C EIRL*

**Figura N°209. Cortador giratorio para ensayo de Abrasión.**



*Fuente: ASTM C944/C944M*

**Figura N°210. Cortador eléctrico**



*Fuente: Propia – Laboratorio LEMS W&C EIRL*

*ANEXO 08. Tablas Complementarias*

*Tabla N°52. Tipos de Cemento Portland*

<b>Cemento Hidráulico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>
	Tipo I	Cemento Portland de uso general.
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos.
<b>Cemento Portland</b>	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial.
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación.
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.
	Tipo IS	Cemento Portland adicionado con escoria de alto horno.
	Tipo IP	Cemento Portland adicionado puzolánico.
<b>Cemento Portland adicionados (Compuesto)</b>	Tipo I (PM)	Cemento Portland adicionado con puzolánico.
	Tipo IL	Cemento Portland adicionado con caliza.
	Tipo IT	Cemento Portland adicionado ternario (presenta tres composiciones dentro de este).
	Tipo ICo	Cemento Portland adicionado compuesto.
	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general.
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial.
<b>Cemento hidráulico especificado por desempeño</b>	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos.
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos.
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación.
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación.

*Fuente: [70] Dirección de Normatividad.*

**Tabla N°53. Tamaño de varilla para la elaboración de probetas**

Diámetro del cilindro o ancho de vigueta (mm)	Diámetro de la varilla (mm)
< 150	10 ± 2
> 150	15 ± 2

Fuente: [26]

**Tabla N°54. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.**

Tamaño máximo nominal	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo, kg (lb)
Aberturas cuadradas, mm (pulg)	
9.5 (3/8")	1 (2)
12.5 (1/2")	2 (4)
19.0 (3/4")	5 (11)
25.0 (1")	10 (22)
37.5 (1 1/2")	15 (33)
50 (2)	22 (44)
63 (2 1/2")	35 (77)
75 (3")	60 (130)
90 (3 1/2")	100 (220)
100 (4")	150 (330)
125 (5")	300 (660)

Fuente: NTP 400.012 [22]

**Tabla N°55. Capacidad de los recipientes medición**

Tamaño nominal máx. del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	L	pie <sup>3</sup>
25.0	1"	6	0.2
37.5	1 1/2"	11	0.4
50	2"	14	0.5
75	3"	28	1.0
112	4 1/2"	70	2.5
150	6"	100	3.5

Fuente: NTP 339.046 [58].

**Tabla N°56. Requisitos para los recipientes**

Unidades	Capacidad del recipiente	Espesor del metal, min		
		Base o fondo	Sobre 38 mm o 1 ½" es espesor de pared	Resto de pared
SI	Menor a 11 L	5.0 mm	2.5 mm	2.5 mm
	11 a 42 L incluido	5.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
	De 42 a 80 L incluido	10.0 mm	6.4 mm	3.8 mm
	De 80 a 133 L incluido	13.0 mm	7.6 mm	5.0 mm
pulg-libra	Menor a 0.4 pie <sup>3</sup>	0.20"	0.10"	0.10"
	de 0.4 pie <sup>3</sup> a 1.5 pie <sup>3</sup>	0.20"	0.20"	0.12"
	de 1.5 pie <sup>3</sup> a 2.8 pie <sup>3</sup>	0.40"	0.25"	0.15"
	de 2.8 pie <sup>3</sup> a 4.0 pie <sup>3</sup>	0.50"	0.30"	0.20"

**Fuente:** NTP 400.017:2020 [55] & AASHTO T19M/T19-14 [57]

**Tabla N°57. Capacidad de los recipientes.**

Tamaño nominal máx. del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m <sup>3</sup> (L)	pie <sup>3</sup>
12.5	½"	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1"	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½"	0.0140 (14)	½
75	3"	0.0280 (28)	1
100	4"	0.0700 (70)	2 ½
125	5"	0.1000 (100)	3 ½

**Fuente:** NTP 400.017:2020 [55].

**Tabla N°58. Número de capas y de golpes por capa de acuerdo al diámetro de la probeta.**

Diámetro de la probeta	N° de capas	N° de golpes/capas
100 mm	2	25
150 mm	3	25
225 mm	4	50

**Fuente:** [26]

**Tabla N°59. Edades de ensayo y tolerancia permisibles**

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	±0.5 h
3 d	±2 h
7 d	±6 h
28 d	±20 h
90 d	±48 h

*Fuente: [33].*

**Tabla N°60. Factor de corrección de acuerdo a la relación H/D.**

Relación altura diámetro	Factor de Corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

*Fuente: [33].*

**Tabla N°61. Aspectos ambientales en la construcción genérica de una edificación**

<b>Tipo</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid/año</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Frecuencia</b>
Contaminante	Mezcla de concreto	Obras de concreto armado	N. D	TM/año	6	10
Contaminantes	Gases de combustión	Movimiento de tierras	N. D	TM/año	10	10
Contaminantes	Mezcla de concreto	Obras de concreto armado	N. D	TM/año	6	10
Recursos	Agregados	Arquitectura/preparación de concreto	N. D	TM/amo	10	10
Recursos	Agua	Obras de concreto	N. D	M3/año	6	6
Recursos	Combustible	Obras de concreto armado	N. D	Lt/año	4	6

**Refuente: [42]**

***ANEXO 09. Validación de ensayos de laboratorio***

***ANEXO 010. Ensayo de laboratorio LEMS W&C***

***ANEXO 011. Ficha Técnica – Cemento Extra Forte***