

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE BLOQUES DE
CONCRETO DE BAJA DENSIDAD COMO MATERIAL
SOSTENIBLE DE CONSTRUCCION CON ADICION DE CAUCHO
RECICLADO TRITURADO DE LLANTAS EN DESUSO COMO
AGREGADO FINO Y MATERIAL PUZOLANICO COMO
AGREGADO GRUESO, CUSCO, 2018”**

Presentado por:

Br. Pedro Mijael CASTILLO MOLLE

Br. Ronal FUENTES YUNGURI

Dictaminantes:

Ing. Jorge Ivan CRUZ TELLO

Ing. Luz Marlene NIETO PALOMINO

Ing. Jose Felipe AZPILCUETA CARBONELL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CUSCO, 2023.



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 16 |
| ABSTRACT | 18 |
| CAPÍTULO I:..... | 19 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 20 |
| 1.2.1 PROBLEMA GENERAL | 20 |
| 1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO | 21 |
| 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 21 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 21 |
| 1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 21 |
| 1.4 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES | 22 |
| 1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (X): | 22 |
| 1.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES (Y)..... | 22 |
| 1.5 DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 23 |
| 1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL..... | 23 |
| 1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS..... | 24 |
| 1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 24 |
| 1.7 DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD | 25 |
| 1.7.1 DELIMITACIÓN: | 25 |
| 1.7.2 LIMITACIONES:..... | 26 |
| 1.7.3 VIABILIDAD | 26 |
| CAPÍTULO II | 27 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 27 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 27 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES | 27 |
| 2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES..... | 28 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS | 31 |
| 2.2.1 BLOQUES DE CONCRETO | 31 |
| 2.2.1.1 COMPOSICIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO | 31 |
| 2.2.1.2 DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO | 31 |
| 2.2.1.3 MOLDEADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO | 31 |
| 2.2.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO | 32 |
| 2.2.1.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO..... | 32 |
| 2.2.1.6 PROPIEDADES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO..... | 33 |



| | | |
|-------------------|--|----|
| 2.2.1.7 | PRUEBAS A LOS BLOQUES DE CONCRETO | 34 |
| 2.2.1.8 | VENTAJAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO | 40 |
| 2.2.2 | CAUCHO | 41 |
| 2.2.2.1 | CAUCHO NATURAL | 41 |
| 2.2.2.2 | CAUCHO SINTÉTICO | 42 |
| 2.2.2.3 | LLANTAS O NEUMÁTICOS..... | 42 |
| 2.2.2.4 | RECICLAJE DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS O LLANTAS | 43 |
| 2.2.2.4.1 | FORMAS DE RECICLAJE DE LLANTAS..... | 43 |
| 2.2.2.5 | CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS | 44 |
| 2.2.2.5.1 | PAVIMENTOS DE SEGURIDAD | 44 |
| 2.2.2.5.2 | CÉSPED ARTIFICIAL | 45 |
| 2.2.2.5.3 | ASFALTOS | 45 |
| 2.2.3 | PUZOLANA..... | 45 |
| 2.2.3.1 | HISTORIA DE LAS PUZOLANAS..... | 45 |
| 2.2.3.2 | COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PUZOLANAS | 46 |
| 2.2.3.3 | CLASIFICACIÓN DE LAS PUZOLANAS..... | 46 |
| 2.2.3.3.1 | PUZOLANAS NATURALES..... | 46 |
| 2.2.3.3.2 | PUZOLANAS ARTIFICIALES..... | 47 |
| 2.2.3.4 | VENTAJAS DEL USO DE PUZOLANAS..... | 48 |
| 2.3 | NORMAS LEGALES PARA ENSAYOS DE LABORATORIOS..... | 48 |
| 2.4 | MARCO CONCEPTUAL | 49 |
| CAPÍTULO III..... | | 51 |
| 3. | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 51 |
| 3.1 | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 51 |
| 3.2 | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 51 |
| 3.3 | POBLACIÓN Y MUESTRA | 52 |
| 3.4 | TÉCNICAS Y FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 55 |
| 3.4.1 | HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 56 |
| 3.4.1.1 | HERRAMIENTAS..... | 56 |
| 3.4.1.2 | EQUIPOS | 56 |
| CAPÍTULO IV..... | | 59 |
| 4. | PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 59 |
| 4.1 | CARACTERÍSTICAS DEL CAUCHO, PUZOLANA Y AGREGADOS | 59 |
| 4.2 | LA PUZOLANA | 59 |
| 4.2.1 | IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA PUZOLANA | 59 |
| 4.2.2 | EXTRACCIÓN DE LA PUZOLANA | 61 |
| 4.2.3 | GRANULOMETRÍA DE LA PUZOLANA | 62 |



| | | |
|-----------|--|----|
| 4.2.3.1 | DESCRIPCIÓN..... | 62 |
| 4.2.3.2 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 62 |
| 4.2.3.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 64 |
| 4.2.3.4 | RECOLECCIÓN DE DATOS | 65 |
| 4.2.4 | PESO UNITARIO DE LA PUZOLANA | 66 |
| 4.2.4.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 66 |
| 4.2.4.2 | MUESTREO | 67 |
| 4.2.4.3 | PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA PUZOLANA..... | 67 |
| 4.2.4.3.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 67 |
| 4.2.4.3.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 68 |
| 4.2.4.3.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 69 |
| 4.2.4.4 | PESO UNITARIO SUELTO DE LA PUZOLANA | 70 |
| 4.2.4.4.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 70 |
| 4.2.4.4.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 71 |
| 4.2.4.4.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 71 |
| 4.2.5 | PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LA PUZOLANA..... | 71 |
| 4.2.5.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 71 |
| 4.2.5.2 | MUESTREO | 72 |
| 4.2.5.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 72 |
| 4.2.5.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 73 |
| 4.2.5.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 74 |
| 4.3 | CAUCHO | 75 |
| 4.3.1 | RECOLECCIÓN DEL CAUCHO RECICLADO DE LLANTAS | 75 |
| 4.3.2 | TRITURACIÓN DEL CAUCHO DE LLANTAS | 76 |
| 4.3.2.1 | EQUIPOS | 76 |
| 4.3.3 | TRATAMIENTO DEL CAUCHO DE LLANTAS EN DESUSO | 76 |
| 4.3.3.1 | DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CON SODA CAUSTICA..... | 76 |
| 4.3.4 | GRANULOMETRÍA DEL CAUCHO TRITURADO..... | 77 |
| 4.3.4.1 | DESCRIPCIÓN..... | 77 |
| 4.3.4.2 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 78 |
| 4.3.4.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 79 |
| 4.3.4.4 | RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 80 |
| 4.3.5 | PESO UNITARIO DEL CAUCHO..... | 81 |
| 4.3.5.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 81 |
| 4.3.5.2 | MUESTREO | 81 |
| 4.3.5.3 | PESO UNITARIO COMPACTADO DEL CAUCHO | 82 |
| 4.3.5.3.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 82 |



| | | |
|-----------|--|----|
| 4.3.5.3.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 82 |
| 4.3.5.3.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 82 |
| 4.3.5.4 | PESO UNITARIO SUELTO DEL CAUCHO GRANULADO | 83 |
| 4.3.5.4.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 83 |
| 4.3.5.4.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 83 |
| 4.3.5.4.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 83 |
| 4.3.6 | PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL CAUCHO | 84 |
| 4.3.6.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 84 |
| 4.3.6.2 | MUESTREO | 84 |
| 4.3.6.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 85 |
| 4.3.6.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 85 |
| 4.3.6.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 85 |
| 4.4 | AGREGADO FINO..... | 86 |
| 4.4.1 | MUESTREO..... | 86 |
| 4.4.2 | GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO | 87 |
| 4.4.2.1 | HERRAMIENTAS Y/O EQUIPO | 87 |
| 4.4.2.2 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 87 |
| 4.4.2.3 | RECOLECCIÓN DE DATOS | 88 |
| 4.4.3 | PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO..... | 89 |
| 4.4.3.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 90 |
| 4.4.3.2 | MUESTREO | 90 |
| 4.4.3.3 | PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO | 90 |
| 4.4.3.3.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 90 |
| 4.4.3.3.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 90 |
| 4.4.3.3.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 90 |
| 4.4.3.4 | PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO..... | 91 |
| 4.4.3.4.1 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 91 |
| 4.4.3.4.2 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 91 |
| 4.4.4 | PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO..... | 91 |
| 4.4.4.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 92 |
| 4.4.4.2 | MUESTREO | 92 |
| 4.4.4.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 92 |
| 4.4.4.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 93 |
| 4.4.4.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO..... | 93 |
| 4.5 | AGREGADO GRUESO | 93 |
| 4.5.1 | MUESTREO..... | 94 |
| 4.5.2 | GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO | 95 |



| | | |
|-----------|---|-----|
| 4.5.2.1 | HERRAMIENTAS Y/O EQUIPO | 95 |
| 4.5.2.2 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 95 |
| 4.5.2.3 | RECOLECCIÓN DE DATOS | 95 |
| 4.5.3 | PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO | 96 |
| 4.5.3.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 96 |
| 4.5.3.2 | MUESTREO | 96 |
| 4.5.3.3 | PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO..... | 97 |
| 4.5.3.3.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 97 |
| 4.5.3.3.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 97 |
| 4.5.3.3.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 97 |
| 4.5.3.4 | PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO | 98 |
| 4.5.3.4.1 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO..... | 98 |
| 4.5.3.4.2 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 98 |
| 4.5.3.4.3 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 98 |
| 4.5.4 | PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LA PUZOLANA..... | 99 |
| 4.5.4.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 99 |
| 4.5.4.2 | MUESTREO | 99 |
| 4.5.4.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 99 |
| 4.5.4.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 100 |
| 4.5.4.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 100 |
| 4.6 | DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | 101 |
| 4.6.1 | REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA ACI | 101 |
| 4.6.2 | PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA..... | 102 |
| 4.6.3 | CUADRO RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO ACI .. | 103 |
| 4.7 | ANÁLISIS DE PROBETAS CILÍNDRICAS CON CAUCHO Y PUZOLANA ... | 107 |
| 4.7.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS..... | 107 |
| 4.7.2 | PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS..... | 108 |
| 4.7.3 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILÍNDRICAS | 109 |
| 4.7.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS | 110 |
| 4.7.4.1 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 110 |
| 4.8 | ANÁLISIS DE COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA | 114 |
| 4.8.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS..... | 115 |
| 4.8.2 | PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO | 116 |
| 4.8.3 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA | 118 |



| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.8.3.1 | CALCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO | 119 |
| 4.8.3.1.1 | MODO DE FALLA..... | 119 |
| 4.8.3.1.2 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 120 |
| 4.9 | ANÁLISIS DE COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA | 125 |
| 4.9.1 | PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO | 125 |
| 4.9.2 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA | 126 |
| 4.9.2.1 | CALCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL | 127 |
| 4.9.2.1.1 | MODO DE FALLA..... | 128 |
| 4.9.2.1.2 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 128 |
| 4.10 | ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA | 131 |
| 4.10.1 | ALABEO | 131 |
| 4.10.1.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 131 |
| 4.10.1.2 | MUESTREO | 131 |
| 4.10.1.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 131 |
| 4.10.1.4 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 132 |
| 4.10.2 | VARIACIÓN DIMENSIONAL | 133 |
| 4.10.2.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 133 |
| 4.10.2.2 | MUESTREO | 134 |
| 4.10.2.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 134 |
| 4.10.2.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 134 |
| 4.10.2.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 134 |
| 4.10.3 | ABSORCIÓN | 138 |
| 4.10.3.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 138 |
| 4.10.3.2 | MUESTREO | 138 |
| 4.10.3.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 138 |
| 4.10.3.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 138 |
| 4.10.3.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO..... | 139 |
| 4.10.4 | PESO HÚMEDO Y PESO SECO | 139 |
| 4.10.4.1 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 139 |
| 4.10.5 | PORCENTAJE DE VACÍOS | 140 |
| 4.10.5.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 140 |
| 4.10.5.2 | MUESTREO | 141 |



| | | |
|----------|---|-----|
| 4.10.5.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 141 |
| 4.10.5.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 141 |
| 4.10.5.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 141 |
| 4.10.6 | POROSIDAD..... | 142 |
| 4.10.6.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 143 |
| 4.10.6.2 | MUESTREO | 143 |
| 4.10.6.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 143 |
| 4.10.6.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 143 |
| 4.10.6.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 144 |
| 4.10.7 | RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN O SUCCIÓN..... | 145 |
| 4.10.7.1 | INSTRUMENTOS Y APARATOS | 145 |
| 4.10.7.2 | MUESTREO | 145 |
| 4.10.7.3 | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO | 145 |
| 4.10.7.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 146 |
| 4.10.7.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 146 |
| 4.11 | ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA..... | 147 |
| 4.11.1 | AISLAMIENTO ACÚSTICO | 147 |
| 4.11.1.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 148 |
| 4.11.1.2 | PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE MÓDULOS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO | 149 |
| 4.11.1.3 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO | 150 |
| 4.11.1.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 152 |
| 4.11.1.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 152 |
| 4.11.2 | AISLAMIENTO TÉRMICO | 154 |
| 4.11.2.1 | HERRAMIENTAS/APARATOS | 154 |
| 4.11.2.2 | PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE CAJONES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO | 155 |
| 4.11.2.3 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO TÉRMICO | 156 |
| 4.11.2.4 | PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 157 |
| 4.11.2.5 | RESULTADOS DEL ENSAYO | 157 |
| 4.12 | ESTUDIO DE COSTOS ENTRE UN BLOQUE DE CONCRETO TRADICIONAL/TÍPICO Y UN BLOQUE DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA..... | 160 |
| 4.12.1 | INSUMOS POR UNIDAD DE BLOQUE HUECO DE CONCRETO..... | 160 |
| 4.12.2 | ANÁLISIS DEL COSTO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO..... | 161 |



| | |
|---|-----|
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 169 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 177 |
| 7. ANEXOS | 180 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1:Operacionalización de variables | 23 |
| Tabla 2: Tipología de unidades de Albañilería | 32 |
| Tabla 3: Resistencia a la compresión de tipo estructural y no estructural | 40 |
| Tabla 4: Composición del neumático según la Rubber Manufacturers Association..... | 42 |
| Tabla 5: Diámetros y usos del caucho triturado..... | 44 |
| Tabla 6: Composición química puzolanas | 46 |
| Tabla 7: Clasificación Puzolanas Artificiales | 47 |
| Tabla 8: Ventajas de las Puzolanas en los Cementos Puzolánicos | 48 |
| Tabla 9: Número de unidades a ensayar para compresión axial y compresión diagonal de muretes | 54 |
| Tabla 10: Registro Diseño de Mezcla | 57 |
| Tabla 11: Registro de resistencia compresión de probetas | 58 |
| Tabla 12: Registro De Resistencia Compresión Axial..... | 58 |
| Tabla 13: Registro De Resistencia Compresión Diagonal De Muretes | 58 |
| Tabla 14: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global..... | 64 |
| Tabla 15: Granulometría de la Puzolana | 65 |
| Tabla 16: Limites Granulométricos Astm C33/ Aashto M6)..... | 66 |
| Tabla 17: Volumen de los recipientes | 67 |
| Tabla 18: Resultados del ensayo Puzolana compactada | 70 |
| Tabla 19: Valores Usuales Peso/Volumen De Los Agregados No Livianos | 70 |
| Tabla 20: Resultados del ensayo Puzolana suelta | 71 |
| Tabla 21: Peso mínimo de la muestra | 72 |
| Tabla 22: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción | 75 |
| Tabla 23: Granulometría del caucho granulado | 80 |
| Tabla 24: Limites Granulométricos agregado fino | 81 |
| Tabla 25: Resultados peso unitario compactado del caucho..... | 83 |
| Tabla 26: Resultados peso unitario suelto del caucho..... | 84 |
| Tabla 27: Resultados peso específico y absorción del caucho..... | 85 |
| Tabla 28: Masa de la muestra de campo mínima | 86 |
| Tabla 29: Granulometría del agregado fino | 89 |
| Tabla 30. Resultados peso unitario compactado del agregado fino | 90 |
| Tabla 31: Resultados peso unitario suelto del agregado fino de la cantera de Cunyac..... | 91 |
| Tabla 32: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción, cantera de Cunyac..... | 93 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 33: Medida de las muestras | 94 |
| Tabla 34: Granulometría del agregado grueso, cantera Vicho | 96 |
| Tabla 35: Resultados del ensayo Peso unitario compactado de agregado grueso..... | 97 |
| Tabla 36: Resultados del ensayo Peso unitario suelto de agregado grueso | 98 |
| Tabla 37: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción del agregado grueso | 100 |
| Tabla 38 Porcentajes de Caucho y Puzolana..... | 107 |
| Tabla 39 Tiempo permisible ensayo compresión..... | 109 |
| Tabla 40 Cuadro resumen de resistencia a la Compresión de especímenes cilíndricos de los 6 diseños planteados en el ítem con Caucho y Puzolana | 111 |
| Tabla 41 Porcentajes para el estudio de bloques huecos de concreto y muretes | 115 |
| Tabla 42: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 7 DIAS | 121 |
| Tabla 43: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 14 DIAS..... | 122 |
| Tabla 44: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 28 DIAS | 123 |
| Tabla 45: Resumen de Cargas ultimas promedio y Resistencias promedias para cada uno de los Diseños de Bloques huecos de concreto con caucho y puzolana a los 28 días | 124 |
| Tabla 46: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-01 | 129 |
| Tabla 47: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-02 | 129 |
| Tabla 48: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-03 | 129 |
| Tabla 49: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-04 | 130 |
| Tabla 50: Resultados de Alabeo en cara superior de Bloques de Concreto..... | 132 |
| Tabla 51: Resultados de Alabeo en cara superior de Bloques de Concreto..... | 132 |
| Tabla 52 Clase De Unidad De Albañilería Para Fines Estructurales | 133 |
| Tabla 53: Variación dimensional del Largo de bloques huecos de Concreto | 135 |
| Tabla 54 Variación dimensional del ancho de bloques huecos de Concreto | 136 |
| Tabla 55: Variación dimensional de la Altura de bloques huecos de Concreto..... | 137 |
| Tabla 56: Resultados de ensayo de Absorción de bloques huecos de concreto..... | 139 |
| Tabla 57: Resultados de ensayo de porcentaje de vacíos de bloques Huecos de concreto | 141 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 58: Resultados para el ensayo de porosidad de los Bloques Huecos de Concreto.. | 144 |
| Tabla 59: Resultados para el ensayo de Succión de bloques huecos de concreto..... | 146 |
| Tabla 60: Niveles de ruido interior | 147 |
| Tabla 61: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 01 | 165 |
| Tabla 62: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 02 | 166 |
| Tabla 63: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 03 | 166 |
| Tabla 64: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 04 | 167 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Regla o cuña de medición..... | 35 |
| Figura 2. Esquema del ensayo a compresión axial de bloques de concreto..... | 39 |
| Figura 3. Esquema del ensayo a compresión diagonal de muretes de bloques de concreto..... | 39 |
| Figura 4. Porcentajes recuperados del reciclaje de llantas..... | 44 |
| Figura 5. Esquema global de la Investigación..... | 52 |
| Figura 6. Valores de Coeficiente de confiabilidad..... | 53 |
| Figura 7. Ruta de acceso al volcán de Quinsachata..... | 60 |
| Figura 8. Material Puzolánico volcán de Quinsachata..... | 60 |
| Figura 9. Identificación y extracción de Puzolana –Cantera Raqchi..... | 61 |
| Figura 10. Transporte de material puzolánico en sacos..... | 62 |
| Figura 11. Balanza del Laboratorio De Mecánica De Suelos Y Materiales con muestra de material Puzolánico..... | 63 |
| Figura 12. Tamizado de la Puzolana..... | 65 |
| Figura 13. Material Puzolánico con recipiente..... | 68 |
| Figura 14. Ensayo de Peso específico de la Puzolana..... | 73 |
| Figura 15. Molino de trituración de Caucho de llantas..... | 76 |
| Figura 16. Tratamiento del caucho granulado con Soda Caustica..... | 77 |
| Figura 17. Balanza del laboratorio de la EPIC - UNSAAC con muestra de caucho granulado..... | 78 |
| Figura 18. Muestras por tamiz de caucho granulado..... | 79 |
| Figura 19. Ensayo de PU Caucho..... | 82 |
| Figura 20. Lavado de la muestra de caucho con Hidróxido de Sodio (Soda Caustica)..... | 85 |
| Figura 21. Tamizado de agregado fino..... | 88 |
| Figura 22. Ubicación de la cantera de Vicho..... | 94 |
| Figura 23. Muestra con 1500 gr de agregado grueso para el ensayo granulométrico..... | 95 |
| Figura 24. Muestra con 3000 gr aprox. para ensayo de peso unitario..... | 97 |
| Figura 25. Secado superficial del agregado grueso con un paño..... | 100 |
| Figura 26. Elaboración de probetas de Concreto..... | 108 |
| Figura 27 Probetas Cilíndricas..... | 110 |
| Figura 28 Tipo de fallas en Probetas..... | 110 |
| Figura 29 Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 01..... | 111 |



| | |
|---|-----|
| Figura 30: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 02..... | 112 |
| Figura 31: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 03..... | 112 |
| Figura 32: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 04..... | 113 |
| Figura 33: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 05..... | 113 |
| Figura 34: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 06..... | 114 |
| Figura 35 Mesa Vibratoria y compactadora de bloques huecos de Concreto | 116 |
| Figura 36 Vibro-compactado de bloques huecos de concreto | 117 |
| Figura 37 Bloques huecos de concreto..... | 117 |
| Figura 38 Colocado de los bloques de concreto en la Maquina de ensayo a compresión Axial..... | 119 |
| Figura 39 Modo de falla de los bloques huecos de concreto, agrietamiento vertical. | 120 |
| Figura 40 Elaboración de muretes de bloques huecos de concreto..... | 126 |
| Figura 41 Colocación de murete e instrumentación en la máquina de compresión diagonal | 127 |
| Figura 42 Tipo de falla en muretes de forma escalonada..... | 128 |
| Figura 43: Comparación de esfuerzo cortante en los 4 diseños de muretes..... | 130 |
| Figura 44 Comparación de Peso húmedo con absorción y Peso Seco de bloques de concreto | 140 |
| Figura 45: Equipos y materiales para el ensayo de aislamiento acústico | 149 |
| Figura 46: Elaboración módulo de ensayo..... | 150 |
| Figura 47: Grafico representativo ensayo de aislamiento acústico | 150 |
| Figura 48: Modulo sellado para inicio de ensayo | 151 |
| Figura 49: Interfaz de la aplicación iNVH Sonómetro para la medición de ruido..... | 152 |
| Figura 50: Niveles de sonido para la caja -01 sin caucho ni material puzolánico. | 152 |
| Figura 51:Niveles de sonido para la caja-02 con primera dosificación de Caucho y material Puzolánico | 153 |
| Figura 52: Niveles de sonido para la caja-03 con segunda dosificación de Caucho y material puzolánico. | 153 |



| | |
|---|-----|
| Figura 53: Niveles de sonido para la caja 04 con tercera dosificación de Caucho y material puzolánico | 153 |
| Figura 54: Equipos y materiales utilizados para el ensayo de aislamiento térmico | 155 |
| Figura 55: Fabricación de módulos para ensayo de aislamiento térmico | 156 |
| Figura 56: Ensayo de aislamiento térmico - conductividad térmica | 157 |
| Figura 57: Temperaturas ambiental - modulo 01 | 158 |
| Figura 58: Temperaturas ambiental - modulo 02 | 158 |
| Figura 59: Temperaturas ambiental - modulo 03 | 159 |
| Figura 60: Temperaturas ambiental - modulo 04 | 159 |
| Figura 61 Precio de combustible enero 2019 segun osinergming | 163 |
| Figura 62 Mapa de ubicación de la cantera de raqchi | 164 |
| Figura 63: Comparación de costos finales para la elaboración de una unidad de bloque hueco de concreto..... | 168 |



RESUMEN

En la actualidad la obtención de nuevos materiales de construcción, innovadores, de bajo costo, así como con iguales características e incluso mejores, son muy importantes para la industria de la construcción. Por tanto, este trabajo de investigación tendrá como foco el estudio de dos materiales poco conocidos en la ingeniería, tales son, el Caucho y la Puzolana, los cuales servirán de materia prima para la obtención de bloques de concreto de baja densidad como un material sostenible de construcción, la investigación se basará en el estudio de las propiedades mecánicas de especímenes con elaboración propia.

La investigación tuvo como punto de partida el análisis según norma de las distintas características de los agregados, empezando por el análisis granulométrico de los agregados, el Peso unitario, Peso específico, Capacidad de absorción, contenido de humedad y como parte final el Diseño de mezcla del concreto.

Elaboradas las muestras de concreto, se sometió a ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas, las cuales fueron Variación dimensional, Alabeo, Absorción, Porosidad, Porcentaje de vacíos, Succión, Ensayo a compresión axial de bloques, Ensayo a compresión diagonal de muretes y finalmente la Conductividad térmica y acústica de los bloques huecos de concreto. Las muestras para los ensayos se dividieron en bloques unitarios y muretes conformados por 8 bloques unitarios. Los muretes fueron elaborados con juntas de 1.5 a 2 cm de mortero según norma (norma Albañilería E.070).

Al concluir los ensayos y después del análisis se pudo observar que el caucho y la puzolana en los porcentajes establecidos para los bloques de concreto y muretes en la investigación no proporcionan características mecánicas muy importantes respecto a los fabricados de manera tradicional. Las propiedades mecánicas con mayor tasa de influencia son las de conductividad Térmica y Acústica, dotando a los materiales de construcción



(bloques) especiales para su uso en zonas Frías y donde se quiera obtener una buena aislación térmica.

También podemos decir que la característica esencial de realizar los bloques de concreto con porcentajes de puzolana como agregado le brinda características de baja densidad respecto a los bloques normales, las cuales son importantes al momento de realizar edificaciones de mayor altura, puesto que esto significa menor peso de la edificación y por ende menor deformación de la misma y un mejor comportamiento frente a una sollicitación sísmica.



ABSTRACT

Nowadays, obtaining new, innovative, low-cost construction materials, as well as with the same and even better characteristics, are very important for the construction industry.

Therefore, this research work will focus on the study of two materials little known in engineering, such as Rubber and Pozzolana, which will serve as raw material for obtaining low density concrete blocks as a sustainable material. construction, the research will focus on the study of the mechanical properties of specimens with own elaboration.

The investigation had as its starting point the analysis according to the norm of the different characteristics of the aggregates, starting with the granulometric analysis of the aggregates, the Unit weight, Specific weight, Absorption capacity and as a final part the Design of concrete mixing.

Once the concrete samples were prepared, they were subjected to tests for the determination of mechanical properties, which were Dimensional variation, Warping, Absorption, Porosity, Percentage of voids, Suction, Test for axial compression of blocks, Test for diagonal compression of walls and finally the thermal and acoustic conductivity of the hollow concrete blocks. The samples for the tests were divided into unit blocks and walls made up of 8 unit blocks. The walls were made with 1.5 to 2 cm mortar joints according to the standard.

At the conclusion of the tests and after the analysis the pozzolan in the percentages established for the concrete blocks and walls in the investigation do not provide very important mechanical characteristics with respect to those manufactured in a traditional way. The properties with the highest influence rate are those of Thermal and Acoustic conductivity, providing special building materials (blocks) for use in cold areas and where you want to obtain good sound insulation.



CAPÍTULO I:

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la busca necesaria de materiales de construcción amigables con el medio ambiente, de bajo costo, con características acorde a las normas peruanas e internacionales es un aspecto muy importante para beneficio de la sociedad. La contaminación en la actualidad provocado por caucho de llantas en desuso es enorme *“Este enorme volumen de productos utilizados no son biodegradables, además por la forma geométrica estos elementos son reservorios adecuados para la generación de la contaminación biológica, causando preocupación en las autoridades y población en general”* (Pérez, 2015)

Tal es el caso que el mercado automotriz en la ciudad del Cusco va en crecimiento *“Antiguamente, la demanda de caucho fue muy poco, pero aumento rápidamente con el progreso de la industria de llantas para bicicletas y, más tarde, llantas para automóviles. Este aumento en lo demanda causó, naturalmente, un aumento de la producción”* (Bekkedahl, 1946)

Por lo tanto, el uso y deshecho de las llantas es prácticamente imposible, viéndose en muchas arterias de la ciudad esparcidas y con una velocidad de desintegración prácticamente nula por ser un material con una estructura molecular muy compleja.

Otro aspecto muy importante es el económico, la problemática actual lleva a las poblaciones a buscar materiales de bajo costo para la construcción de viviendas, en la ciudad del cusco la población en alto porcentaje de baja condición económica lleva a usar materiales tradicionales como el adobe, que minimiza considerablemente el gasto de construcción, pero no cumple en su totalidad con normas técnicas. *“Las construcciones de tierra deben su popularidad a su bajo costo, a la posibilidad de autoconstrucción y ayuda mutua, fácil disponibilidad de los materiales y a su buen aislamiento térmico. Sin embargo, las viviendas*



de tierra han demostrado ser vulnerables al exceso de humedad y ser inseguras en zonas sísmicamente activas, debido principalmente a la deficiente tecnología de construcción, a la falta de refuerzos apropiados y a las limitaciones mecánicas propias del material (los muros de tierra son pesados, frágiles y poco resistentes)” (Lujan, 2018)

Por lo tanto, en un mercado abastecido de materiales de uso común como son los ladrillos, bloques de concreto, se busca en este último un estudio de materias primas capaces de cumplir con los aspectos antes mencionados para obtener un “Bloque nuevo”. En tal caso se tiene un material abundante y muy económico en el mercado, el caucho; y un material natural con propiedades especiales como es la puzolana. *“En otro orden de cosas, ciertas puzolanas como las cenizas volantes y las puzolanas vítreas, mejoran la docilidad de las pastas y reducen la tendencia de los áridos a la segregación, así como la relación agua/cemento. Otras, como la tierra de diatomeas, exigen mucha agua para producir un hormigón trabajable, con el consiguiente aumento de la retracción por secado”* (Soria Santamaria, 1983)

Los bloques de concreto elaborados en la ciudad del cusco no cuentan con la resistencia exigida según norma de Albañilería E.070, así como su elaboración no obedece a un diseño de mezclas, la cual es importante puesto que esta determina la relación agua cemento que brinda la resistencia a obtener; cabe mencionar que el diseño de mezclas también brinda el contenido de materiales como son los agregados las cuales determinan la densidad del bloque de concreto.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto del uso de caucho granulado reciclado de llantas ($\emptyset < 25$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como material grueso en las propiedades mecánicas



de bloques huecos de concreto establecidas en la norma técnica Peruana y la Norma de Albañilería E.070, así como en los costos de producción?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿La utilización de caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) y material puzolánico en los bloques huecos de concreto, proporcionará menor densidad (un menor peso) respecto al bloque de concreto tradicional fabricado con maquina bloquetera en la ciudad del cusco?
- ¿El uso de caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) y material puzolánico en los bloques huecos de concreto, tienen un menor costo de producción respecto al bloque de concreto tradicional fabricado con maquina bloquetera en la ciudad del cusco?
- ¿La utilización de caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) y material puzolánico en los bloques huecos de concreto, proporcionará un mayor aislamiento térmico y acústico respecto al bloque de concreto tradicional fabricado con maquina bloquetera en la ciudad del cusco?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio de las propiedades mecánicas de bloques huecos de concreto, adicionando caucho granulado reciclado de llantas ($\phi = < 2.5$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como agregado grueso y verificar que este cumpla con los estándares de la norma técnica Peruana y la Norma de Albañilería E.070 y obtener mejores costos de producción.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.

- Obtener bloques huecos de concreto de baja densidad (menor peso) respecto a los producidos de forma tradicional con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco,



utilizando caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como agregado grueso.

- Obtener bloques huecos de concreto con un menor costo de fabricación respecto a los producidos de forma tradicional con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco, utilizando caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como agregado grueso.
- Obtener bloques huecos de concreto con mayor aislamiento térmico y acústico respecto a los producidos de forma tradicional con maquina bloquetera en la ciudad del cusco, utilizando caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como agregado grueso

1.4 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (X):

- Variable Independiente X_1 Caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm)
- Variable Independiente X_2 Material puzolánico o tufo volcánico

1.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES (Y)

- Variables Dependientes Y_1 Propiedades mecánicas de los bloques huecos de concreto.
 - Resistencia a compresión axial
 - Resistencia a compresión diagonal



Tabla 1: Operacionalización de variables

| VARIABLE | DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE | INDICADORES | MEDICIÓN | INSTRUMENTOS |
|---|--|---|--------------------|---|
| VARIABLES INDEPENDIENTES | | | | |
| Caucho granulado reciclado de llantas ($\varnothing < 2.5$ mm) | “Sustancia elástica, impermeable y resistente al fuego que se obtiene de ciertas plantas tropicales” (Universal, 2020) | Volumen de Caucho granulado | M ³ | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |
| Material puzolánico o tufo volcánico. | Material Volcánico compuesto de Sílice y Aluminio capaces de tener propiedades cementantes | Volumen de material puzolánico | M ³ | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |
| VARIABLES DEPENDIENTES | | | | |
| Propiedades mecánicas de los bloques huecos | Establecidas según la Norma Técnica Peruana y la norma de Albañilería E.070. | - Resistencia a compresión axial - Resistencia a compresión diagonal | Kg/cm ² | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |
| Peso de los bloques huecos | Cantidad de masa presente en cada bloque hueco de concreto | - Peso/Densidad | Kg/m ³ | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |
| Costo de fabricación de los bloques huecos de concreto. | Costo que implica la producción de bloques huecos de concreto, mano de obra, insumos etc. | - Costo de producción por unidad. | Soles, s/. | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |
| Conductividad térmica y acústica de los bloques huecos de concreto. | Capacidad de control de la transmisión de calor y del sonido. | - Aislamiento térmico y acústico | W/(m·K) | Fichas de laboratorio de mecánica de suelos y materiales. |

Fuente: Elaboración propia.

1.5 DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.

La adición de caucho granulado reciclado de llantas ($\varnothing < 2.5$ mm) en desuso como agregado fino y material puzolánico como agregado grueso en los bloques huecos mejorará las propiedades mecánicas establecidas según la Norma Técnica Peruana y la norma de Albañilería E.070 y disminuirá los costos de producción.



1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

- La adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso y material puzolánico en los bloques huecos de concreto proporcionará menor densidad (un menor peso) frente a los producidos tradicionalmente con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco.
- La producción de bloques huecos con adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso y material puzolánico generan menores costos de fabricación respecto al bloque de concreto tradicional usando maquina bloquetera en nuestra ciudad.
- Los bloques huecos con caucho granulado reciclado de llantas y material puzolánico tendrán un mejor comportamiento térmico y acústico respecto a los producidos tradicionalmente con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco.

1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad los materiales de construcción que se obtienen en el mercado cusqueño fabricados de forma tradicional no suelen cumplir la norma técnica peruana de construcción (norma de Albañilería E.070), por eso es necesario la propuesta de elaboración de bloques de concreto (elementos de albañilería) con características acordes a las normas, e inclusive con mejores performances a un bajo costo, con el uso de materiales no usuales como es el caso del caucho y la puzolana. Simultáneamente con este nuevo uso del caucho se podrá mitigar la contaminación producida por esta, ya que anteriormente mencionado, el caucho es un elemento con una desintegración muy lenta.

El empleo de material puzolánico en la fabricación de bloques huecos le brindara a este una menor densidad (menor peso), esto significa un menor peso por nivel en las edificaciones, y por ende una mejor respuesta sísmica de las mismas. También podemos



inferir que la utilización de la puzolana le brinda mejor resistencia de los bloques de concreto frente a los que no utilizan puzolana.

La presente investigación también servirá como punto de partida para diferentes estudios y así poder utilizar el caucho y la puzolana no solo para bloques de concreto, sino también como un aditivo permanente en la fabricación de concreto.

1.7 DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD

1.7.1 DELIMITACIÓN:

- El análisis mecánico de bloques huecos de concreto de baja densidad con adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso como parte de agregado fino y adición de material puzolánico como parte de agregado grueso será verificado con muestras o especímenes normalizados.
- El caucho triturado se obtendrá de las trituradoras ubicadas en la ciudad del Cusco.
- Los materiales pétreos para esta investigación serán obtenidos de la cantera de Cunyac y la cantera de Vicho
- La puzolana será recolectada de la cantera de Raqchi, en el distrito de San Pedro - Canchis.
- Para la determinación de los ensayos se utilizará las diversas maquinas del laboratorio de Mecánica de Suelos y materiales de la EPIC- UNSAAC así como también laboratorios particulares de mecánica de suelos y materiales de la ciudad del Cusco según sea el caso.
- Para la fabricación de los bloques huecos de concreto se hará uso de la maquina bloquetera disponible en los centros de fabricación de bloques existentes en la ciudad del Cusco (Parque industrial).



1.7.2 LIMITACIONES:

- La investigación se basará en la fabricación de bloques huecos de concreto con la dimensión más comercial en la ciudad del cusco previo estudio de la misma.
- Uso de caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) en desuso como reemplazo del agregado fino y material puzolánico como reemplazo del agregado grueso en 3 porcentajes variables.

1.7.3 VIABILIDAD

- Materia prima caucho granulado reciclado de llantas ($\phi < 2.5$ mm) en desuso en abundancia, así como el material puzolánico o tufo volcánico de la cantera de Raqchi.
- Se tiene a disposición el laboratorio de Mecánica de Suelos y materiales de EPIC - UNSAAC, para realizar los ensayos correspondientes (ver diseño de la investigación).
- Se disponen de la maquina bloquera y la mesa vibratoria para los ensayos respectivos
- Los tesistas disponen de todos los recursos financieros, humanos y materiales necesarios para realizar esta investigación.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

“Dicho material se encuentra en fase experimental aún y no se tienen más datos que su comportamiento acústico y unos ensayos básicos sobre dimensionamiento y resistencia. La particularidad del material formado deriva en que, a su comportamiento acústico y térmico, se le añade el comportamiento impermeabilizante propio del caucho. La propia lámina resultante (unos 7mm) puede ser moldeada para simular una teja de pizarra y puede adaptar su color a las necesidades finales” (Martín Gonzales, 2015)

“Los residuos de llantas usadas a pesar de no ser considerados residuos peligrosos son un residuo de manejo especial, por los grandes impactos que ocasiona su mal manejo y disposición. El reciclar llantas usadas disminuye el impacto que éstas causan en el ambiente y en la salud al ser dispuestas de manera inadecuada. La tecnología para reciclar llantas se encuentra ya desarrollada y es conocida a nivel mundial, pero es necesario encontrar mayores alternativas para el uso del producto final “Arena Plástica” y diversificar sus aplicaciones.” (Cardona Gómez & Sanchez Montoya, 2011)

“El trabajo de campo, corresponde a la construcción de los bloques y de laboratorio ya que es allí donde se midió su resistencia. Los resultados muestran que los bloques de mampostería, fabricados con fibras de caucho de neumáticos reciclados a un porcentaje del 5% en sustitución del agregado fino, tienen mayor resistencia, lo que indica que es una tecnología factible y amigable con el ambiente, debiéndose considerar como una alternativa viable de reciclaje y reutilización de desechos” (Almeida Salazar, 2011)

“Las cenizas volantes son unos de los tipos de adiciones activas empleadas en la fabricación de cementos y hormigones. Son compuestos en los que prevalecen los



componentes ácidos, sílice y alúmina (caso de las cenizas silicoaluminosas) aunque en algunos casos la cal puede presentarse en cantidades importantes (caso de las cenizas sulfocálcicas). Tienen la capacidad de reaccionar con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del cemento Portland, en presencia del agua y a temperatura ambiente, proporcionando compuestos conglomerantes que colaboran en el desarrollo de las resistencias del hormigón. Las cenizas volantes son productos sólidos y en estado de fina división que proceden de la combustión del carbón pulverizado en los hogares de las centrales termoeléctricas que son arrastrados por los gases del proceso y que se recuperan de los mismos en los filtros” (Rodríguez, 1988)

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

“La utilización de concreto elaborado con materiales reciclados permite tener una alternativa en la optimización y disminución considerable de recursos durante el proceso de fabricación de los componentes. Se evaluaron las resistencias a compresión y flexión en concreto de 210 Kg/cm² modificado con aditivo plastificante a edades 7, 14 y 28 días, usando en su composición caucho reciclado de 5, 10 y 15%. Se incluyeron tres grupos experimentales, con aditivo plastificante y caucho reciclado, y dos grupos control, con aditivo plastificante y sin él. La resistencia a la compresión logró valores máximos de 218.45 Kg/cm² y 212.33 Kg/cm² a 5% y 10% de caucho, respectivamente. Para la resistencia a flexión se logró un valor máximo de 81.86 Kg/cm² para 10% de caucho. El caucho reciclado demostró ser un excelente agregado a ser empleado en mezclas de concreto a pesar de las pérdidas de resistencia mecánica, pero agregándole aditivo plastificante mejora significativamente haciendo viable su incorporación en el concreto hasta en 10%. Mediante análisis de varianza con significancia de 5%, se concluye que el porcentaje de caucho reciclado tiene efecto significativo en la resistencia a compresión y flexión en la fabricación de concreto modificado con aditivo plastificante” (Farfán & Leonardo, 2018)



“La presente tesis tiene como finalidad analizar y comparar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, producido a la adición de puzolana natural proveniente del distrito de Chongos Alto de la Provincia de Huancayo, y los concretos con cemento puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo. Para esto primeramente se prepararon los diseños de mezclas patrones (con cemento atlas Puzolánico) para las relaciones $a/c=0.40$, 0.50 y 0.60 , usando como agregado grueso la piedra chancada, y para la uso del canto rodado solo para la relación $a/c=0.60$. Se siguieron las recomendaciones del método de comité ACI 211, y del agregado global para un asentamiento de cono de 4”. Posteriormente se elaboran los diseños de mezclas con cemento andino tipo I en la cual se incorporaron diferentes dosis de adiciones puzolánicos (10%, 20% y 30 %, en peso en sustitución parcial del contenido de cemento en la misma cantidad), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. En cada una de las mezclas (patrón y experimental) se efectuaron ensayos de contenido de aire atrapado, asentamiento, temperatura, exudación, peso unitario, tiempo de fraguado, para concreto fresco; resistencia a la compresión, tracción y durabilidad para concreto endurecido. Los resultados obtenidos de los ensayos, son sometidos a un análisis comparativo entre las mezclas experimentales con respecto a las mezclas patrones. Finalmente se determinó que los mejores resultados, en las propiedades del concreto en el estado fresco y endurecido, producto de la adición de la puzolana natural, fueron para el uso de 10% y 20% de este material, logrando concretos de mayor resistencia y mejor trabajabilidad, siendo estos más impermeables y económicos en comparación de los concreto con cementos puzolánicos atlas” (Muñoz Solano, 2017)

“El estudio realizado tuvo como objetivo verificar la utilización de puzolanas en la producción de morteros y concretos para revestimientos y fabricación de componentes constructivos con base cementicia, como una solución a la urgente necesidad de vivienda en los países en desarrollo.



Con ese fin se identificaron las puzolanas existentes en localidades previamente seleccionadas, se caracterizaron las muestras, estudiaron diferentes dosificaciones de mezclas, preparándose probetas con adición de diferentes porcentajes de puzolana, las que fueron sometidas a ensayos mecánicos, ciñéndose en todo el proceso a las normas técnicas vigentes. Los resultados alcanzados muestran que la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es una puzolana artificial que por sus características puede reemplazar ventajosamente un porcentaje de cemento en la producción de componentes y preparación de morteros para la construcción de viviendas de bajo costo y revestimientos, respectivamente” (Villegas Martínez, 2012)

“En este trabajo se analizó la variación de la resistencia mecánica del concreto con la adición de puzolana volcánica en porcentajes de 10%, 15% y 20% del peso del cemento, se tomó como patrón de diseño a un concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Para ello se elaboraron, 180 especímenes entre cilíndricos y prismáticos, divididos en grupos de 6 para ensayos a compresión y flexión, con los diferentes porcentajes de adición de puzolana y ensayados a 7, 14, 28 y 60 días, los materiales utilizados fueron cemento Pacasmayo Tipo I, agregados extraídos del río Cajamarquino, cantera “La Victoria”, Puzolana volcánica proveniente del caserío Llagamarca distrito de los Baños del Inca y agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, determinándose las propiedades de los agregados y puzolana volcánica, materiales considerados representativos para la ubicación del estudio. Los resultados experimentales mostraron que bajo las tres dosificaciones el concreto incremento su resistencia a los diferentes esfuerzos, sin embargo, el mayor incremento de resistencia a compresión fue de 24.26%, mientras que en flexión la resistencia se incrementó en 10.20 % correspondiendo estos incrementos a una adición de 10% de puzolana, obtenido a la edad de 60 días llegando a la conclusión que es el porcentaje óptimo para su elaboración” (Collantes Quispe, 2017)



2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 BLOQUES DE CONCRETO

“Se denomina bloque de concreto a aquel elemento que por sus propiedades como el peso y su dimensión requiere de las dos manos para su carguío o manipuleo” (Norma E070, 2006)

2.2.1.1 COMPOSICIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Los materiales para producir un óptimo bloque de concreto son: el material cementante, los materiales petreos y el agua. El material petreo más común para su fabricación son la arena, la grava y la piedra, obtenidos de manera natural o triturados artificialmente. *“Los agregados ligeros reducen en un 20 a 45% el peso del bloque respecto a agregados usados en bloques normales”* (Construccion y tecnología, 2006)

2.2.1.2 DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

“En la actualidad los bloques de concreto son fabricados a nivel industrial o a baja escala. Normalmente las materias primas son almacenadas en tolvas y son transportadas según su peso requerido hacia la mezcladora, cilindros con aspas donde se produce la mezcla. La combinación se realiza en seco y luego se añade el agua a la mezcla. Para obtener ciertas propiedades son añadidas con aditivos” (Construccion y tecnología, 2006)

A nivel de baja escala los bloques de concreto son producidos en Bloqueteras y mesas vibratoras, siguiendo los mismos lineamientos mencionados anteriormente.

2.2.1.3 MOLDEADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Al finalizar la mezcla de concreto esta es transportada a la denominada “bloquetera” donde se procede a vaciar la mezcla en un marco con placas que dividen los bloques, debidamente dimensionadas. Las placas están fabricadas en metal lo que asegura su alta resistencia y duración. Según sea necesario las dimensiones o formas de los bloques, las placas pueden ser sustituidas por otras, o solamente, modificadas. Al finalizar la colocación



de la mezcla en la placa y en el marco, esta es compactada en distintas capas uniformemente, al retirar la placa se obtiene los bloques para su almacenaje y secado. (Construcción y Tecnología, 2006, pg12-13)

2.2.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Tabla 2: Tipología de unidades de Albañilería

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje) | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f' b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta |
|---------------|--|--------------|---------------|-----------------------|--|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P (1) | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP (2) | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

Nota: Esta tabla ha sido adaptada de la “NORMA E.070, Albañilería” por Msc. Ing. Ana Torre Carrillo, 2006, pg 16.

Según la norma E.070 de Albañilería, los bloques se dividen en Bloques tipo P que son usados en la construcción de muros con carga y los bloques de tipo NP que son utilizados en muros no portantes (sin carga). (NORMA E.070 Albañilería, 2006, pg. 3)

2.2.1.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Generalmente los bloques de concreto llevan largos y alturas proporcionales, la diferencia se produce en sus anchos, 10, 12, 14, 20 cm según la función que deba cumplir cada una, de tabique o muro. Cada bloque presenta dos alveolos con distintas finalidades, como son la adhesión o la formación de ductos para distintas finalidades. (Arrieta, Peñaherrera, 2001, pg13).



2.2.1.6 PROPIEDADES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

a. Densidad

“La densidad es la cualidad que determina la cantidad de masa por Volumen, por tanto, evalúa si un bloque es pesado o liviano. Es directamente proporcional al nivel de esfuerzo que se necesitara para transportar los bloques” (Arrieta, 2001)

b. Absorción

Se define como la diferencia entre el peso seco del bloque y el peso del bloque sumergido en agua, es la capacidad del bloque para retener el agua. La capacidad de absorción está directamente relacionada con su permeabilidad y capacidad de adherencia al mortero.

c. Impermeabilidad

Determina la capacidad del bloque para permitir el paso del agua sin provocar cambios en su estructura. La granulometría en la mezcla de concreto afectará la permeabilidad o impermeabilidad del material.

d. Resistencia a la compresión

Esta propiedad define la capacidad de resistencia del bloque ante una fuerza externa que la comprime en su superficie, esta es medida tiene valores de carga/área. Es la propiedad más importante de los bloques de concreto y define la calidad de las mimas.

“Según la norma NTP 399.007 la resistencia a compresión axial se determina aplicando una carga de compresión sobre la unidad en dirección en la que esta trabaja” (NTP 399.007 , 2016)

“La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f') se obtendrá restando una des- viación estándar al valor promedio de la muestra” (NTP 399.007 , 2016)



e. Propiedad Acústica

Capacidad del bloque para dejar pasar, reflejar las ondas sonoras cuando estas impactan contra ella. Está directamente relacionado con los materiales que componen el bloque de concreto.

f. Propiedad Térmica

Relacionado directamente con la capacidad del bloque de concreto de conducir y transmitir el calor, también está relacionado con los materiales que la componen. Esta propiedad es muy importante para determinar su uso en lugares donde el clima necesita de una buena preservación de temperatura.

2.2.1.7 PRUEBAS A LOS BLOQUES DE CONCRETO

Para una adecuada determinación de la calidad de los bloques de concreto se realizará las pruebas mencionadas en la “NTP.399.604.2002 *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto*” y la “Norma Técnica peruana E070 *Albañilería*”

a. Muestreo

“Según la NTP E070 este será realizado a pie de obra, se extraerá por cada 50 millares una cantidad de 10 unidades al azar, a las cuales se les realizará los ensayos de variabilidad dimensional y de alabeo. Posteriormente 5 serán ensayadas a compresión y 5 a pruebas de absorción” (Norma E070, 2006)

b. Medición de Dimensiones

“Esta será realizada con una regla de acero graduada, los espesores y los tabiques serán medidos con un vernier. Se medirán tres especímenes al azar, para cada una se tomará medida del Ancho (A), largo (L), altura (H) así también para cada espécimen se medirá el espesor” (NTP.399.604.2002, 2002)

Expresión de resultados

$$V = \frac{De - Mp}{De} \times 100$$

En donde:

V = Variabilidad dimensional

De = Dimensión especificada en mm

Mp = Medida promedio por muestra en mm

c. Alabeo

Los bloques presentaran concavidad o convexidad, esto generara un mayor o menor uso de mortero en juntas con la formación de vacíos, según la NTP 399.604.2002, se coloca la muestra sobre una superficie horizontal, posteriormente se introduce una cuña metálica graduada.

Los resultados serán el promedio de cada medición expresado en milímetros

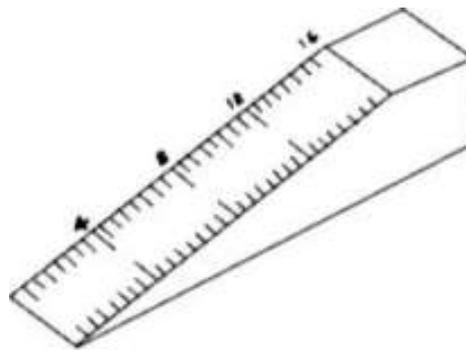


Figura 1. Regla o cuña de medición

d. Absorción

Se tendrán muestras representativas para ser pesadas en seco luego se sumergirán los especímenes en agua con temperatura de entre 15.6 °C y 26.7 °C por un tiempo de 24 horas para obtener las muestras saturadas. Posteriormente se seca la muestra con un trapo seco en todas las caras que tuvieron contacto con el agua, finalmente serán pesados. Las muestras deben pesarse dentro de los 5 minutos después de extraídos del agua. (NTP.399.604.2002, 2002)



Expresión de resultados

$$A = \frac{G4 - G3}{G3} \times 100$$

En donde:

A = Absorción en porcentaje

G4 = Peso de la muestra después de sumergida 24 horas (gr)

G3 = Peso de la muestra en seco (gr)

e. Porosidad

Puesto que la porosidad no está contemplada en la norma NTP 399.604.2002

"UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de

Albañilería de Concreto), esto se llevará a cabo obteniendo tanto la densidad

aparente como la verdadera mediante el siguiente procedimiento teniendo el

apoyo de la norma NORMA TÉCNICA PERUANA DE ENSAYO PARA EL

LADRILLO (NTP331.018). Se secan los especímenes en el horno para luego ser

pesados. Posteriormente colocan los especímenes en agua hirviendo permitiendo

al agua circular de manera libre por las muestras durante 3 horas en ebullición. Se

pesa el espécimen sumergido con una balanza. Se retirará el espécimen, se secará

con un trapo y posteriormente se pesará.

Expresión de resultados

$$V = G1 - G2$$

Donde:

V = Volumen

G1 = Peso espécimen en ebullición.

G2 = Peso espécimen sumergida

G3 = Peso espécimen seco en gramos



$$Da = G3/V$$

Donde:

Dr= Densidad aparente de la muestra

$$Dr = G2/V$$

Al obtener las dos densidades, se puede llevar a cabo el cálculo de la porosidad

(P) aplicando la ecuación:

$$P = \frac{Dr - Da}{Dr}$$

f. Porcentaje de Vacíos

Al no estar contemplado el procedimiento de esta característica en la norma NTP 399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto", esta se realizará con el apoyo de la norma RNE o NTP 331.017. Se medirá las dimensiones de las muestras a ensayar, posteriormente se llenará los alveolos con arena calibrada y se enrasará. La arena que salga de los alveolos se pesara en la balanza.

Expresión de resultados

$$Vol (ladrillo) = LxAxH$$

Vol(ladrillo) = Volumen del espécimen (cm³)

L = largo del espécimen (cm)

A = ancho del espécimen (cm)

H = altura del espécimen (cm)

$$Vol (vacios) = \frac{PESO\ arena}{DENSIDAD\ arena}$$

$$Area\ Bruta = \frac{Vol(ladrillo)}{H}$$



$$Area\ de\ vacios = \frac{Vol(vacios)}{H}$$

Finalmente, utilizamos la siguiente expresión para determinar el porcentaje de vacíos:

$$\% vacios = \frac{Area\ Bruta\ x100}{Area\ de\ vacios}$$

g. Succión

Se define como la velocidad por la cual el agua ingresa a la muestra. Esta característica ayuda al momento de asentar el muro y preparar el mortero, para que este no tenga una falta o un exceso de agua de mezcla. Se secará las muestras y se colocará en una bandeja horizontal con agua, midiendo el largo y ancho que estará en contacto con el mismo. Se tomará control del tiempo en el cual el agua es absorbida con un cronometro, al final se sacará la muestra, se secará y se pesará.

Expresión de resultados

$$S = \frac{(Psuc - Ps) x 200}{A}$$

Donde:

S = Succión

Psuc = Peso de unidad con Succión

Ps = Peso seco

A = Área en contacto de la unidad

h. Resistencia a la Compresión

La compresión axial y diagonal de los bloques de concreto se determinará con lo establecido en la norma NTP 399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto”. Se define como la capacidad del concreto para soportar las cargas sometidas en un área determinada. Esta se calculará en términos de Esfuerzo/área, kg/cm^2 , Psi. MPa. Los resultados suelen ser indicador de la calidad del concreto, así como para la verificación de malas dosificaciones o errores en la producción.

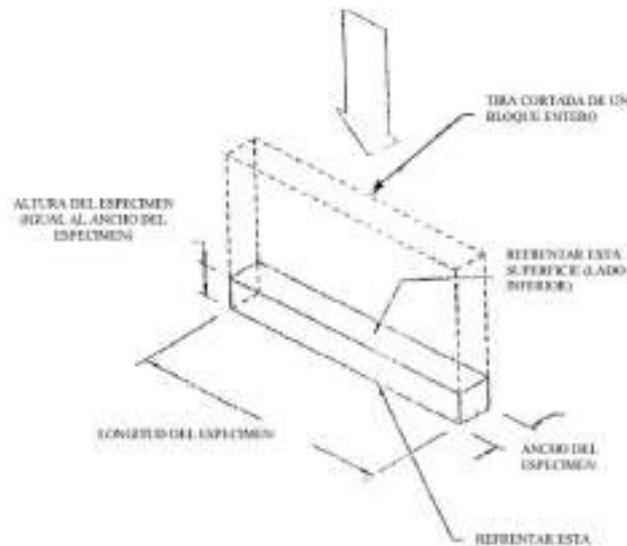


Figura 2. Esquema del ensayo a compresión axial de bloques de concreto.

Fuente: Norma NTP 399.604.2002

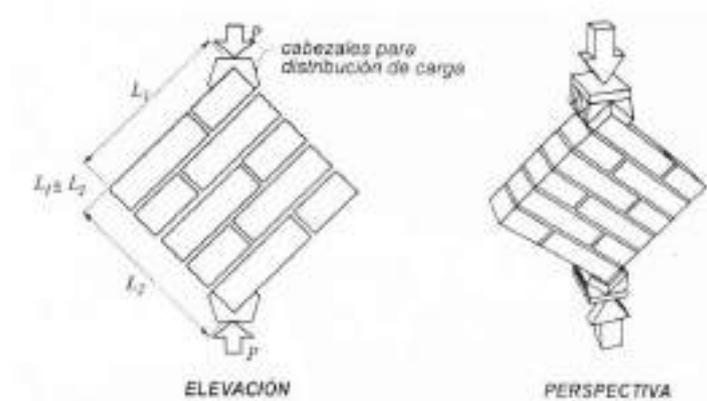


Figura 3. Esquema del ensayo a compresión diagonal de muretes de bloques de concreto

Nota: La figura muestra la forma de realizar el ensayo a compresión de muretes con bloques huecos. Tomado de Estudio De Resistencias A Compresión Diagonal

(Cortante), 2004, pg 15.



La resistencia a compresión de los bloques de concreto según La Norma Técnica Peruana NTP E070 son:

Tabla 3: Resistencia a la compresión de tipo estructural y no estructural

| Clase | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta. |
|------------------------|---|
| Bloque Portante (1) | 4,9 (50) |
| Bloque No Portante (2) | 2,0 (20) |

Nota: Figura adaptada de la Norma técnica peruana Ntp E070

2.2.1.8 VENTAJAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

a. Económico

“La construcción con bloques de concreto a comparación de otros materiales tradicionales asegura un ahorro de costos debido a la Uniformidad de las unidades, mejores resistencias, durabilidad, etc. Así mismo reduce la cantidad de desperdicio en obra y por ser un material con dimensiones definidas se puede calcular fácilmente la cantidad necesaria para cada trabajo” (GrupoMorbeck, 2015)

b. Propiedades Mecánicas

“Los bloques de concreto aseguran una transmisión adecuada de cargas en toda su superficie gracias a la uniformidad en las dimensiones, por lo tanto, produce mejores resistencias a compresión. Esto generara que los bloques sean más durables. Esto hace posible que los bloques de concreto sean utilizados en muros portantes y no portantes” (GrupoMorbeck, 2015)

c. Comportamiento ante el fuego

“Los bloques de concreto conservaran sus propiedades estructurales hasta 240 min después de haber sido expuesto al fuego” (GrupoMorbeck, 2015)

d. Aislamiento Acústico

“Los bloques de hormigón de calidad constituyen un material de construcción que posee unas características acústicas muy válidas para cumplir la normativa vigente, incluso con soluciones de una sola hoja y ejecución sencilla. Así encontramos, entre los fabricantes de Normabloc, productos que pueden llegar a alcanzar los 60 dB de aislamiento acústico, y otros diseñados como excelentes absorbentes acústicos y difusores del sonido” (GrupoMorbeck, 2015)

e. Aislamiento térmico

A comparación de otros materiales de construcción como el ladrillo artesanal, los bloques de concreto necesitan más tiempo para calentarse debido a su densidad elevada, por tanto la conservación del calor será duradera. Enfriamiento lento.

f. Reciclaje

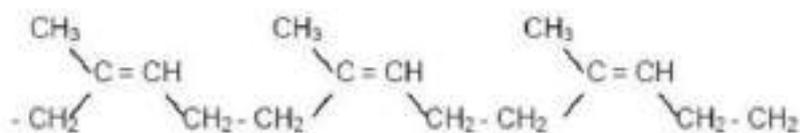
Debido a su composición los bloques de concreto son amigables con el medio ambiente, por lo tanto, incluso después de haber sido utilizados estos pueden ser desechados y utilizados como áridos.

2.2.2 CAUCHO

2.2.2.1 CAUCHO NATURAL

Material extraído de la corteza de algunas plantas como la Hevea Brasiliensis, su producción se divide en distintas presentaciones como es el Latex, El caucho ripio, en lámina o el caucho en granos. (Petroquímica – Caucho, pg. 328)

Figura 4. Cadena de polímeros – Caucho natural



Fuente: Materiales Y Compuestos Para La Industria Del Neumático



2.2.2.2 CAUCHO SINTÉTICO

Su obtención se logra a partir del petróleo por métodos como la polimerización. Este proceso se logra con procedimientos a nivel petroquímico. Posteriormente se obtiene el etilbenceno, el estireno y el acrilonitrilo. La mezcla del caucho sintético y natural son usadas para la elaboración de distintos productos. (Petroquímica – Caucho, pg. 328)

2.2.2.3 LLANTAS O NEUMÁTICOS

“Un neumático es básicamente un elemento que permite a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consiste en una cubierta principalmente de caucho que contiene aire el cual soporta al vehículo y su carga. Su invención se debe al norteamericano Charles Goodyear quién descubrió, accidentalmente en 1880, el proceso de vulcanización, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo.” (Castro, 2008)

La llanta está compuesta por:

Tabla 4: Composición del neumático según la Rubber Manufacturers Association

| | |
|--|---------------------|
| Caucho natural | 14 % |
| Caucho sintético | 27% |
| Negro de humo | 28% |
| Acero | 14 - 15% |
| Fibra textil, suavizantes, óxidos antioxidantes, etc. | 16 - 17% |
| Peso promedio | 8,6 Kg |
| Volumen | 0.06 m ³ |

Nota: Esta tabla ha sido adaptada del libro Materiales Y Compuestos Para La Industria Del Neumático



2.2.2.4 RECICLAJE DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS O LLANTAS

“Poco después de la invención de la llanta de neumático en 1877, el fabricante estadounidense Chapman Mitchel fundó una nueva rama de la industria introduciendo un proceso de recuperación del caucho de desecho con ácido, reciclándolo para usarlo en nuevos productos. Para ello empleó ácido sulfúrico que destruye los tejidos incorporados al caucho, y después, al calentarlo, consiguió que el caucho adquiriera la plasticidad suficiente para incorporarlo en lotes de caucho crudo. Alrededor de 1905, el químico estadounidense Arthur H. Marks inventó el proceso de recuperación alcalina y estableció el primer laboratorio de fábrica de caucho. Este método permitió la producción de grandes cantidades de caucho, de gran demanda, sin rebajar sustancialmente la calidad del producto acabado. Al año siguiente, el químico estadounidense George Oenslager, que trabajaba en el laboratorio de Marks investigando el uso de caucho de baja graduación en los procesos de manufacturación, descubrió los aceleradores orgánicos de la vulcanización, como la fenilamina y la tiocarbanilida. Estos aceleradores no sólo reducían en un 60-80% el tiempo necesario de calentamiento para la vulcanización, sino que además mejoraban la calidad del producto” (Castro, 2008)

2.2.2.4.1 FORMAS DE RECICLAJE DE LLANTAS

“El proceso para el reciclaje de neumáticos es puramente mecánico, por tanto, los productos resultantes son de alta calidad y limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la reutilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos. Del tratamiento de los neumáticos fuera de uso se obtiene aproximadamente:” (Martín Gonzales, 2015)



Figura 4. Porcentajes recuperados del reciclaje de llantas

Nota: Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica

2.2.2.5 CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS

Se obtiene a partir del proceso de trituración en máquinas industriales, el producto final tiene tamaños de 0 a 7 mm de diámetro según sea la utilización que se vaya a disponer.

Tabla 5: Diámetros y usos del caucho triturado

| DIAMETRO PRODUCTO FINAL | USOS |
|-------------------------|----------------------------------|
| Caucho 0,0 – 0,6 mm | Mezclas bituminosas. |
| Caucho 0,6 - 2 mm | Césped artificial. |
| Caucho 2 - 4 mm | Seguridad y productos moldeados. |
| Caucho 2 - 7 mm | Hípica y sacos de boxeo. |

Nota: Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica

2.2.2.5.1 PAVIMENTOS DE SEGURIDAD

“La estructura monolítica del pavimento se forma con gránulos de caucho, con espesores diferentes para obtener las propiedades específicas a cada tipo de pavimento, mezclados con un ligante de poliuretano monocomponente” (Martín Gonzales, 2015)



2.2.2.5.2 CÉSPED ARTIFICIAL

Elemento fabricado para similar las características de un césped natural a partir de materiales plásticos, tiene ventajas como son de fácil mantenimiento, rapidez en la instalación, durabilidad, uniformidad, mejor apariencia estética etc.

2.2.2.5.3 ASFALTOS

“El uso de caucho pulverizado en mezclas asfálticas y bituminosas tiene una serie de otros beneficios. Por otro lado, este tipo de mezcla presenta mínimas deformaciones y una mayor durabilidad. El costo no solo disminuye durante la construcción, sino también después durante las tareas de mantenimiento” (Martín Gonzales, 2015)

2.2.3 PUZOLANA

“Las puzolanas son materiales que contienen aluminio/silice que, por sí solos, tienen poca o ninguna calidad aglomerante, pero cuando se mezclan con cemento en presencia de agua, se fraguan y endurecen como un cemento. Además, juegan un papel importante en la producción de materiales que sirven como alternativas al cemento Portland” (Practical Action, 1994)

2.2.3.1 HISTORIA DE LAS PUZOLANAS

“Los griegos, 400 A .C, fueron los primeros que emplearon puzolanas en morteros de cal. Más tarde, los romanos no sólo usaron piezas de cerámica, ladrillos y tejas pulverizadas para formar las primeras puzolanas artificiales, sino también descubrieron que algunos suelos volcánicos mezclados con cal eran excelentes para producir morteros hidráulicos (un mortero hidráulico fragua y endurece bajo el agua, y es más duradero que un mortero corriente de cal). Tales suelos fueron encontrados en los alrededores de la población de Pozzuoli, cerca de Nápoles, y de aquí el nombre de puzolana” (Practical Action, 1994)

“Más recientemente, entre 1910 y 1912, más de 100,000 toneladas de puzolana fueron usadas en la construcción del acueducto de Los Ángeles. Desde entonces, las puzolanas han



sido empleadas en muchas obras de infraestructura marina y de concreto masivo, especialmente en Europa, USA y Japón” (Practical Action, 1994)

2.2.3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PUZOLANAS

Se presenta una guía general de la composición de las Pozolanas.

Tabla 6: Composición química pozolanas

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Sílice + Aluminio + Óxido de Hierro | >70% |
| Carbono | < 12% |
| Otros óxidos y álcalis | < 15% |
| Pérdida por ignición | < 15% |

Nota: Pozolanas – Practical action

Una gran cantidad de pozolanas tiene un contenido de Sílice no menor del 40%, las mejores pozolanas por el contrario tienen hasta un 90% de Sílice. (Practical Action, 1994, pg3)

2.2.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PUZOLANAS

Por su origen, las pozolanas se dividen en Pozolanas naturales y Pozolanas Artificiales.

2.2.3.3.1 PUZOLANAS NATURALES

“Los materiales denominados pozolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico. Las pozolanas naturales de origen mineral son productos de transformación del polvo y “cenizas” volcánicas que, como materiales piroclásticos incoherentes procedentes de erupciones explosivas, ricos en vidrio y en estado especial de reactividad, son aptos para sufrir acciones endógenas (zeolitización y cementación) o exógenas (agilización), de las cuales las primeras son favorables y las segundas desfavorables. Por una continuada acción atmosférica (meteorización) se convirtieron en tobas, esto es en rocas volcánicas, más o menos consolidadas y compactas, cristalinas, líticas o vítreas, según su naturaleza. El origen volcánico de las pozolanas



naturales es determinante de su estructura. La estructura de las rocas, que se han originado por el enfriamiento de grandes masas de lava que han fluido completamente, depende de la velocidad en que se ha producido el fenómeno” (Salazar, 2002)

2.2.3.3.2 PUZOLANAS ARTIFICIALES

“Son aquellas puzolanas que se formaron a través de diversos tratamientos térmicos. Entre los cuales se encuentran los formados por materia Silicatada natural, arcilloso y esquistosa. Estos obtienen la denominación puzolánica ya que han sido tratados con procedimientos térmicos “ex profeso”. También tenemos aquellas puzolanas artificiales que fueron formadas a través de diversos procesos a nivel industrial, las cuales obtienen un carácter puzolánico” (Salazar, 2002)

Tabla 7: Clasificación Puzolanas Artificiales

| Puzolanas Artificiales | |
|------------------------|----------------------|
| Polvo de Ladrillo | Residuos de Bauxitas |
| Bauxitas | Polvo de Chimeneas |
| | Cenizas Volantes |
| | Escorias |

Nota: Texto elaborado por Alejandro Salazar J



2.2.3.4 VENTAJAS DEL USO DE PUZOLANAS

Tabla 8: Ventajas de las Puzolanas en los Cementos Puzolánicos

| | |
|--|--|
| <p>A. En la resistencia mecánica A.1 A largo plazo, al prolongar el periodo de endurecimiento A.1.1 A tracción A.1.2 A compresión A.1.3 Mejor relación tracción - compresión</p> | <p>E. En la plasticidad D.1 Rebajando la relación a/c D.2 Reduciendo la segregación D.3 Evitando la exudación y el sangrado</p> |
| <p>B. En la estabilidad B.1 Frente a la expansión por cal libre B.2 Frente a la expansión por sulfatos B.3 Frente a la expansión por la reacción álcalis - agregado B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c B.5 Frente a la retracción térmica por enfriamiento B.6 Frente a la fisuración</p> | <p>F. En la impermeabilidad F.1 Reduciendo la porosidad F.2 Evitando la formación de eflorescencias F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita</p> |
| <p>C. En la durabilidad C.1 Frente a ataques por agua puras y ácidas C.2 Frente a ataques por aguas y suelos sulfatados C.3 Frente a ataques por agua de mar C.4 Frente a ataques por gases de descomposición y fermentación de materias orgánicas C.5 Frente a la desintegración por la reacción álcalis - agregado</p> | <p>G. En la adherencia G.1 Del agregado a la pasta G.2 Del mortero a las armaduras</p> |
| <p>D. En el rendimiento y la economía D.1 Al corresponder a los cementos puzolánicos mayor volumen que a otros conglomerantes a igualdad de peso D.2 Al ser los cementos puzolánicos, en general, conglomerantes más baratos</p> | <p>H. En el comportamiento térmico H.1 Al liberar menor calor de hidratación H.2 Al producir menor elevación de temperatura</p> |

Fuente: Texto elaborado por Alejandro Salazar J

2.3 NORMAS LEGALES PARA ENSAYOS DE LABORATORIOS.

a) NTP 400.012.2013

AGREGADOS Análisis granulométrico

b) NTP 400.017.2011

AGREGADOS: ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.



c) NTP 400.021.2002

AGREGADOS: peso específico y absorción del agregado grueso.

d) NTP 400.022.2013

AGREGADOS: peso específico y absorción del agregado fino.

e) NTP 399.600.2010

UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: Bloques de Concreto para uso no estructural.

f) NTP 399.610.2013

Especificación normalizada para morteros

g) NTP 399.604.2002

Muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

h) NTP 399.621.2004

Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

i) NTP E.070

Albañilería

2.4 MARCO CONCEPTUAL

a) Cemento portland: “Es un conglomerado o cemento hidráulico que, mezclado con aire, agua y fibras de hierro irregulares y discretas, tiene la capacidad de formar un mortero resistente y duradero conocido como hormigón” (Wikipedia, 2020)

b) Agregado: “Estos materiales granulares inertes, naturales o sintéticos, se combinan con cemento Portland en presencia de agua para formar hormigón o concreto, que es una piedra completamente compactada.” (Guzman, 2020)

c) Concreto Líquido o Grout: “La lechada de concreto es un producto hecho de una mezcla de material cementoso y agua con o sin aditivos. La lechada se usa para llenar espacios vacíos o huecos para asegurar la continuidad entre los componentes del edificio.” (Construmatica, 2010)



- d) **Mortero:** “Los morteros son mezclas plásticas a base de un aglomerante, arena y agua que se utilizan para unir las piedras o ladrillos que forman las estructuras de las fábricas y decorarlas con luces o reliquias.” (Tareas, 2015)
- e) **Capping:** Capa delgada capaz de nivelar la superficie de los especímenes para su uso en ensayos de laboratorio.
- f) **Granulometría:** “Es la distribución de los tamaños de los componentes de un agregado, según lo determinado a través del análisis de tamices. Se trata de medir los gránulos en una formación sedimentaria y calcular la abundancia de los que corresponden a cada uno de los tamaños definidos por una escala granulométrica.” (Ecured, 2011)
- g) **Probeta Cilíndrica:** Molde capaz de almacenar la muestra de concreto para su posterior ensayo. De material no deformable como el acero.
- h) **Concreto Fresco:** “La etapa de la construcción con concreto que incluye mezclar todos los materiales, incluida el agua, y colocar el hormigón en su posición final después de que se hayan aplicado el curado inicial.” (Tareas, 2015)



CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

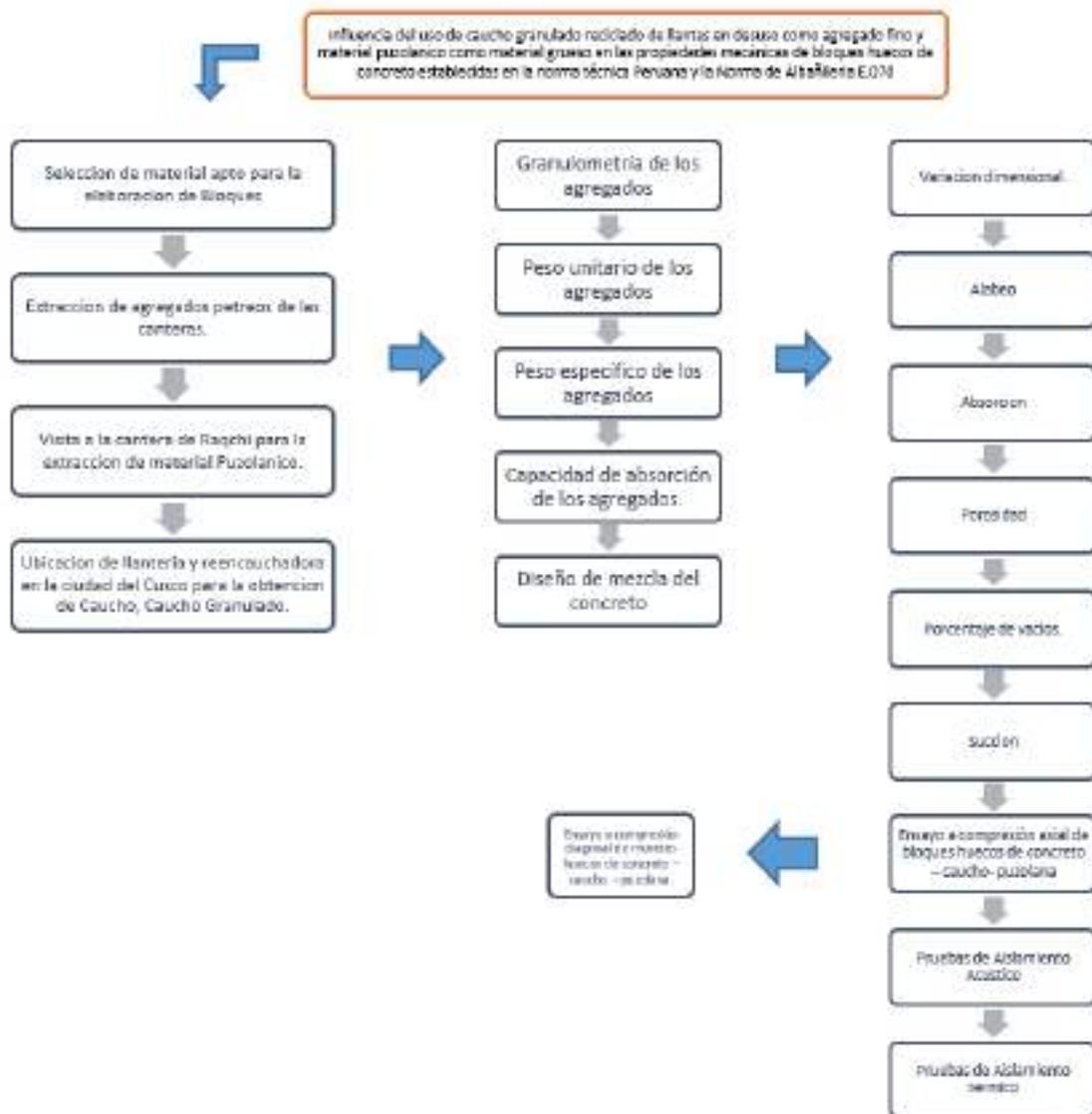
- Según los datos obtenidos a través de ensayos, pruebas de laboratorio y luego de ser calculados, medidos, cuantificados y dando resultados números definidos, la investigación es de **Tipo CUANTITATIVA**, se estudia la influencia en las características de los bloques de concreto, la adición en porcentajes de Caucho granulado de llantas en desuso y material puzolánico. Para luego ser comparadas con bloques sin ningún tipo de modificación (bloques tradicionales).
- La investigación al ser realizada en un periodo de tiempo definido, esta es de tipo **TRANSVERSAL**.
- Según el grado de profundidad que tiene la investigación esta se define de tipo **CORRELACIONAL** ya que los datos están enlazados unos con otros, y la influencia de un valor, modifica otra.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Con el fin de obtener datos necesarios para responder las distintas preguntas de la investigación, esta investigación es diseño en laboratorio y campo o experimental, los cuales están realizados para conocer la influencia del uso de caucho granulado reciclado de llantas en desuso como agregado fino y material puzolánico como material grueso en las propiedades mecánicas de bloques huecos de concreto establecidas en la norma técnica Peruana y la Norma de Albañilería E.070, así como en los costos de producción.

En la siguiente figura se muestra los procedimientos necesarios para la investigación.

Figura 5. Esquema global de la Investigación



Nota: Elaboración propia

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se tomará como población el total de bloques huecos de concretos fabricados con caucho granulado reciclado de llantas ($\varnothing < 2.5$ mm) y material puzolánico.

Según la fórmula para el cálculo del tamaño muestral se tiene:

Para población indeterminada (más de 100000 elementos)



| | |
|---------------------------------------|---|
| $n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$ | <p>n = Tamaño de la muestra p = Probabilidad que la hipótesis sea verdadera q = (1-p) Probabilidad de No ocurrencia de la hipótesis e = Error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población. aceptable Z = Coeficiente de confiabilidad (Nivel de Significancia) que corresponde a una distribución normal según el % de confianza requerida.</p> |
|---------------------------------------|---|

| Nivel de confianza | Coeficiente de confiabilidad (Z) |
|--------------------|----------------------------------|
| 99 % | 2.58 |
| 98 | 2.33 |
| 97 | 2.17 |
| 96 | 2.05 |
| 95 | 1.96 |
| 90 | 1.65 |
| 80 | 1.28 |
| 50 | 0.67 |

Nota: En algunas investigaciones se puede reemplazar la expresión p.q por la varianza de la variable: σ^2

Figura 6. Valores de Coeficiente de confiabilidad

Nota: Imagen tomada de la Metodología de la Investigación Científica para ingenieros

Por tanto, se realiza el cálculo de muestras representativas:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$
$$n = \frac{1.28^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.21^2}$$
$$n = 9.3$$



Tabla 9: Número de unidades a ensayar para compresión axial y compresión diagonal de muretes

| Proporcionamiento | Ensayos | |
|------------------------------------|---|--------------------------------|
| | Unidades Compresión axial | Muretes compresión Diagonal |
| Bloques de tipo tradicional | 10 Und (7 días) 10 Und (14 días) 10 Und (28 días) | 3 Und (28 días) |
| 1° % Proporcionamiento | 10 Und (7 días) 10 Und (14 días) 10 Und (28 días) | 3 Und (28 días) |
| 2° % Proporcionamiento | 10 Und (7 días) 10 Und (14 días) 10 Und (28 días) | 3 Und (28 días) |
| 3° % Proporcionamiento | 10 Und (7 días) 10 Und (14 días) 10 Und (28 días) | 3 Und (28 días) |

Fuente: Elaboración propia

a) Numero de Especímenes a Ensayar para cada Proporcionamiento:

- ✓ Unidades a compresión Axial:
 - 10 Unidades x 7
 - 10 Unidades x 14
 - 10 Unidades x 28
- ✓ Muretes a Compresión diagonal



- 12 unidades a los 28 días (compuesto por 8 bloques)
- ✓ Aislamiento térmico
 - 1 caja (compuesto por 7 Bloques)
- ✓ Aislamiento Acústico
 - 1 caja (compuesto por 7 Bloques)
- ✓ Alabeo, Variación Dimensional, Succión, Porosidad, Porcentaje de Vacíos, Absorción (Por ser ensayos no destructivos se utilizará los mismos especímenes)
 - 3 Unidades a los 28 días o posterior.

El total de especímenes de ensayar por cada proporcionamiento será de 71 unidades. Por consiguiente:

Total de especímenes a ensayar = Numero de proporcionamientos x Numero de especímenes

Total de especímenes a ensayar = 4 x 71

Total de especímenes a ensayar = 284 unidades.

3.4 TÉCNICAS Y FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente investigación se utilizará distintas técnicas de recolección de datos, los cuales nos brindaron ciertas características para su uso que detallaremos a continuación:

- Al ser una investigación cuantitativa y se manejaran datos y cálculos, las técnicas de recolección de datos son confiables.
- Las técnicas de recolección de datos son prácticas y fáciles de usar en campo.
- Fueron fáciles de acceder durante el tiempo que duró la investigación.

Técnicas de recolección de datos:



✓ **La Observación**

“La observación es la técnica más usada en la historia y la más antigua, igualmente es una de las técnicas que están en vigencia en la actualidad”. (Borja, 2012)

Según Borja (2012) todos los datos deberán ser plasmados en formatos adecuados para la recolección de datos.

En la presente investigación se toma registro, datos y cálculos presentes en cada etapa, apoyándonos en el uso de nuestros sentidos y las herramientas que mencionaremos en el siguiente ítem.

3.4.1 HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1.1 HERRAMIENTAS

Las hojas con formatos definidos fueron las principales herramientas para la recolección de datos en la investigación. Se usó las siguientes plantillas:

- ✓ Plantilla para identificar las características de granulometría de los agregados.
- ✓ Plantilla para datos y cálculo de diseño de mezcla.
- ✓ Plantilla para cálculo de la resistencia a compresión, con y sin caucho y puzolana.
- ✓ Plantilla para Calculo de resistencias a compresión axial, tiempo de curado, dimensiones, fecha de ensayo de los bloques de concreto.
- ✓ Plantilla para Calculo de resistencias a compresión diagonal, tiempo de curado, dimensiones, fecha de ensayo en muretes.

3.4.1.2 EQUIPOS

La presente investigación se apoyó en el uso de equipos para la recolección de datos, los cuales fueron:

- ✓ Computadora, Maquina electrónica con capacidad para almacenar información, procesarla y arrojar resultados mediante operaciones lógicas, normalmente con control a través de programas informáticos o apps.



CAPÍTULO IV

4. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CAUCHO, PUZOLANA Y AGREGADOS

Para iniciar con la investigación se tendrá que estudiar las características de las materias primas que estarán presentes en nuestra mezcla de concreto y nuestros bloques huecos de concreto, un estudio adecuado de este componente nos ayudará en obtener mejores resultados. Los ensayos realizados en la investigación están basados en las normas que se mencionan, “NTP 400.010, NTP 400.011, NTP 400.012, NTP 400.017, NTP 400.021, NTP 400.022, NTP 400.036”

Los materiales como el Caucho y la Puzolana, al no tener normas que establezcan los ensayos pertinentes, también usaran las normas antes mencionadas.

4.2 LA PUZOLANA

4.2.1 IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA PUZOLANA

A dos horas y media de viaje del Cusco hacia la ciudad de Sicuani se encuentra la comunidad campesina de Raqchi. Muy cerca tenemos el volcán Quinsachata la cual es la proveedora de material puzolánico más cercana de la ciudad. El acceso es por un camino inca básico, atravesando el centro arqueológico de Raqchi. El viaje a pie es en ida y vuelta un total de dos horas hasta el lugar de acopio de la Puzolana, la cantera de “Acco Pata”, debido a su altitud el clima en este lugar es Frio a Templado.

La cantera presenta grandes cantidades de material puzolánico, desde rocas de gran tamaño hasta material muy fino.



Figura 7. Ruta de acceso al volcán de Quinsachata

Fuente: Google Earths

La elección de la puzolana se dio con la ayuda de nuestros sentidos y el apoyo de personal, el cual nos recomendó buscar en las zonas más alejadas pues ahí se encontraba un material puzolánico en mejores condiciones, sin muchas impurezas, ni contaminación producidas por estar expuestas a la intemperie.



Figura 8. Material Puzolánico volcán de Quinsachata

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 EXTRACCIÓN DE LA PUZOLANA

Después de identificar nuestro lugar de acopio de la puzolana se procedió a la excavación de zanjas no mayores a 1 metro, en este punto se encuentra una puzolana de mejor calidad y limpieza. Gracias al apoyo de una malla metálica se pudo extraer los materiales de gran tamaño, así material orgánico, piedras que pudieran estar presentes.



Figura 9. Identificación y extracción de Puzolana –Cantera Raqchi

Fuente: Elaboración Propia

Por la necesidad y el difícil acceso a la cantera se realizaron varias visitas a la misma para la extracción, se tuvo un total de 3 viajes para obtener el suficiente material para la investigación. El carguío de material se hizo en sacos y bolsas, por la condición de la zona y ser un área restringida no se pudo hacer uso de equipo extra como hubiera podido ser una carretilla o algún vehículo de carga.

Como las visitas se realizaron en fechas donde no se tenía la presencia de lluvias, el material extraído no presentaba humedad por lo cual su carguío era más fácil.

En total en todos los viajes se pudo extraer 10 sacos de 40kg y 30 kg cada uno, estos eran suficientes para la investigación.



Figura 10. Transporte de material puzolánico en sacos

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 GRANULOMETRÍA DE LA PUZOLANA

4.2.3.1 DESCRIPCIÓN

El material puzolánico tendrá la función de agregado grueso en el concreto con diversos porcentajes entonces para determinar el tamaño de las partículas, usaremos lo establecido en la norma “NTP 400.012: 2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico”. La norma indica que se debe obtener una muestra representativa para luego pasarla por una serie de tamices y medir sus valores.

4.2.3.2 HERRAMIENTAS/APARATOS

- ✓ **Balanza:** “Como la puzolana será utilizada como agregado grueso será necesario una balanza con aproximación y exacta a 0,5 g o 0,1 % del peso de la muestra representativa, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso” (NTP 400.012, 2013)



- ✓ **Tamices:** Deberán asegurar que no se produzca perdida de material durante el ensayo. Usar 1½". 1", ¾". ½" ,3/8", # 4 #8 y Fondo para el Agregado Grueso;
- ✓ **Agitador Mecánico de Tamices:** *“Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado”* (NTP 400.012, 2013)

Por recomendación de la norma el agitador mecánico debe ser utilizado cuando la cantidad de la muestra es mayor o igual a 20 kilos, no se debe de exceder en el tiempo de tamizado (10 minutos) puesto que se producirá degradación del material, así como perdida de la misma. (NTP 400.012: 2013, pg.4)
- ✓ **Horno:** Capaz de mantener una temperatura de 110° C +- 5°
- ✓ **Recipientes:** Capaces de almacenar las muestras representativas.



Figura 11. Balanza del Laboratorio De Mecánica De Suelos Y Materiales con muestra de material Puzolánico

Nota: Elaboración propia



4.2.3.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ La cantidad de la muestra deberá ser la estipulada en la NTP 400.010.

Tabla 14: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

| Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg) | Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb) |
|---|--|
| 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 ½) | 15 (33) |
| 50 (2) | 20 (44) |
| 63 (2 ½) | 35 (77) |
| 75 (3) | 60 (130) |
| 90 (3 ½) | 100 (220) |
| 100 (4) | 150 (330) |
| 125 (5) | 300 (660) |

Fuente: NTP 400.010.2011

Se tomará una cantidad de muestra de material puzolánico de 3 kg, se realizará el cuarteo, luego se lavará la muestra y se secará en el horno.

- ✓ Después de secada la muestra se tomará 1500 gr para pasarla por los tamices.
- ✓ Después de ordenar los tamices (¾", ½", 3/8", # 4 #8) se coloca el material puzolánico en el mismo.
- ✓ Ya que el agitador mecánico estaba en uso por otros estudiantes se hizo el agitado de forma manual, con la fuerza suficiente para producir que las partículas se desplacen por los orificios, pero controlada, ya que se puede producir derrame de material.



Figura 12. Tamizado de la Puzolana

Nota: Elaboración Propia

- ✓ Al terminar el proceso de tamizado se desmonto y se pesó el material retenido en cada tamiz para determinar mediante el cálculo la distribución de tamaños de las partículas.
- ✓ Al terminar el ensayo granulométrico se procede a vaciar y limpiar cada tamiz.

4.2.3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los resultados de análisis granulométrico de la Puzolana de la cantera de Raqchi se muestra a continuación:

Tabla 15: Granulometría de la Puzolana

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % PARCIAL RETENIDO | % ACUMULADO | |
|-------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|---------|
| | | | | RETENIDO | PASANTE |
| 3/4" | 19,000 | 59,15 | 3,95 | 3,95 | 96,05 |
| 1/2" | 12,500 | 496,07 | 33,16 | 37,11 | 62,89 |
| 3/8" | 9,500 | 384,67 | 25,71 | 62,82 | 37,18 |



| | | | | | |
|---------|------------|-------|--------|--------|------|
| Nº4 | 4,750 | 516,2 | 34,50 | 97,32 | 2,68 |
| Nº8 | 2,360 | 23,16 | 1,55 | 98,87 | 1,13 |
| BANDEJA | 0,075 | 16,93 | 1,13 | 100,00 | 0,00 |
| | PESO TOTAL | 1496 | 100,00 | | |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 16: Límites Granulométricos Astm C33/ Aashto M6)

| LÍMITES GRANULOMÉTRICOS ASTM C33/ AASHTO M6) | | |
|--|----------|-----------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PORCENTAJE PASA |
| 3/4" | 19,000 | 100 |
| 1/2" | 12,500 | 90 |
| 3/8" | 9,500 | 40 |
| Nº4 | 4,750 | 0 |
| Nº8 | 2,360 | 0 |

Fuente: Astm C33/ Aashto M6

4.2.4 PESO UNITARIO DE LA PUZOLANA

Para el cálculo del Peso unitario de la Puzolana nos basaremos en la aplicación de lo indicado en la norma NTP 400.017 AGREGADOS.

4.2.4.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

- a) **Balanza:** Con una graduación al menos de 0,05 kilogramos. Con precisión de 0,1% de la carga de ensayo.
- b) **Varilla de Apisonamiento:** Estará fabricada de una varilla lisa de acero de forma cilíndrica o redondeada con 16 mm de diámetro, la longitud será de 60 centímetros. Los extremos también tendrán terminación redondeada semi- esférica del mismo diámetro de la varilla.
- c) **Recipiente:** Capaz de almacenar la muestra sin que esta tenga cambios en su estructura. Preferiblemente será de material impermeable y provisto de asas para su



adecuado manejo. El diámetro del recipiente será equivalente a la altura, no obstante la altura no será menor de 80% el diámetro ni mayor que el 150% del diámetro. La cantidad de material será limitada por la siguiente tabla:

Tabla 17: Volumen de los recipientes

| T nominal máx. del agregado | | Capacidad del recipiente ^A | |
|-----------------------------|------|---------------------------------------|----------------|
| mm | pulg | m ³ | p ³ |
| 12,5 | 1/2 | 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

d) **Cucharón:** Una pala con tamaño necesario para transportar la muestra con facilidad

4.2.4.2 MUESTREO

El tamaño de la muestra según la Norma NTP 400.010 será aproximadamente 125 % - 200 % de muestra para llenar el recipiente, la manipulación de la misma será realizada de manera que se evite la segregación. Se extrae 8 kg de material puzolánico para la prueba de peso Unitario suelto y peso unitario compactado.

4.2.4.3 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA PUZOLANA

4.2.4.3.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- a) Se toma la cantidad de 4.0 kg de muestra
- b) Llenar el recipiente a 1/3 de la altura y se nivela introduciendo los dedos en el recipiente.
- c) Apisonar después de llenar cada tercio de la altura con 25 golpes con la varilla desde el centro hasta el exterior uniformemente, en el primer nivel de muestra se procura no

“chucear” el fondo del recipiente con la varilla, en las capas siguientes se aplica la fuerza suficiente evitando que la varilla penetre en la capa anterior.

- d) Al llegar al último tercio de la altura, se procede a llenar el recipiente hasta rebasar el llenado y apisonar nuevamente.
- e) Terminado el procedimiento de apisonado se procede a enrasar el material
- f) Se registran las masas del recipiente sin y con material puzolánico



Figura 13. Material Puzolánico con recipiente

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario Compactado se usarán las fórmulas mostradas en la norma la Norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011.

✓ **Peso unitario compactado de la Puzolana**

$$PUC = \frac{(G-T)}{v} \quad \text{Ecuacion (1)}$$

$$PUC = (G - T) \times F \quad \text{Ecuacion (2)}$$

Donde:



PUC = Peso Unitario compactado de la puzolana, kg/m³

G = Peso de recipiente con Puzolana, kg

T = Peso del recipiente vacío, kg

V = Volumen m³

F = Factor 1/m³

La ecuación (1) será utilizada cuando el ensayo sea realizado con el método mencionado en el ítem 4.3.3.1.

La ecuación (2) será utilizada cuando el ensayo de Peso Unitario sea realizado con el método de Percusión (NTP.400.017.2011.)

✓ **Peso unitario compactado saturado con superficie seca de la Puzolana**

$$PUC_{sss} = PUC [1 + (A/100)] \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

PUC = Peso Unitario compactado de la puzolana, kg/m³

A=Porcentaje de absorción

✓ **Porcentaje de Vacíos Puzolana Compactada**

$$\% \text{ Vacíos} = 100 \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times W)} \quad \text{Ecuacion (4)}$$

Donde:

PUC = Peso Unitario compactado de la puzolana, kg/m³

S = Gravedad específica de masa (Base seca) NTP 400.021 o NTP 400.022

W = Densidad del agua, 998 kg/m³

4.2.4.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 18: Resultados del ensayo Puzolana compactada

| PUZOLANA COMPACTADA | |
|---|--------------------------|
| Peso Unitario (Puc) | 839.26 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado saturado con superficie seca (PUC _{SSS}) | 958.68 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 38.29% |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de Peso Unitario compactado de la Puzolana no se encuentran dentro de los valores típicos mencionados en la tabla N° 19. Se concluye que el material puzolánico compactado es menos pesado que los agregados gruesos típicos.

Tabla 19: Valores Usuales Peso/Volumen De Los Agregados No Livianos

| PROPIEDAD | Gruesos | Arenas |
|-----------------------------------|----------------|---------------|
| Peso unitario suelto (kg/litro) | 1,4 a 1,5 | 1,5 a 1,6 |
| Peso unitario compacto (kg/litro) | 1,5 a 1,7 | 1,6 a 1,9 |
| Densidad (peso especifico) | 2,5 a 2,7 | 2,5 a 2,7 |

Nota: Adaptado del Manual del concreto estructural, Porrero S, 2009

4.2.4.4 PESO UNITARIO SUELTO DE LA PUZOLANA

4.2.4.4.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- a) Se toma la cantidad de 4.0 kg de muestra
- b) Llenar el recipiente cada 1/3 de la altura en 3 capas de igual volumen.
- c) A diferencia del ensayo anterior, en el peso unitario suelto no se realiza el apisonado por capas de la muestra.
- d) Al llegar al último tercio de la altura, se procede a llenar el recipiente hasta rebasar



- e) Se enrasa el material excedente con la varilla.
- f) Se apunta el peso del recipiente sin material puzolánico y con material puzolánico.

4.2.4.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo de los datos se usará las fórmulas indicadas en el Ítem 4.3.32 según “norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011. AGREGADOS.

4.2.4.4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 20: Resultados del ensayo Puzolana suelta

| PUZOLANA SUELTA | |
|---|--------------------------|
| Peso Unitario (Pus) | 783.32 kg/m ³ |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca (PUS _{SSS}) | 894.79kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 42.40% |

Fuente: Elaboración propia.

Como lo indicado en el ítem 4.2.4.3.3 y el uso de la tabla N° 19, se puede confirmar que la puzolana estudiada se encuentra fuera de los rangos de valores de Peso unitario para agregados, la Puzolana es más liviana que muchos agregados gruesos.

4.2.5 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LA PUZOLANA

El peso específico muestra la relación entre la masa de un material y el volumen que ocupa el mismo. Es un valor que no presenta variación para cada sustancia.

La absorción de un material según la Norma 400.021 se define como la cantidad de agua que logra absorber un cuerpo después de ser sumergido en la misma.

Para el cálculo del peso unitario y absorción de la Puzolana nos basaremos en lo indicado en la norma NTP 400.021.2002.

4.2.5.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

- ✓ **Balanza:** Sensible a 0.0005 kg, capacidad de 5 kilos o más



- ✓ **Horno o estufa:** Con temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ **Probeta:** Instrumento para medir volúmenes y que está fabricado normalmente en plástico o vidrio, debidamente graduado. Permite su uso con líquidos y materiales distintos.
- ✓ **Pipeta:** Instrumento que permite transferir un líquido de un lugar a otro con mucha precisión, está fabricado en cristal y goma.

4.2.5.2 MUESTREO

Para la extracción de la muestra nos basaremos en lo indicado en la norma “NTP

400.021.2002. El peso mínimo de la muestra de ensayo está definido por la siguiente tabla:

Tabla 21: Peso mínimo de la muestra

| Tamaño máximo nominal mm (pulg) | Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb) |
|------------------------------------|---|
| 12,5 (1/2) o menos | 2 (4,4) |
| 19,0 (3/4) | 3 (6,6) |
| 25,0 (1) | 4 (8,8) |
| 37,5 (1 1/2) | 5 (11) |
| 50 (2) | 8 (18) |
| 63 (2 1/2) | 12 (26) |
| 75 (3) | 18 (40) |
| 90 (3 1/2) | 25 (55) |
| 100 (4) | 40 (88) |
| 112 (4 1/2) | 50 (110) |
| 125 (5) | 75 (165) |
| 150 (6) | 125 (276) |

Nota: NTP 400.021.2002

Para esta investigación tomaremos una muestra de 5 Kg de puzolana.

Posteriormente se lava el material para eliminar las impurezas

4.2.5.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Lavar la muestra y eliminar las impurezas.
- ✓ Se seca la muestra en el horno ($110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.)
- ✓ Sumergir la muestra en agua durante (24 hrs). Después del proceso de saturación se extrae el material del agua y se extiende sobre una superficie plana en un lugar

con temperatura ambiente y se ventila durante 1 a 3 horas para obtener solo un secado superficial.

- ✓ Se introduce 500 gr de material puzolánico en estado saturado con superficie seca en la probeta, introducir agua hasta la marca de 1 litro
- ✓ Pesar la probeta con el material puzolánico.
- ✓ Se retira el material puzolánico y se seca en el horno, posteriormente se seca en un lugar con temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.



Figura 14. Ensayo de Peso específico de la Puzolana

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo de los datos se usará las fórmulas indicadas en la NTP 400.021.2002.

- ✓ **Peso específico de masa (Pem)**

$$Pem = \frac{A}{B-C} \times 100 \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa

A = Peso de la muestra seca en el aire

B = Volumen del recipiente



C = Agua añadida en la probeta (gr/cm³)

✓ **Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)**

$$PeSSS = \frac{1000}{B-C} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

PeSSS = Peso específico de masa saturada con superficie seca

B = Volumen del frasco

C = Agua añadida en la probeta (gr/cm³)

✓ **Peso específico aparente (Pea)**

$$Pea = \frac{A}{(B-C)-(1000-A)} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

Pea = Peso específico aparente

A = Peso de la muestra seca en el aire (gr)

B = Volumen del recipiente

C = Agua añadida en la probeta (gr/cm³)

✓ **Absorción (Ab)**

$$Ab = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100 \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

Ab = Absorción

S = Muestra saturada superficialmente seca, gramos;

A = Muestra secada en el horno, gramos

4.2.5.5 RESULTADOS DEL ENSAYO



*Tabla 22: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción
de Puzolana*

| | |
|---|--------|
| Peso específico de masa P_{em} (gr/cm ³) | 1.36 |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca P_{eSSS} (gr/cm ³) | 1.75 |
| Peso específico aparente P_{ea} (gr/cm ³) | 1.74 |
| Absorción | 14.23% |

Fuente: Elaboración propia.

El peso específico calculado para el material puzolánico es de 1.36 gr/cm³, al realizar la comparación con los valores de la Tabla N° 19, se puede determinar que el material puzolánico no se encuentra entre los valores de 2,5 a 2,7 Kg/m³. Por consiguiente, el material puzolánico estudiado es considerado un agregado liviano.

4.3 CAUCHO

4.3.1 RECOLECCIÓN DEL CAUCHO RECICLADO DE LLANTAS

Para adquirir el caucho y las llantas en desuso nos movilizaremos hasta el distrito de Saylla donde se encuentran las reencauchadoras y proveedoras de material reciclado de llantas. El viaje se realiza desde la ciudad del Cusco con el uso de transporte urbano por un tiempo de viaje de 30 minutos.

El caucho que se recolectará y triturará, y al tener sustancias perjudiciales como polvo en su superficie, será tratado con el método y uso de Soda Caustica o Hidróxido de sodio según Segre & Joeke. La soda Caustica es obtenida de cualquier centro ferretero, su manejo se realizará con las precauciones necesarias al ser una sustancia altamente corrosiva, normalmente esta sustancia es usada para desatorar tuberías y como desengrasante.

Después de determinar las llantas más óptimas para el reciclaje se procederá al siguiente paso, la trituración.

4.3.2 TRITURACIÓN DEL CAUCHO DE LLANTAS

Algunas reencauchadoras y llanterías de la ciudad del Cusco se dedican a comprar llantas en desuso, tal es el caso de la empresa donde adquirimos el caucho.

4.3.2.1 EQUIPOS

✓ **Trituradoras/molino triturador**, las trituradoras son la manera más fácil de reciclar el caucho presente en las llantas, estas pueden tomar una llanta entera y convertirla en trozos ásperos de distintos diámetros, por lo general estas máquinas pueden procesar de 10 a 30 toneladas de llantas por hora.

El proceso de trituración de las llantas se realiza paulatinamente, se coloca la llanta en el molino y se tritura hasta conseguir el tamaño requerido. Posteriormente se utilizan los separadores neumáticos y magnéticos para obtener la materia textil y el acero presente.



Figura 15. Molino de trituración de Caucho de llantas

Fuente Elaboración Propia

4.3.3 TRATAMIENTO DEL CAUCHO DE LLANTAS EN DESUSO

4.3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CON SODA CAUSTICA

Según Segre & Joeques el Hidróxido de sodio o Soda Caustica es uno de los métodos más usados para la limpieza del caucho. Se procede a elaborar una solución de Soda Caustica (En escamas) con agua (100gramos por cada 10m³) haciendo uso de guantes y mascarilla,

evitando el contacto con cualquier parte del Cuerpo. Agitar la mezcla hasta que las escamas sean disueltas, evitando que estas se asienten en el fondo del recipiente. Dejar reposar durante unos minutos y continuar removiendo. La solución es cristalina. Posteriormente se sumerge el caucho granulado de llantas en la solución evitando provocar salpicaduras durante 20 minutos, luego la mezcla es escurrida, lavada y puesta a secar.



Figura 16. Tratamiento del caucho granulado con Soda Caustica

Fuente Elaboración Propia

4.3.4 GRANULOMETRÍA DEL CAUCHO TRITURADO

4.3.4.1 DESCRIPCIÓN

El caucho granulado de llantas en desuso fue utilizado en porcentajes como agregado fino en la mezcla de concreto. Al igual que la puzolana para la granulometría del caucho granulado se utiliza lo establecido en la norma NTP 400.012: 2013. La norma indica que se debe obtener una muestra representativa para luego pasarla por una serie de tamices y medir sus valores.

4.3.4.2 HERRAMIENTAS/APARATOS

- ✓ **Balanza:** Como la puzolana será utilizada como agregado grueso será necesario una balanza, aproximación de 0,1 g o 0,1 % de la masa de la muestra representativa. NTP 400.012: 2013)
- ✓ **Tamices:** Deberán asegurar que no se produzca pérdida de material durante el ensayo. Usar 3/8" # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200 y cazuela para el material Fino.
- ✓ **Agitador Mecánico de Tamices:** *“Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado”* (NTP 400.012, 2013)

Por recomendación de la norma el agitador mecánico debe ser utilizado cuando la cantidad de la muestra es mayor o igual a 20 kilos, no se debe de exceder en el tiempo de tamizado (10 minutos) puesto que se producirá degradación del material, así como pérdida de la misma. (NTP 400.012: 2013, pg.4)
- ✓ **Horno:** Con temperatura uniforme de 110 ° C +- 5° C
- ✓ **Recipientes:** Capaces de almacenar las muestras representativas



Figura 17. Balanza del laboratorio de la EPIC - UNSAAC con muestra de caucho granulado

Nota: Elaboración Propia

4.3.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Para determinar la cantidad de la muestra se tomará en cuenta según lo establecido en la norma Ntp.400.012.2013.
- ✓ Se tomará una cantidad de muestra de caucho granulado de 2 kg, se realizará el cuarteo, posteriormente se lavará la muestra.
- ✓ El caucho al ser un material susceptible a la temperatura no ingresa al horno de secado, así que el secado es al aire libre.
- ✓ Después de secada la muestra se tomará la cantidad de 300 gr para pasarla por los tamices.
- ✓ Después de ordenar los tamices 3/8" # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200 se coloca el caucho triturado en el mismo.
- ✓ No se utilizará el agitador metálico ya que el caucho triturado al ser un material fino, se corría el riesgo de la pérdida de material



Figura 18. Muestras por tamiz de caucho granulado
Fuente Elaboración Propia



- ✓ Al terminar el proceso de tamizado del caucho granulado se desmonto y se pesó el material retenido en cada tamiz para determinar mediante el cálculo la distribución de tamaños de las partículas.
- ✓ Al terminar el ensayo granulométrico se procede a vaciar y limpiar cada tamiz.

4.3.4.4 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El resultado de análisis granulométrico del caucho granulado reciclado de llantas en desuso se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23: Granulometría del caucho granulado

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % PARCIAL RETENIDO | % ACUMULADO | |
|---------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|---------|
| | | | | RETENIDO | PASANTE |
| 3/8" | 9,500 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,750 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº8 | 2,360 | 54,23 | 18,05 | 18,05 | 81,95 |
| Nº16 | 1,180 | 211,05 | 70,24 | 88,29 | 11,71 |
| Nº30 | 0,600 | 29,68 | 9,88 | 98,17 | 1,83 |
| Nº50 | 0,300 | 3,40 | 1,13 | 99,30 | 0,70 |
| Nº100 | 0,150 | 0,18 | 0,06 | 99,36 | 0,64 |
| Nº200 | 0,075 | 0,12 | 0,04 | 99,40 | 0,60 |
| BANDEJA | | 1,80 | 0,60 | 100,00 | 0,00 |
| | PESO TOTAL | 300 | 100,00 | | |

Fuente Elaboración Propia



Tabla 24: *Limites Granulométricos agregado fino*

| Tamiz | Porcentaje que pasa |
|-----------------------|---------------------|
| 9,5 mm (3/8 pulg) | 100 |
| 4,75 mm (No. 4) | 95 a 100 |
| 2,36 mm (No. 8) | 80 a 100 |
| 1,18 mm (No. 16) | 50 a 85 |
| 600 μ m (No. 30) | 25 a 60 |
| 300 μ m (No. 50) | 05 a 30 |
| 150 μ m (No. 100) | 0 a 10 |

Nota: Norma Ntp.400.037

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo determinar que la granulometría del Caucho granulado presenta partículas muy finas, teniendo solo retención en los tamices #8 #16, # 30, #50 y # 100 y casi nulo en el tamiz número 200.

Esta granulometría tiene una tendencia al límite más fino.

4.3.5 PESO UNITARIO DEL CAUCHO

Para el cálculo del Peso unitario del caucho nos basaremos en la aplicación de lo indicado en la norma NTP 400.017.

4.3.5.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Las herramientas utilizadas para el ensayo de Peso unitario del Caucho serán las indicadas en la norma NTP 400.017 y en el ítem 4.3.1.

4.3.5.2 MUESTREO

El tamaño de la muestra según la Norma NTP 400.010 será aproximadamente 125 % - 200 % la muestra necesaria para llenar el recipiente, la manipulación de la misma será realizada de manera que se evite la segregación. Ya que el caucho es un material muy liviano se hace uso de 2 Kg de material, suficientes para llenar el recipiente.

4.3.5.3 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL CAUCHO

4.3.5.3.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El procedimiento para calcular el peso unitario compactado del Caucho será el indicada en el ítem 4.3.3.1 y en la norma NTP 400.017.



Figura 19. Ensayo de PU Caucho

Fuente Elaboración Propia

4.3.5.3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario Compactado se usarán las fórmulas mostradas en la NTP.400.017.2011. e indicadas en el Ítem. 4.3.3.2

4.3.5.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 25: Resultados peso unitario compactado del caucho

| CAUCHO COMPACTADO | |
|---|---------------------------|
| Peso Unitario (Puc) | 525.016 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado saturado con superficie seca (PUC _{SSS}) | 525.016 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 53.95% |

Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los resultados de Peso unitario y Peso unitario compactado saturado con superficie seca, se pudo determinar que el Caucho granulado al ser sumergido en agua esta no tiene capacidad de retener el fluido en su interior. Por consiguiente, los valores para Puc y PUC_{SSS} serán los mismos. EL valor del peso unitario compactado del Caucho de 525.016 kg/m³ no se encuentra dentro de los valores indicados en la Tabla N° 19 por lo cual se puede concluir que el caucho granulado es más liviano que la mayoría de las arenas.

4.3.5.4 PESO UNITARIO SUELTO DEL CAUCHO GRANULADO

4.3.5.4.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El procedimiento será la indicada en el ítem 4.3.4.1 y en la norma NTP 400.017.2011.

4.3.5.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario suelto se usarán las fórmulas mostradas en la NTP.400.017.2011. e indicadas en el Ítem. 4.3.4.2

4.3.5.4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 26: Resultados peso unitario suelto del caucho

| CAUCHO SUELTO | |
|--|--------------------------|
| Peso Unitario (Pus) | 433.18 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado saturado con superficie seca (PU _{S_{SSS}}) | 433.18 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 62,00% |

Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido es de 433.18 kg/m³ y esta se encuentra fuera de los rangos de valores de Peso unitario para agregados no livianos por tanto se puede confirmar con lo mencionado en el ítem 4.8.3.3 y el uso de la tabla N° 17 que el Caucho es más liviana que muchas arenas.

4.3.6 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL CAUCHO

4.3.6.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

- ✓ **Balanza:** Sensible a 0,5 g, capacidad de +5 kg.
- ✓ **Probeta:** Instrumento para medir volúmenes y que está fabricado normalmente en plástico o vidrio, debidamente graduado. Permite su uso con líquidos y materiales distintos.
- ✓ **Pipeta:** Instrumento que permite transferir un líquido de un lugar a otro con mucha precisión, está fabricado en cristal y goma.

4.3.6.2 MUESTREO

La muestra será de 125 % - 200 % la cantidad necesaria para llenar el recipiente, el caucho al ser un material susceptible al calor, no se introducirá en el horno y se secará en un lugar con temperatura ambiente.

4.3.6.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El procedimiento para calcular el peso específico del Caucho será el indicado en el ítem 4.3.4.1 y en la norma NTP 400.017.2011.

Antes del ensayo se procedió a lavar el caucho con Soda Caustica o hidróxido de sodio para eliminar las impurezas.



Figura 20. Lavado de la muestra de caucho con Hidróxido de Sodio (Soda Caustica)

Fuente: Elaboración propia

4.3.6.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso específico del Caucho se usarán las fórmulas mostradas en la Norma Técnica Peruana NTP.400.022.2013 e indicadas en el Ítem. 4.3.4.2

4.3.6.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 27: Resultados peso específico y absorción del caucho

| | |
|---|------|
| Peso específico de masa Pem (gr/cm ³) | 1,10 |
| Absorción | 0% |

Nota: Elaboración propia

El peso específico calculado para el caucho triturado es de 1.10 gr/cm³, al realizar la comparación con los valores de la Tabla N° 17, este valor esta fuera del rango normalizado



de valores de 2,5 a 2,7 Kg/m³ para agregados no livianos. Con apoyo del ítem 4.8.3.3 confirma que el Caucho tiene un peso específico menor que la mayoría de las arenas.

Al realizar el ensayo de absorción y luego de saturar la muestra y secarla para buscar el estado saturado superficialmente seco, se pudo observar que el caucho granulado no absorbió agua en su estructura. Por lo cual en el cálculo el resultado fue de 0%.

4.4 AGREGADO FINO

Para obtener mejores resultados en lo mezcla de concreto se tomó en cuenta el material pétreo fino procedente de la zona de Cunyac. esta cantera se encuentra ubicada en el departamento de Apurímac en la carretera hacia Abancay.

Esta cantera tiene presencia de material fino en cantidad y de muy buena calidad, en la ciudad de puede obtener agregado fino de la misma cantera, pero el costo es elevado.

4.4.1 MUESTREO

Para el muestreo del agregado fino de Cunyac se tomará en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP.400.010.2011

Para determinar el tamaño de la muestra se tendrá en cuenta lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 28: Masa de la muestra de campo mínima

| Tamaño Agregado | Masa de la muestra de campo min. Kg (lbs) | Muestra de campo volumen Min. LT (gal) |
|------------------|---|--|
| 2.36 mm (Nro. 8) | 10 (22) | 8 (2) |
| 4.75 mm (Nro.4) | 10 (22) | 8 (2) |

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP.400.010.2011

Por lo tanto, el tamaño de muestra de material fino de la cantera de Cunyac será de 10 kg.



4.4.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

4.4.2.1 HERRAMIENTAS Y/O EQUIPO

Las herramientas y aparatos utilizados para el ensayo granulométrico del agregado fino serán como está indicado en la norma “NTP 400.012 mencionado en el Ítem 4.5.2.

4.4.2.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

La guía con los procedimientos para el ensayo granulométrico del agregado fino será como está indicado en la norma NTP 400.012 por lo tanto:

- ✓ Para determinar la cantidad de la muestra se tomará en cuenta según lo establecido en la norma Ntp.400.012.2013 indicado en el ítem 4.6.1
- ✓ Se tomará la muestra de agregado fino (10 kg), se realizará el cuarteo, posteriormente se lavará la muestra.
- ✓ Secar la muestra (temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$)
- ✓ Después de secada la muestra se extrae 500 gr para pasarla por los tamices.
- ✓ El material restante es almacenado para otros ensayos y para regular el material desperdiciado en la prueba.
- ✓ Después de ordenar los tamices 3/8" # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200, se separa la muestra en porciones y se procede a tamizar individualmente esto para evitar una sobrecarga en el primer tamiz y no se pierda material.
- ✓ Por recomendación de la norma no se utilizará el agitador mecánico de tamices para evitar pérdida de una porción de la muestra.
- ✓ Se finalizará el tamizado cuando el agregado fino $< 1\%$ retenido en cada tamiz
- ✓ El proceso de tamizado manual se realiza sosteniendo de forma inclinada el tamiz individual con la tapa y el fondo firmemente, estos tienen que estar bien ajustados. Posteriormente, se golpea el filo del tamiz contra la palma de la mano con

- aproximadamente 150 veces/min. manteniendo el tamiz en movimiento circular cada 25 golpes.
- ✓ Concluido el proceso de tamizado del agregado fino se desmonta los tamices y se separa la muestra retenida en cada tamiz para su análisis (pesaje).
 - ✓ Al terminar el ensayo granulométrico se procede a vaciar y limpiar cada tamiz.



Figura 21. Tamizado de agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los resultados del ensayo granulométrico del agregado fino son los mostrados en la siguiente tabla:



Tabla 29: Granulometría del agregado fino

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % PARCIAL RETENIDO | % ACUMULADO | |
|---------|---------------|---------------|--------------------|-------------|---------|
| | | | | RETENIDO | PASANTE |
| 3/8" | 9,500 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº4 | 4,750 | 1,77 | 0,35 | 0,35 | 99,65 |
| Nº8 | 2,360 | 2,09 | 0,42 | 0,77 | 99,23 |
| Nº16 | 1,180 | 8,22 | 1,64 | 2,42 | 97,58 |
| Nº30 | 0,600 | 110,85 | 22,17 | 24,58 | 75,42 |
| Nº50 | 0,300 | 282,42 | 56,48 | 81,06 | 18,94 |
| Nº100 | 0,150 | 77,15 | 15,43 | 96,49 | 3,51 |
| Nº200 | 0,075 | 16,27 | 3,25 | 99,74 | 0,26 |
| BANDEJA | | 1,3 | 0,26 | 100,00 | 0,00 |
| | PESO TOTAL | 500 | 100,00 | | |

Fuente: Elaboración propia

El módulo de fineza se calculará sumando los valores acumulados retenidos en los tamices N°. 100 al tamiz N° 4 (porcentaje acumulado retenido) y dividir entre 100. Obteniendo un módulo de fineza de 2.06.

Se concluye que el módulo de fineza y granulometría del agregado fino no cumple los límites establecidos en la norma por lo cual se procederá a corregir por el método de Fuller y Thompson y la evaluación experimental separando el agregado fino por cada tamiz esto para obtener valores corregidos de granulometría y que estos se encuentren dentro de las normas.

4.4.3 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Los métodos para el cálculo del Peso unitario de agregados finos están establecidos en la Norma “NTP 400.017.



4.4.3.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Las herramientas utilizadas serán las indicadas en la norma NTP 400.017 y en el ítem

4.3.1.

4.4.3.2 MUESTREO

El tamaño de la muestra según la Norma NTP 400.010 será aproximadamente 125 % - 200 % la muestra para llenar el recipiente, la manipulación de la misma será realizada de manera que se evite la segregación. Se hará uso de 5 kg de agregado fino de la cantera de Cunyac.

4.4.3.3 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

4.4.3.3.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

El procedimiento para calcular el peso unitario compactado del agregado fino será el indicada en el ítem 4.3.3.1 y en la norma NTP 400.017

4.4.3.3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario Compactado se usarán las fórmulas mostradas en la NTP.400.017.2011 e indicadas en el Ítem. 4.3.3.2

4.4.3.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 30. Resultados peso unitario compactado del agregado fino

| AGREGADO FINO COMPACTADO | |
|--|----------------------------|
| Peso Unitario (Puc) | 1695.109 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado saturado con superficie seca (PUC _{ss}) | 1731.89 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 34,30% |

Fuente: Elaboración Propia



Según estos resultados el agregado fino de la cantera de Cunyac, presenta 1695.109 kg/m³, el cual se encuentra en los límites de Peso unitario para arenas, 1,6 a 1,9 kg/litro de la tabla N° 19.

4.4.3.4 PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

Para determinar el peso unitario suelto del Caucho se tomará en cuenta lo indicado en el ítem 4.3.4.1 y en la norma NTP 400.017.2011.

4.4.3.4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario suelto se usarán las fórmulas mostradas en la NTP.400.017.2011. e indicadas en el Ítem. 4.3.4.2

4.4.3.4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 31: Resultados peso unitario suelto del agregado fino de la cantera de Cunyac

| AGREGADO FINO SUELTO | |
|---|---------------------------|
| Peso Unitario (P _{us}) | 1531.65 kg/m ³ |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca (P _{U_ss_{se}}) | 1564.88 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 40,63% |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el Peso unitario Suelto del agregado fino se encuentra dentro de los límites de valores típicos de Peso unitario suelto de agregados finos. El peso unitario suelto encontrado es de 1531.65 kg/m³ valor fluctuante entre 1.5 a 1.6 kg/litro de la tabla N° 19.

4.4.4 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Para el cálculo del peso unitario y absorción de la Puzolana nos basaremos en la aplicación de lo indicado en la norma NTP 400.022.2013 AGREGADOS.



4.4.4.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Los instrumentos utilizados para el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la Cantera de Cunyac se establecen en el Ítem 4.4.1

4.4.4.2 MUESTREO

El tamaño de la muestra según la Norma NTP 400.010 será aproximadamente 125 % - 200 % la muestra para llenar el recipiente, la manipulación de la misma será realizada de manera que se evite la segregación. Se tomará 2.0 kilogramos de agregado fino de la cantera de Cunyac, después de haber sido cuarteado.

Posteriormente se lava el material para eliminar las impurezas

4.4.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Con la malla N° 200 se procede a lavar la muestra para la eliminación de impurezas y material orgánico.
- ✓ Se toma la muestra y se seca (temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$)
- ✓ Sumergir la muestra en agua (24 hrs). Después del proceso de saturación se extrae el material del agua y se extiende sobre una superficie plana en un lugar con temperatura ambiente y se ventila durante 1 a 3 horas para obtener solo un secado superficial.
- ✓ Se introduce 0.5kg de agregado fino en estado saturado con superficie seca en la probeta y llenar hasta el 90%.
- ✓ Agitar la probeta de manera que no se degrade la muestra, eliminando las burbujas de aire. (Agitado manual)
- ✓ Ajustar el contenido de la probeta con agua hasta la marca de Calibración.
- ✓ Se pesa la probeta con el agregado fino en su interior.
- ✓ Se retira el agregado fino, secar a temperatura ambiente durante 1 - 1 1/2 horas.
- ✓ Pesar la muestra



- ✓ Se pesa la probeta con agua hasta la marca de calibración.

4.4.4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo de los datos se usará las fórmulas indicadas en la norma “NTP 400.022.2013. Las fórmulas están indicadas en el Ítem. 4.4.4.

4.4.4.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 32: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción, cantera de Cunyac

| | |
|---|--------|
| Peso específico de masa P_{em} (gr/cm ³) | 2.58 |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca P_{eSSS} (gr/cm ³) | 2.63 |
| Peso específico aparente P_{ea} (gr/cm ³) | 2.72 |
| Absorción | 2.17 % |

Fuente: Elaboración propia

El peso específico calculado es de 2.58 gr/cm³ este valor se encuentra dentro de los valores usuales de Peso específico para las arenas de la tabla N° 19, los cuales deben estar determinados entre 2,5 a 2,7 kg/lit.

4.5 AGREGADO GRUESO

Para este trabajo de investigación se estableció que el material pétreo grueso será procedente de la zona de Vicho. La cantera se encuentra a aproximadamente 38 km de la Ciudad del cusco, el tiempo de viaje es de 40 minutos tomando la autopista principal. El acceso a la cantera es relativamente fácil para la extracción de material.

Esta cantera presenta en su mayoría material grueso, grava y gravilla. El material tiene características angulares y superficie áspera.



Figura 22. Ubicación de la cantera de Vicho

Fuente: Google Earth.

4.5.1 MUESTREO

Para el muestreo del agregado grueso de la cantera de Vicho se tomará en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP.400.010.2011.

Para determinar el tamaño de la muestra se tendrá en cuenta lo indicado en la tabla:

Tabla 33: Medida de las muestras

| Tamaño máximo nominal del agregado ^A | Masa mínima aproximada para la muestra de campo ^B |
|---|--|
| 9,5 mm | 10 |
| 12,5 mm | 15 |
| 19,0 mm | 25 |
| 25,0 mm | 50 |
| 37,5 mm | 75 |
| 50,00 mm | 100 |
| 63,00 mm | 125 |
| 75,00 mm | 150 |
| 90,00 mm | 175 |

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP.400.010.2011

Para este trabajo de investigación se extrajo 20 kilos material de ½”, aunque por normal solo sería necesarios 15 Kilos, se debe tener en cuenta los desperdicios en el transporte y almacenamiento.

4.5.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

4.5.2.1 HERRAMIENTAS Y/O EQUIPO

Las herramientas necesarias para el ensayo granulométrico del agregado grueso será los indicados en la norma “NTP 400.012 AGREGADOS, mencionados en el Ítem 4.5.2.

4.5.2.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Realizar el cuarteo del agregado grueso para seleccionar la muestra representativa para el ensayo.
- ✓ Lavar la muestra con el Tamiz Nro. 200, y secarla (temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$)
- ✓ Pesar 1500 gr de agregado grueso para el ensayo.
- ✓ Los pasos para continuar con el ensayo están ya mencionados en el Ítem 4.10.3, la norma “NTP 400.012 es válida para su uso en agregados gruesos y finos.



Figura 23. Muestra con 1500 gr de agregado grueso para el ensayo granulométrico

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los resultados del ensayo granulométrico del agregado fino son los mostrados en la siguiente tabla:



Tabla 34: Granulometría del agregado grueso, cantera Vicho

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % PARCIAL RETENIDO | % ACUMULADO | |
|-------|---------------|---------------|--------------------|-------------|---------|
| | | | | RETENIDO | PASANTE |
| 3/4" | 19,000 | 284,41 | 18,96 | 18,96 | 81,04 |
| 1/2" | 12,500 | 661,1 | 44,07 | 63,03 | 36,97 |
| 3/8" | 9,500 | 340,74 | 22,71 | 85,74 | 14,26 |
| Nº4 | 4,750 | 208,79 | 13,92 | 99,66 | 0,34 |
| Nº8 | 2,360 | 2,36 | 0,16 | 99,81 | 0,19 |
| | | 2,81 | 0,19 | 100,00 | 0,00 |
| | PESO TOTAL | 1500 | 100,00 | | |

Fuente: Elaboración propia

Al sumar los tamices superiores al N° 100 obtenemos el módulo de fineza

Obteniendo un valor de 3.67.

4.5.3 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Los métodos para el cálculo del Peso unitario del agregado grueso están establecidos en la Norma “NTP 400.017 AGREGADOS.

4.5.3.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Las herramientas utilizadas para el ensayo de Peso unitario del agregado grueso de la cantera de Vicho serán las indicadas en la norma NTP 400.017 y en el ítem 4.3.1.

4.5.3.2 MUESTREO

El tamaño de la muestra de agregado grueso según la Norma NTP 400.010 será aproximadamente 125 % a 200 % la cantidad necesaria para llenar el recipiente, la manipulación de la muestra será realizada de manera que se evite la segregación. También se toma como referencia la Tabla N° 12. Se extrae 3 kg aproximadamente de agregado grueso para la prueba de peso Unitario suelto y peso unitario compactado.

4.5.3.3 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

4.5.3.3.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Realizar el cuarteo del agregado grueso para seleccionar la muestra representativa para el ensayo.
- ✓ Lavar con la malla N°200 las impurezas presentes y el material orgánico. Secar
- ✓ Después del secado se pesa 3000 gr (aproximado) de agregado grueso para el ensayo.
- ✓ Los pasos para continuar con el ensayo están ya mencionados en el Ítem 4.3.3.1 y en la norma NTP 400.017.2011.



Figura 24. Muestra con 3000 gr aprox. para ensayo de peso unitario

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario Compactado del agregado grueso se usarán las fórmulas mostradas en la Norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011 e indicadas en el Ítem. 4.3.3.2.

4.5.3.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 35: Resultados del ensayo Peso unitario compactado de agregado grueso



| AGREGADO GRUESO COMPACTADA | |
|---|---------------------------|
| Peso Unitario (Puc) | 1552.06 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado saturado con superficie seca (PUC _{SSS}) | 1582.40 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 41,20% |

Fuente: Elaboración propia.

El resultado es de 1552.06 kg/m³, este valor se encuentra entre los valores usuales determinados para agregados gruesos no livianos compactados mostrados en la Tabla N°19 (1.5 – 1.7 kg/litro). Definiéndose así que el agregado grueso cumple con las características de peso Unitario.

4.5.3.4 PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

4.5.3.4.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Después de realizado el cuarteado, lavado, secado de la muestra como esta mencionado en el Ítem 4.1.3.1 se realiza el pesado de 3000 gr. de agregado grueso para dar inicio al ensayo.
- ✓ Los pasos para continuar con el ensayo están ya mencionados en el Ítem 4.3.4.1 y en la norma NTP 400.017.2011.

4.5.3.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo del Peso Unitario Suelto del agregado grueso se usarán las fórmulas mostradas en la Norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011 e indicadas en el Ítem. 4.3.3.2.

4.5.3.4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 36: Resultados del ensayo Peso unitario suelto de agregado grueso



| AGREGADO GRUESO SUELTO | |
|--|---------------------------|
| Peso Unitario (Pus) | 1436.77 kg/m ³ |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca (PU_{s_{ss}}) | 1464.85 kg/m ³ |
| Contenido de Vacíos (% de vacíos): | 45,57% |

Fuente: Elaboración propia.

El resultado es de 1436.77 kg/m³ valor conforme a los valores usuales de peso unitario suelto de agregados no livianos que se muestra en la tabla N° 19 (1,4 a 1,5 kg/litro).

4.5.4 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LA PUZOLANA

Para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera de Vicho usaremos la norma NTP 400.021.2002 AGREGADOS

4.5.4.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Todas las herramientas utilizadas serán las indicadas en la norma NTP 400.017 y NTP 400.021.2002 mencionados en el ítem 4.4.1.

4.5.4.2 MUESTREO

Para la selección de la muestra de agregado grueso nos basaremos en lo indicado en la norma NTP 400.021.2002 AGREGADOS y la norma NTP 400.010. El peso mínimo de la muestra está definido por la tabla N° 18 Peso mínimo de la muestra de Ensayo. Usaremos un total de 3kg de agregado grueso de la cantera de Vicho debidamente cuarteado para el ensayo.

4.5.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Lavar el material para eliminar material indeseable
- ✓ Se toma la muestra y se seca (temperatura de 110 °C ± 5).

- ✓ Sumergir la muestra en un recipiente con agua durante 24 horas
- ✓ Retirar la muestra del agua y colocarla sobre un paño seco absorbente y proceder a quitar el exceso de agua superficial, evitando la evaporación durante el proceso de secado de la superficie. Y se procede a pesar.
- ✓ Se introduce la muestra extraída en la probeta graduada y se procede a llenar hasta la marca de calibración.
- ✓ Se hace uso de la pipeta para una mejor exactitud al momento de llenado y limpieza de la probeta con agua.
- ✓ Se pesa el agregado grueso con agua y la probeta graduada.
- ✓ Extraer el material, secar (24 hrs) y se pesa.
- ✓ Se pesa la probeta solamente con agua hasta la marca de calibración



Figura 25. Secado superficial del agregado grueso con un paño

Fuente: Elaboración propia

4.5.4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos de peso específico y absorción serán calculados con fórmulas indicadas en la “NTP 400.021.2002 AGREGADOS, estos ya están mencionados en el Ítem 4.4.4

4.5.4.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 37: Resultados ensayos de Peso específico y Absorción del agregado grueso



| | |
|---|-------|
| Peso específico de masa P_{em} (gr/cm ³) | 2,64 |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca P_{eSSS} (gr/cm ³) | 2,68 |
| Peso específico aparente P_{ea} (gr/cm ³) | 2,77 |
| Absorción | 1,96% |

Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso de Vicho posee un peso específico calculado de 2.64 gr/cm³, al realizar la comparación con los valores de la Tabla N° 19, se determina que este se encuentra entre los valores típicos del mismo (2,5 - 2,7 gr/cm³) por lo que el agregado corresponde a un agregado no liviano.

4.6 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

En los ítems anteriores se realizó el estudio los diversos materiales que formaran nuestra mezcla de concreto, y estos se realizaron con el mayor cuidado ya que su importancia y nivel de fiabilidad influirán directamente en el resultado final del concreto endurecido. A partir de estos datos obtenidos se podrá determinar la dosificación de mezcla más adecuada para la investigación.

El diseño de mezcla se realizará siguiendo los parámetros del método del American Concrete Institute ACI.

4.6.1 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA ACI

Para diseñar nuestra mezcla de mejor manera usando el método ACI es importante determinar algunos valores de las características físicas de los elementos a utilizar en la fabricación del concreto, estos datos necesarios son los siguientes:

- Peso específico del cemento
- Módulo de fineza del agregado fino



- Peso específico del agregado fino
- Absorción del agregado fino
- Humedad del agregado fino
- Peso específico del agregado grueso
- Tamaño máximo del agregado fino
- Peso volumétrico del agregado fino
- Absorción del agregado fino
- Humedad del agregado fino
- Análisis granulométrico de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relación agua/cemento

4.6.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

Para un correcto diseño de mezclas se considera 9 pasos:

1. Selección del asentamiento o revenimiento Slump
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado
3. Cantidad del agua de mezclado y contenido de aire
4. Selección de la relación agua cemento a/c
5. Contenido de cemento
6. Estimación del contenido de agregado grueso
7. Estimación del contenido de agregado fino
8. Ajustes por humedad de los agregados
9. Ajustes de las mezclas de prueba



4.6.3 CUADRO RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO ACI

| DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO ACI 218 | | | | |
|--|--|---------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| PROBLEMA 01: DETERMINAR LAS PROPORCIONES INTEGRANTES DE UNA MEZCLA, QUE SERA EMPLEADA EN UNA PROBETA CILÍNDRICA EN LA CIUDAD DEL CUSCO. | | | | |
| ESPECIFICACIONES: | | | | |
| A) NO EXISTE PROBLEMAS DE CONGELACIÓN NI DE ATAQUES DE SULFATOS. | | | | |
| B) $f'_{c} =$ | | 20 | Kg/cm ² | 28 DÍAS |
| $\sigma =$ | | 22 | Kg/cm ² | |
| C) CONSISTENCIA PLÁSTICA: | | | seca | 1" - 2" |
| | | | semi - fluida | 3" - 4" |
| | | | fluida | 5" - 6" |
| MATERIALES: | | | | |
| 1) CEMENTO: | | | | |
| | | PORTLAND ASTM TIPO I | | |
| | | PESO BOLSA CEMENTO = | | 42.5 |
| | | PESO ESPECIFICO = | | 3.15 |
| 2) AGUA: | | POTABLE DE LA RED DE SERVICIO PUBLICO | | |
| 3) AGREGADO FINO: | | | | |
| | | PESO ESPECIFICO MASA = | | 2.63 |
| | | ABSORCIÓN = | | 2.17% |
| | | CONTENIDO DE HUMEDAD = | | 2.0% |
| | | MODULO FINEZA = | | 2.06 |
| 4) AGREGADO GRUESO: | | | 3.97 | |
| | | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL = | | 0.50 " |
| | | PESO SECO COMPACTADO = | | 1552.0 Km/m 6 3 |
| | | PESO ESPECIFICO MASA = | | 2.68 |
| | | ABSORCIÓN = | | 1.96% |
| | | CONTENIDO DE HUMEDAD = | | 1.6% |

| | | |
|------------------|------------|-----------------------|
| SOLUCIÓN: | $f'_{c} =$ | 20 Kg/cm ² |
|------------------|------------|-----------------------|



| | $\sigma =$ | 22 Kg/cm ² | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------------------|-------------------------|--|-----|------|--|--------|------|-------|----|---|--|
| 1°) | $f'_{CR} = f'_C + 1.34 * \sigma$ | | | | | | | | | | | | |
| | $f'_{CR} =$ | 49.48 Kg/cm ² | | | | | | | | | | | |
| | | 49.48 Kg/cm² | | | | | | | | | | | |
| | $f'_{CR} = f'_C + 2.33 * \sigma - 35$ | | | | | | | | | | | | |
| | $f'_{CR} =$ | 36.26 Kg/cm ² | | | | | | | | | | | |
| NOTA ASUMIMOS $f'_{CR} = 50 \text{Kg/cm}^2$ POR FACILIDAD DE CALCULO | | | | | | | | | | | | | |
| 2°) | T.M.N. ... = | 0.5 " | | | | | | | | | | | |
| 3°) | CONSISTENCIA PLASTICA = | 3" - 4" | | | | | | | | | | | |
| 4°) | VOLUMEN UNITARIO AGUA = | 216 lts/m³ | | | | | | | | | | | |
| | TABLA 10.2.1 | | | | | | | | | | | | |
| 5°) | CONTENIDO DE AIRE = | 1.5% | | | | | | | | | | | |
| | TABLA 11.2.1 | | | | | | | | | | | | |
| 6°) | RELACIÓN A/C POR RESISTENCIA = | 0.990 | | | | | | | | | | | |
| | TABLA 12.2.2 | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>f'_{CR}</th> <th>C° sin aire incorporado</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>0.69</td> <td></td> </tr> <tr> <td>150.00</td> <td>0.79</td> <td>0.990</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | f'_{CR} | C° sin aire incorporado | | 200 | 0.69 | | 150.00 | 0.79 | 0.990 | 50 | X | |
| f'_{CR} | C° sin aire incorporado | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 0.69 | | | | | | | | | | | | |
| 150.00 | 0.79 | 0.990 | | | | | | | | | | | |
| 50 | X | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|-----|--------------------------------------|--|
| 7°) | RELACIÓN A/C POR DURABILIDAD = | NO |
| 8°) | FACTOR CEMENTO ... = | <u>216</u> 218.182 Kg/m³ |
| | | 0.990 |
| | EQUIVALE: | 5.13 Bls/m³ |
| 9°) | CONTENIDO AGREGADO GRUESO = | 0.747 |
| | TABLA 16.2.2 | |
| | T. M. N. | M.F. VALORES |



| | | | |
|-----|------|------|-----------|
| 0.5 | 2.4 | 0.71 | X = 0.747 |
| | 2.03 | | |
| | 2.6 | 0.69 | |

PESO AGREGADO GRUESO = **1159.3888 Kg/m3**
 PESO AGREGADO GRUESO = CONTENIDO AGREGADO GRUESO * PESO SECO COMPACTADO

| | | | |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|
| 10°) | CEMENTO .. = | <u>218.182 Kg</u> | 0.069 m3 |
| | | 3.15 1000 | |
| | AGUA = | <u>216 Lts</u> | 0.216 m3 |
| | | 1 1000 | |
| | AIRE = | 1.5% * 1 m3 | 0.015 m3 |
| | AGREGADO : | <u>1159.3888 Kg/m3</u> | 0.433 m3 |
| | GRUESO | 2.68 1000 | |
| | SUMA DE TODOS LOS VALORES: | | 0.733 m3 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 11°) | VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO FINO = 1- | 0.733 m3 |
| | | 0.267 m3 |
| | PESO AGREGADO FINO SECO = | 0.267 2.63 1000 |
| | SERA = A | 702.55 Kg/m3 |

| | |
|-------------|---|
| 12°) | VALORES DE DISEÑO SON: |
| | CEMENTO = 218.182 Kg/m3 |
| | AGUA DISEÑO = 216 lts/m3 |
| | AGREGADO GRUESO SECO ... = 1159.3888 Kg/m3 |
| | AGREGADO FINO SECO = 702.55 Kg/m3 |

| | |
|-------------|---|
| 13°) | CORRECCIÓN POR HUMEDAD |
| | PESO HÚMEDO DEL : |
| | AGREGADO GRUESO= 1159.389 1.0156 1177.48 Kg/m3 |
| | AGREGADO FINO ... = 702.55 1.0195 716.25 Kg/m3 |



| HUMEDAD SUPERFICIAL DEL: | | | |
|--------------------------------------|----------|---------|----------------------|
| | CON. HU. | ABSORC. | |
| AGREGADO GRUESO= | 1.6% | 1.9% | -0.3% |
| AGREGADO FINO ... = | 2.0% | 4.0% | -2.1% |
| APORTES DE LOS AGREGADOS: | | | |
| AGREGADO GRUESO= | 1159.389 | -0.3% | -3.9 Lts/m3 |
| AGREGADO FINO ... = | 702.55 | -2.1% | -14.4 Lts/m3 |
| APORTE HUMEDAD AGREGADOS: | | | -18.3 Lts/m3 |
| ENTONCES EL AGUA EFECTIVA SERA ... = | | | 216 Lts/m3 - |
| | | | -18.3 Lts/m3 |
| | | | 234.34 Lts/m3 |

| PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD : | | | | |
|---------------------------------------|---------|----------------|---------------|------------------|
| CEMENTO | = | 218.182 | Kg/m3 | |
| AGUA EFECTIVA | = | 234.34 | lts/m3 | |
| AGREGADO GRUESO HÚMEDO = | | 1177.48 | Kg/m3 | |
| AGREGADO FINO HÚMEDO | = | 716.25 | Kg/m3 | |
| 14°) PROPORCIÓN EN PESO: | | | | |
| PESO SECO | | | | |
| : | | <u>218.182</u> | <u>702.55</u> | <u>1159.3888</u> |
| | | 218.182 | 218.182 | 218.182 |
| | | 1 | 3.2 | 5.3 |
| | | | | 42.08 |
| | 234.34 | 42.5 | 45.65 | Lts |
| | 218.182 | | | |
| PESO HÚMEDO | | | | |
| : | | <u>218.182</u> | <u>716.25</u> | <u>1177.48</u> |
| | | 218.182 | 218.182 | 218.182 |
| | | 1 | 3.3 | 5.4 |
| | | | | 45.65 |



4.7 ANÁLISIS DE PROBETAS CILÍNDRICAS CON CAUCHO Y PUZOLANA

Para la identificación de los porcentajes de caucho y puzolana se hará un estudio previo con 6 proporciones (P1, P2, P3, P4, P5, P6) aplicados en probetas normalizadas de concreto, los cuales tendrán porcentajes variables de Caucho granulado como parte del agregado fino y Material puzolánico como agregado grueso.

La elección de las 6 proporciones son el resultado de investigaciones realizadas y que se muestran en el ítem 2.1 ANTECEDENTES, en el cual se realizaron ensayos con caucho en porcentajes del 0% al 10%, para la elección de los porcentajes de Puzolana también se tomó investigaciones realizadas donde muestran porcentajes menores al 20%. Los lineamientos a seguir para la elaboración de las probetas cilíndricas serán las indicadas en la norma NTP 339.034.2008

Tabla 38 Porcentajes de Caucho y Puzolana

| PROPORCIONAMIENTO | PUZOLANA % | CAUCHO % |
|-------------------|------------|----------|
| P1 | 0 | 0 |
| P2 | 5 | 5 |
| P3 | 10 | 5 |
| P4 | 10 | 10 |
| P5 | 15 | 15 |
| P6 | 20 | 15 |

Fuente: Elaboración propia

4.7.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Según la norma NTP 339.034.2008 los aparatos utilizados serán los siguientes:

- ✓ **Máquina de Ensayo:** Capaz de brindar una aplicación de carga uniforme y continua
- ✓ **Probetas:** Recipientes cilíndricos capaces de almacenar la mezcla de concreto sin presentar deformidad o variación en sus dimensiones. De plástico o metal.

4.7.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

- ✓ Se limpiará las probetas cilíndricas de tal manera que no exista impurezas en su superficie.
- ✓ Posteriormente se aplicará una capa de grasa o aceite en las probetas para facilitar el proceso de desmoldado.
- ✓ Se mezclará los diferentes materiales como agregado grueso, agregado fino, Caucho, Puzolana, Agua y cemento en la dosificación establecida en la carretilla.
- ✓ Se colocará la mezcla en las probetas normalizadas evitando la segregación, cada 1/3 de llenado se compactará la mezcla con 25 golpes verticales con la varilla repartidos en forma circular empezando desde el borde y terminando en el centro, después de consolidada la mezcla se procede a golpear ligeramente los costados de la probeta, en la última capa se coloca la mezcla en exceso para posteriormente enrasarla.
- ✓ Se desmoldará las muestras después de 24 horas.
- ✓ Se coloca los especímenes en recipientes con agua para su respectivo curado.



Figura 26. Elaboración de probetas de Concreto



4.7.3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILÍNDRICAS

Según la indicado en la norma “NTP 339.034.2008 HORMIGÓN (CONCRETO es el siguiente:

- ✓ Las muestras serán ensayadas tan pronto como sean extraídas del almacenaje de húmeda.
- ✓ Las probetas serán protegidas de la perdida de humedad.
- ✓ Las probetas serán fracturadas tan pronto como lo indica en la siguiente tabla:

Tabla 39 Tiempo permisible ensayo compresión

| Edad de Ensayo | Tolerancia permisible |
|----------------|-----------------------|
| 24 hr | ± 0,5 h o 2,1 % |
| 3d | ± 2 h o 2,8 % |
| 7d | ± 6 h o 3,6 % |
| 14d | ± 20 h o 3,0 % |
| 28d | ± 48 h o 2,2% |

Fuente: Ntp 339.034.2008 Hormigón (Concreto).

- ✓ Colocación: Colocar el espécimen sobre el cabezal de la máquina.
- ✓ Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.
- ✓ Detener el ensayo cuando la muestra presente falla.
- ✓ Registrar la carga ultima y la tipología de la falla.



Figura 27 Probetas Cilíndricas

Fuente: Elaboración propia

4.7.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos de Compresión del Concreto serán determinadas con fórmulas indicadas en la “NTP 339.034.2008 HORMIGÓN (CONCRETO).

4.7.4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO

Los resultados obtenidos del Ensayo de compresión axial de probetas cilíndricas para los seis proporcionamientos de Caucho y Puzolana son los siguientes:



Figura 28 Tipo de fallas en Probetas

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas de compresión axial de especímenes cilíndricos fueron realizados a los 7, 14 y 28 días, los resultados del ensayo son mostrados en la siguiente tabla:



Tabla 40 Cuadro resumen de resistencia a la Compresión de especímenes cilíndricos de los 6 diseños planteados en el ítem con Caucho y Puzolana

| Edad | Nº Especimen | DISEÑO Nº 01 | | DISEÑO Nº 02 | | DISEÑO Nº 03 | | DISEÑO Nº 04 | | DISEÑO Nº 05 | | DISEÑO Nº 06 | |
|------|--------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño |
| 7 | 1 | 55.00 | 61.1 | 47.71 | 53.0 | 52.55 | 58.4 | 41.83 | 46.5 | 35.37 | 39.3 | 34.57 | 38.4 |
| | 2 | 55.49 | 61.7 | 47.89 | 53.2 | 51.29 | 57.0 | 41.97 | 46.6 | 35.54 | 39.5 | 34.10 | 37.9 |
| | 3 | 55.23 | 61.4 | 48.55 | 53.9 | 51.91 | 57.7 | 42.13 | 46.8 | 35.02 | 38.9 | 33.97 | 37.7 |
| 14 | 4 | 62.53 | 69.5 | 56.79 | 63.1 | 62.29 | 69.2 | 50.92 | 56.6 | 43.13 | 47.9 | 43.58 | 48.4 |
| | 5 | 63.78 | 70.9 | 57.54 | 63.9 | 63.53 | 70.6 | 50.92 | 56.6 | 44.63 | 49.6 | 42.89 | 47.7 |
| | 6 | 63.53 | 70.6 | 56.67 | 63.0 | 62.90 | 69.9 | 49.56 | 55.1 | 44.19 | 49.1 | 43.38 | 48.2 |
| 28 | 7 | 66.28 | 73.6 | 59.12 | 65.7 | 66.14 | 73.5 | 54.37 | 60.4 | 46.57 | 51.7 | 45.14 | 50.2 |
| | 8 | 66.71 | 74.1 | 59.69 | 66.3 | 65.34 | 72.6 | 52.33 | 58.1 | 46.81 | 52.0 | 45.41 | 50.5 |
| | 9 | 66.19 | 73.5 | 59.89 | 66.5 | 64.39 | 71.5 | 52.60 | 58.4 | 46.28 | 51.4 | 45.09 | 50.1 |

Fuente: Elaboración propia

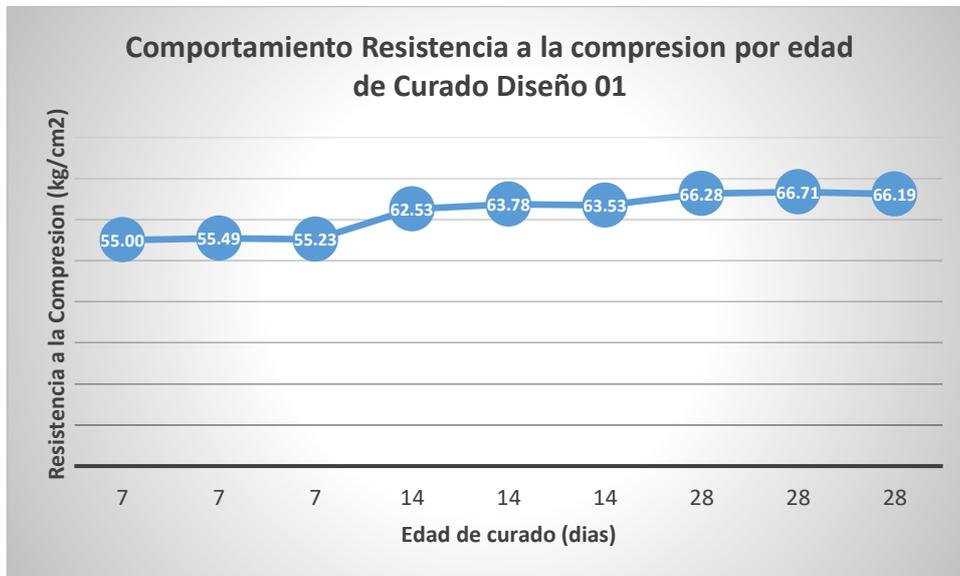


Figura 29 Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 01

Fuente: Elaboración propia

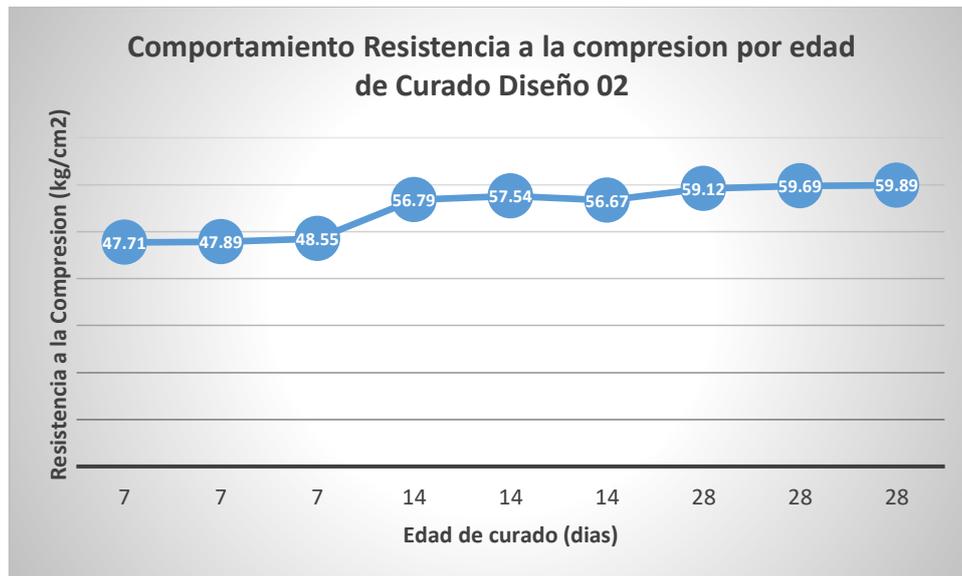


Figura 30: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 02

Fuente: Elaboración propia

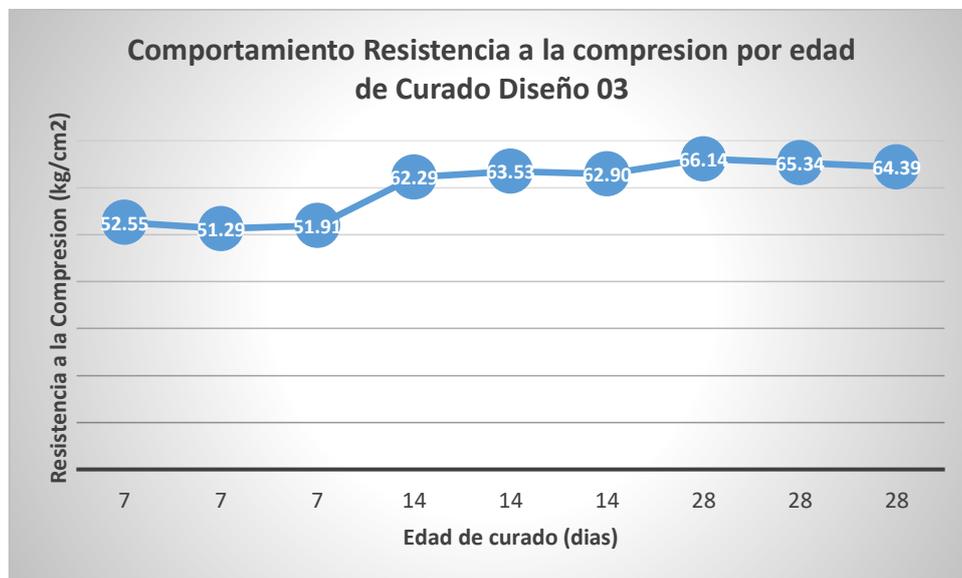


Figura 31: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 03

Fuente: Elaboración propia

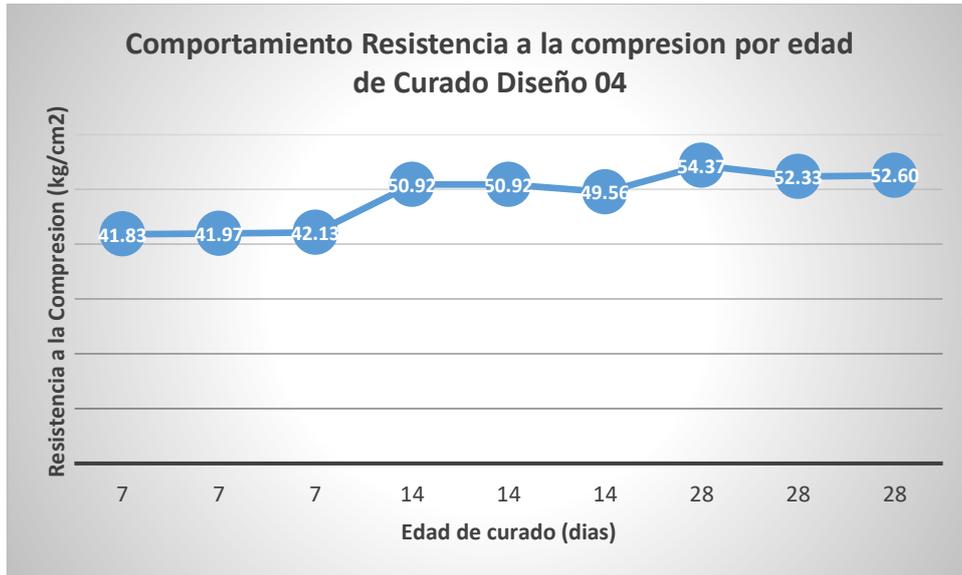


Figura 32: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 04

Fuente: Elaboración propia

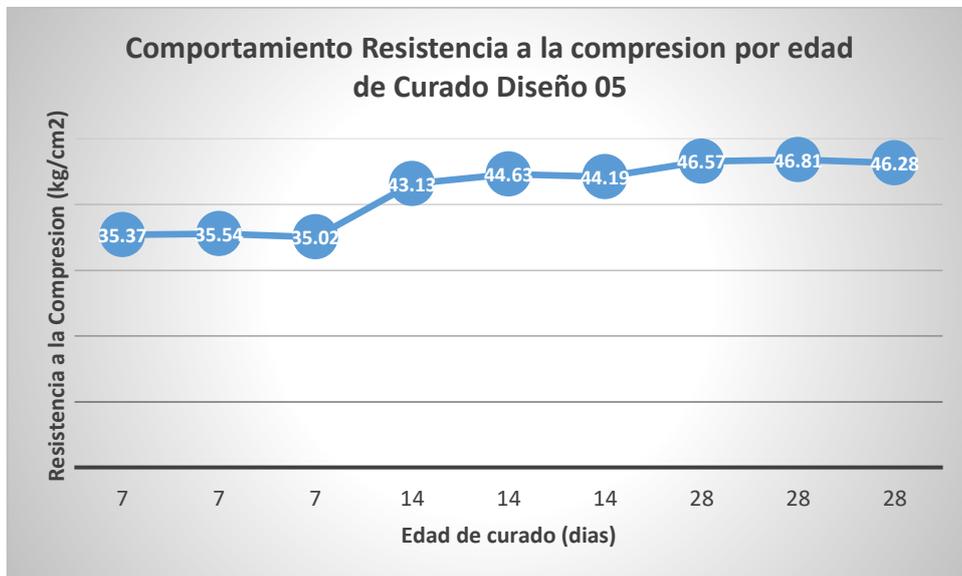


Figura 33: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 05

Fuente: Elaboración propia

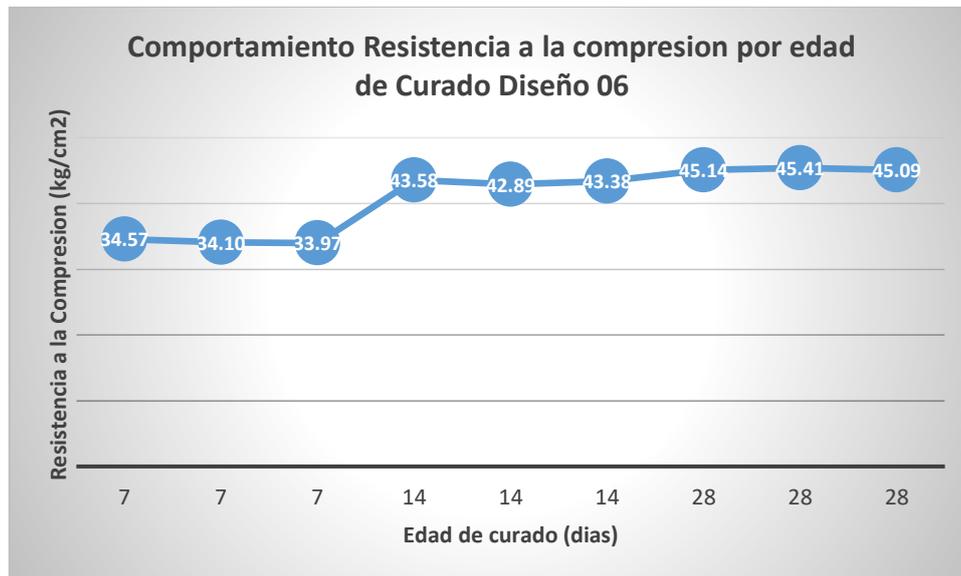


Figura 34: Resistencia a la compresión vs Tiempo de curado de Especímenes cilíndricos del Diseño 06

Fuente: Elaboración propia

Según los datos mostrados en la tabla N° 40 y en el Anexo N° 3 se puede determinar que los valores de resistencia a la compresión para cada uno de los 6 diseños son correctos, ya que superan la resistencia de diseño 20 kg/cm² que indica la norma para este tipo de bloques, los datos de resistencia de los especímenes sirven para ajustar el diseño de mezcla.

En los gráficos siguiente N° 29, 30, 31, 32, 33, 34 se puede observar el crecimiento de la resistencia a la compresión según la edad de curado, dando como resultado la máxima obtención de resistencia a los 28 días. Los cambios de resistencia para cada diseño entre 7 y 14 días de curado no son muy notables.

4.8 ANÁLISIS DE COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

Para el análisis de los bloques huecos de concreto con adición de caucho granulado y puzolana nos apoyamos en lo indicado en la norma Peruana NTP.399.604.2002

La elección de los 4 diseños corresponde al planteamiento del ítem 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA y los porcentajes se tomaron del ensayo a compresión de las probetas cilíndricas



mostradas en el ítem 4.7.4.1 los cuales muestran diferencias mínimas entre un diseño y otro, se tomó como punto de inflexión el diseño N° 4 pues a partir de ahí la resistencia decrece.

Tabla 41 Porcentajes para el estudio de bloques huecos de concreto y muretes

| DISEÑO | PUZOLANA % | CAUCHO % |
|---------------|-------------------|-----------------|
| N 1 | 0 | 0 |
| N 2 | 5 | 5 |
| N 3 | 10 | 5 |
| N 4 | 10 | 10 |

4.8.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Los aparatos utilizados serán los siguientes:

- ✓ **Máquina de Ensayo:** Con capacidad suficiente así como carga homogénea y continua.
- ✓ **Mesa vibradora y Compactadora:** Maquina semiautomática capaz de fabricar bloques huecos de concreto por 4 unidades.
- ✓ **Moldes Metálicos:** Plantillas de diversas dimensiones pre-establecidas de material metálico e indeformable.
- ✓ **Mezcladora:** Recipiente de gran capacidad formado con paletas metálicas que permiten el mezclado del Concreto.



Figura 35 Mesa Vibratoria y compactadora de bloques huecos de Concreto

Fuente: Elaboración propia

4.8.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

Para la elaboración de los bloques huecos de concreto se tuvo que hacer uso de la fábrica de Bloques huecos de concreto ubicada en el parque Industrial Distrito de Wanchaq – Cusco.

El procedimiento para la elaboración de bloques de Concreto es el siguiente:

- ✓ Transporte de agregados, caucho y Material puzolánico a la planta de Fabricación.
- ✓ Instalación del molde metálico en la mesa vibro-compactadora semiautomática.
- ✓ Posteriormente se mezcla los materiales en las cantidades establecidas en el diseño de mezcla, primero se agrega el material grueso y luego el material fino. El cemento se agrega en dos tandas para asegurar un mezclado óptimo con los agregados. El material puzolánico y el caucho granulado se aplicará al final de la mezcla junto al agua.
- ✓ Después de obtener la consistencia deseada se procede a transportar la mezcla a la mesa vibro-compactadora en tres capas. Cada capa será compactada.

- ✓ Después de concluir el compactado de la última capa se procede a extraer las muestras con excesivo cuidado para evitar desmoronamiento y fractura de los bloques.



Figura 36 Vibro-compactado de bloques huecos de concreto

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Los bloques son transportados con una carretilla hasta el depósito y marcan para identificar los distintos proporcionamientos de caucho y puzolana.
- ✓ Los bloques deberán estar en un ambiente que permita un fraguado uniforme.
- ✓ Después de secado las muestras estas serán curadas de manera diaria.



Figura 37 Bloques huecos de concreto

Fuente: Elaboración propia

4.8.3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

Para el ensayo a compresión axial de bloques huecos de concreto usaremos la norma “NTP 399.613.2005 .Los ensayos serán realizados a las edades de 7,14 y 28 días posteriores a la fabricación de los bloques. Los pasos a realizar para el ensayo serán los siguientes:

- ✓ Refrentado del Espécimen: En las muestras que tengan irregularidades excesivas se aplicará una capa delgada de yeso de alta resistencia para asegurar la horizontalidad del espécimen y que la carga sea distribuida de manera uniforme en toda su superficie. Se realizó el refrentado 24 horas antes del ensayo a compresión axial.
- ✓ Se medirán las dimensiones de los bloques de concreto como son, Largo, Ancho y Altura.
- ✓ Se realizará el pesaje de los bloques huecos.
- ✓ Colocar las muestras en la máquina de ensayo asegurando que esta se encuentre en el centro de gravedad e introducir las placas metálicas en la parte superior e inferior.
- ✓ Aplicar la carga hasta alcanzar el 50% de la carga limite analizada, seguidamente aplciar carga de manera homogénea y continua entre no mayor a 10 minutos ni menor a 1 minuto.



Figura 38 Colocado de los bloques de concreto en la Maquina de ensayo a compresión Axial

Fuente: Elaboración propia

4.8.3.1 CALCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO

Para el cálculo utilizaremos la formula indicada en la norma “NTP 399.613.2005

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA que es la siguiente.

$$C = \frac{W}{A} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

C = Resistencia (kg/cm²) (o Pa.10⁴).

W = Carga Ultima kg,f o N.

A= Promedio de área bruta

4.8.3.1.1 MODO DE FALLA

El modo de falla observado en los bloques huecos de concreto presentó una falla vertical, este tipo de falla es característico de cualquier tipo de unidad de albañilería (Ladrillos). Se observó un agrietamiento vertical. En los bloques con adición de caucho y puzolana se pudo observar un agrietamiento menos pronunciado ya que el caucho mantenía unido el bloque de concreto aun después de la falla. También se pudo observar que la falla es menos repentina en los bloques con adición de caucho y puzolana.



Figura 39 Modo de falla de los bloques huecos de concreto, agrietamiento vertical.

Fuente: Elaboración propia

4.8.3.1.2 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 42: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 7 DIAS

| | EDAD | N° ESPÉCIMEN | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área Bruta (cm ²) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|--------|--------------|------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|
| DISEÑO 01 | 7 DÍAS | 1 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 14080 | 23.74 |
| | | 2 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13080 | 21.95 |
| | | 3 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 14480 | 24.19 |
| | | 4 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 12410 | 20.82 |
| | | 5 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 14110 | 23.62 |
| | | 6 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 11650 | 19.37 |
| | | 7 | 40.20 | 15.00 | 603.00 | 13520 | 22.42 |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 13650 | 23.02 |
| | | 9 | 39.80 | 15.00 | 597.00 | 12540 | 21.01 |
| | | 10 | 39.70 | 14.80 | 587.56 | 12100 | 20.59 |
| DISEÑO 02 | 7 DÍAS | 11 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 9980 | 16.82 |
| | | 12 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 9720 | 16.27 |
| | | 13 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10380 | 17.37 |
| | | 14 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 9230 | 15.45 |
| | | 15 | 39.50 | 15.00 | 592.50 | 10140 | 17.11 |
| | | 16 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 9870 | 16.57 |
| | | 17 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 9950 | 16.60 |
| | | 18 | 39.80 | 15.10 | 600.98 | 9940 | 16.54 |
| | | 19 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 9650 | 16.08 |
| | | 20 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 10360 | 17.43 |
| DISEÑO 03 | 7 DÍAS | 21 | 39.50 | 15.00 | 592.50 | 11030 | 18.62 |
| | | 22 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 11950 | 20.15 |
| | | 23 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 11650 | 19.34 |
| | | 24 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11450 | 19.08 |
| | | 25 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 12030 | 20.05 |
| | | 26 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10870 | 18.19 |
| | | 27 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 10980 | 18.47 |
| | | 28 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 11140 | 18.74 |
| | | 29 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 11640 | 19.45 |
| | | 30 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11650 | 19.42 |
| DISEÑO 04 | 7 DÍAS | 31 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 5190 | 8.67 |
| | | 32 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 6540 | 10.90 |
| | | 33 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 5780 | 9.57 |
| | | 34 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 5720 | 9.45 |
| | | 35 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 5980 | 10.06 |
| | | 36 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 5830 | 9.81 |
| | | 37 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 5410 | 9.08 |
| | | 38 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 5910 | 9.85 |
| | | 39 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 5320 | 8.83 |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 5650 | 9.42 |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 43: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 14 DÍAS

| | EDAD | N° ESPÉCIMEN | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área Bruta (cm ²) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|---------|--------------|------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|
| DISEÑO 01 | 14 DÍAS | 1 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 17450 | 29.48 |
| | | 2 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17110 | 28.45 |
| | | 3 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 17250 | 29.07 |
| | | 4 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 17120 | 28.99 |
| | | 5 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 16980 | 28.51 |
| | | 6 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17370 | 28.76 |
| | | 7 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 17350 | 29.11 |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 16970 | 28.62 |
| | | 9 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 17600 | 29.46 |
| | | 10 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 17350 | 28.80 |
| DISEÑO 02 | 14 DÍAS | 11 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 13540 | 22.93 |
| | | 12 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 13780 | 23.34 |
| | | 13 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13980 | 23.46 |
| | | 14 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 12150 | 20.49 |
| | | 15 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 13450 | 22.83 |
| | | 16 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 13410 | 22.35 |
| | | 17 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 13980 | 23.30 |
| | | 18 | 39.90 | 15.20 | 606.48 | 13740 | 22.66 |
| | | 19 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 13640 | 22.64 |
| | | 20 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 13210 | 21.73 |
| DISEÑO 03 | 14 DÍAS | 21 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 15980 | 26.28 |
| | | 22 | 39.80 | 14.70 | 585.06 | 15160 | 25.91 |
| | | 23 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 16020 | 26.95 |
| | | 24 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 16140 | 27.26 |
| | | 25 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 16780 | 27.90 |
| | | 26 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 15870 | 26.34 |
| | | 27 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 16120 | 26.69 |
| | | 28 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 16560 | 27.92 |
| | | 29 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 16780 | 27.71 |
| | | 30 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 16940 | 27.98 |
| DISEÑO 04 | 14 DÍAS | 31 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10120 | 16.94 |
| | | 32 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 9840 | 16.71 |
| | | 33 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 9830 | 16.40 |
| | | 34 | 39.70 | 15.20 | 603.44 | 9780 | 16.21 |
| | | 35 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10110 | 17.16 |
| | | 36 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 9870 | 16.56 |
| | | 37 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 10250 | 17.31 |
| | | 38 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10380 | 17.62 |
| | | 39 | 40.20 | 15.10 | 607.02 | 10360 | 17.07 |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 10540 | 17.57 |



Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Resumen de resultados de compresión axial de bloques huecos de concreto EDAD 28 DÍAS

| | EDAD | N° ESPÉCIMEN | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área Bruta (cm ²) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|---------|--------------|------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|
| DISEÑO 01 | 28 DÍAS | 1 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 21960 | 37.09 |
| | | 2 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17450 | 29.01 |
| | | 3 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 18960 | 31.95 |
| | | 4 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 19600 | 33.19 |
| | | 5 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 19980 | 33.55 |
| | | 6 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17650 | 29.22 |
| | | 7 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 19650 | 32.97 |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 19780 | 33.35 |
| | | 9 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 19950 | 33.39 |
| | | 10 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 15890 | 26.37 |
| DISEÑO 02 | 28 DÍAS | 11 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 15870 | 26.87 |
| | | 12 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 14650 | 24.81 |
| | | 13 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13980 | 23.46 |
| | | 14 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 14120 | 23.81 |
| | | 15 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 15780 | 26.79 |
| | | 16 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 14230 | 23.72 |
| | | 17 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 15980 | 26.63 |
| | | 18 | 39.90 | 15.20 | 606.48 | 15470 | 25.51 |
| | | 19 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 13960 | 23.17 |
| | | 20 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 13990 | 23.01 |
| DISEÑO 03 | 28 DÍAS | 21 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 17890 | 29.42 |
| | | 22 | 39.80 | 14.70 | 585.06 | 17650 | 30.17 |
| | | 23 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 15680 | 26.37 |
| | | 24 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 18120 | 30.61 |
| | | 25 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17960 | 29.86 |
| | | 26 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 17540 | 29.11 |
| | | 27 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17560 | 29.07 |
| | | 28 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 18120 | 30.56 |
| | | 29 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 17260 | 28.50 |
| | | 30 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 17850 | 29.48 |
| DISEÑO 04 | 28 DÍAS | 31 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 11890 | 19.90 |
| | | 32 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10890 | 18.49 |
| | | 33 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 11870 | 19.80 |
| | | 34 | 39.70 | 15.20 | 603.44 | 11030 | 18.28 |
| | | 35 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10780 | 18.30 |
| | | 36 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 11450 | 19.21 |



| | | | | | | | |
|--|--|----|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | 37 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 11310 | 19.10 |
| | | 38 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 11870 | 20.15 |
| | | 39 | 40.20 | 15.10 | 607.02 | 11780 | 19.41 |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 10390 | 17.32 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Resumen de Cargas ultimas promedio y Resistencias promedias para cada uno de los Diseños de Bloques huecos de concreto con caucho y puzolana a los 28 días

| Diseño Bloque | Carga Promedio (kg) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) |
|---------------|---------------------|--|
| D-01 | 19087.00 | 32.01 |
| D-02 | 14803.00 | 24.78 |
| D-03 | 17563.00 | 29.32 |
| D-04 | 11326.00 | 19.00 |

Los resultados de la resistencia a compresión de bloques huecos de concreto con caucho triturado de llantas en desuso y material puzolánico se muestra en las tablas de resumen N° 42, 43, 44 en el Anexo N° 4, los resultados de las resistencias se muestran para cada edad de curado del concreto teniendo así un promedio de 22.07 kg/cm² para el Diseño N° 1 a 7 días de elaboración del bloque, 16.62 kg/cm² para el Diseño N° 2, 19,15 kg/cm² para el diseño N° 3 y 9.56 kg/cm² para el diseño N°4, concluyendo que a los 7 días de fabricado los bloques El diseño N° 1, 2 y 3 son los que cumplen con la resistencia de diseño. A los 14 días de elaborado los bloques huecos las resistencias aumentaron considerablemente teniendo así que para el Diseño N° 1 se tiene 28.92 kg/cm², Diseño N° 2 de 22.57 kg/cm², Diseño N° 3 de 27.09 kg/cm² y Diseño N° 4 de 16.95, se puede observar una mejoría notable en la resistencia a compresión cumpliendo la resistencia mínima en los diseños D-01, D-02, D-03. Por ultimo las resistencias a los 28 días de elaboración de los bloques alcanzaron el 99% de la resistencia de diseño, teniendo así para el Diseño N°1 de 32.05 kg/cm², para el Diseño N°2 de 24.78 kg/cm², para el Diseño N° 3 DE 29.32 kg/cm² y para el Diseño N° 4 de 19.00 kg/cm², se



concluye que el diseño N° 4 es el menos favorable para la elaboración de bloques de concreto ya que no alcanza la resistencia de Diseño inicial.

4.9 ANÁLISIS DE COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE BLOQUES

HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

Para el análisis de los muretes de bloques huecos de concreto con adición de caucho granulado y puzolana nos apoyamos en lo indicado en la norma “NTP 399.621.2004

4.9.1 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE MURETES DE BLOQUES

HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

- ✓ Cada Proporcionamiento tendrá un total de 3 muretes para ser ensayados (P1, P2, P3, P4)
- ✓ Se fabricarán muretes con un largo mínimo de 600 mm y un ancho mínimo de 600 mm utilizando por lo menos 2 bloques por cada hilada.
- ✓ Se asegurará la horizontalidad de las hiladas con un nivel de mano, así como el espesor de las juntas (1.5 cm).
- ✓ Después de 24 horas de fabricado el murete se procede a rellenar los alveolos en contacto con los cabezales de la máquina de compresión con Grout para evitar la falla localizada.



Figura 40 Elaboración de muretes de bloques huecos de concreto

Fuente: Elaboración propia

4.9.2 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

El procedimiento normalizado para el ensayo de compresión diagonal de muretes se establece en la norma “NTP 399.621.2004 y son los siguientes:

- ✓ Colocación de las escuadras de carga: La escuadra superior e inferior estarán equilibradas y más cerca del centro posible de la máquina de ensayo.
- ✓ Se procede a colocar el murete de manera centrada previamente rellenos con Grout para evitar fallas localizadas.
- ✓ La velocidad de aplicación de la carga será a cualquier velocidad hasta alcanzar el 50% de la carga estimada posteriormente la carga a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto.



Figura 41 Colocación de murete e instrumentación en la máquina de compresión diagonal

Fuente: Elaboración propia

4.9.2.1 CALCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

Para el cálculo de la resistencia a compresión diagonal de muretes utilizaremos la formula indicada en la norma “NTP 399.621.2004, que son los siguientes:

✓ Esfuerzo cortante

$$Vm = \frac{0.707 P}{Ab} \quad \text{Ecuacion (9)}$$

Donde:

Vm= Esfuerzo cortante

P = Carga Ultima N

Ab = área bruta determinada por la siguiente ecuación:

$$Ab = \frac{(l+h)t}{2} \quad \text{Ecuacion (10)}$$

Donde:

L = Largo

H= Altura

T= Espesor

✓ **FUERZA**

$$F = Fb * 1.0197162 * A$$

Donde:

F = Fuerza aplicada en Kilogramos

Fb=Dato Manómetro

A=Área (cm²)

1 Bar=1.0197162kg/cm²

4.9.2.1.1 MODO DE FALLA

El modo de falla observado en los muretes de bloques de concreto se produjo de forma repentina y de forma paralela a la diagonal del murete (escalonada). La falla típica de los muretes se produce por tracción diagonal en toda su superficie.



Figura 42 Tipo de falla en muretes de forma escalonada

Fuente: Elaboración propia

4.9.2.1.2 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 46: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-01

| MURETE N° | Área de carga equipo (cm ²) | Área (Cm ²) | Carga Máxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Desviación estándar | Vm Final (kg/cm ²) | TIPO FALLA |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 80.91 | 1267.65 | 7425.83 | 4.14 | 0.07 | 4.15 | Falla por tensión diagonal en bloques y juntas |
| 2 | 80.91 | 1267.96 | 7590.85 | 4.23 | | | |
| 3 | 80.91 | 1256.55 | 7590.85 | 4.27 | | | |

Tabla 47: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-02

| MURETE N° | Área de carga equipo (cm ²) | Área (Cm ²) | Carga Máxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Desviación estándar | Vm Final (kg/cm ²) | TIPO FALLA |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 80.91 | 1267.96 | 6600.73 | 3.68 | 0.15 | 3.70 | Falla por tensión diagonal en juntas |
| 2 | 80.91 | 1253.09 | 7013.28 | 3.96 | | | |
| 3 | 80.91 | 1266.46 | 7013.28 | 3.92 | | | |

Tabla 48: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-03

| MURETE N° | Área de carga equipo (cm ²) | Área (Cm ²) | Carga Máxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Desviación estándar | Vm Final (kg/cm ²) | TIPO FALLA |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 80.91 | 1268.40 | 7260.81 | 4.05 | 0.09 | 3.92 | Falla por tensión diagonal en bloques y juntas |
| 2 | 80.91 | 1261.19 | 7260.81 | 4.07 | | | |
| 3 | 80.91 | 1267.65 | 7013.28 | 3.91 | | | |



Tabla 49: Resumen de resultados ensayo de compresión diagonal en bloques con caucho y puzolana para el D-04

| MURETE N° | Área de carga equipo (cm ²) | Área (Cm ²) | Carga Máxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Desviación estándar | Vm Final (kg/cm ²) | TIPO FALLA |
|-----------|---|-------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| 1 | 80.91 | 1255.80 | 5363.10 | 3.02 | 0.12 | 2.82 | Falla escalonada, poca adherencia bloque-mortero por exceso de caucho y puzolana |
| 2 | 80.91 | 1270.67 | 5363.10 | 2.98 | | | |
| 3 | 80.91 | 1250.11 | 4950.55 | 2.80 | | | |

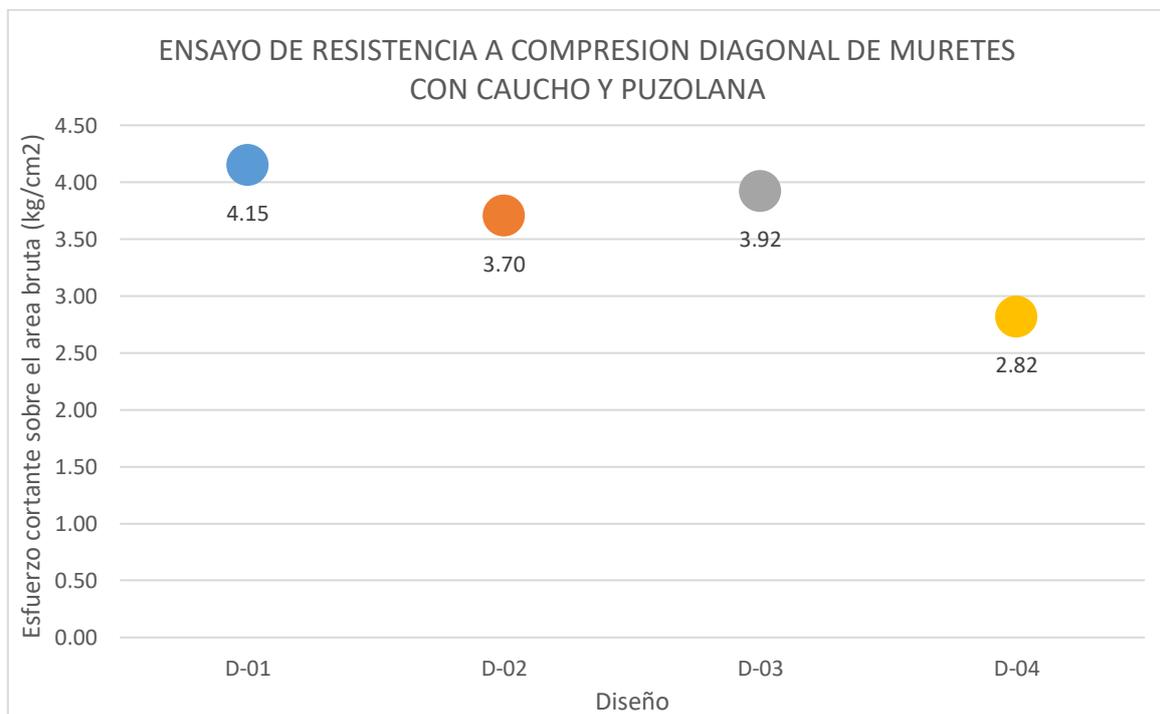


Figura 43: Comparación de esfuerzo cortante en los 4 diseños de muretes

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados de las tablas N° 46, 47, 48, 49 se puede deducir que a mayor adición de caucho a partir del 5% la resistencia a la compresión diagonal disminuye, así también la adición de material puzolánico con un límite de 10% aumenta la resistencia diagonal, la pérdida de resistencia se debe a la baja adherencia que presenta el material adicionado con el mortero, por tanto, se puede observar fallas a nivel de juntas a mayor



adición y fallas diagonales en los bloques sin adición de caucho y puzolana. Se obtiene una diferencia de 1.33 kg/cm² entre el Diseño patrón N° 01 y el diseño N° 4.

4.10 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

Para el análisis de las características de bloques huecos de concreto con caucho y puzolana haremos uso de los procedimientos establecidos en la norma NTP 399.613.2017

"UNIDADES DE ALBAÑILERÍA". Los especímenes a ensayar serán de 3 unidades para cada característica y estos se realizarán después de 28 días de haber sido elaborados.

4.10.1 ALABEO

4.10.1.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Regla o cuña de medición:** Usar una regla graduada de material no deformable o en su defecto una cuña de medición (60x12.5x12.5 mm)
- **Superficie Plana:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.
- **Escobilla:** De cerdas suaves para limpiar pequeñas impurezas.

4.10.1.2 MUESTREO

Según lo establecido en la norma NTP 399.613.2017 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA" el mínimo de unidades a medir será de 10 unidades.

4.10.1.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- **Superficies Cóncavas:** “Se coloca la varilla de forma longitudinal a lo largo del área del bloque hueco. Tomar como dato la distancia mayor del bloque hasta la varilla. Usando la regla de acero, medir esta distancia con aproximación a 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie del bloque” (NTP 399.613, 2017)



- **Superficies Convexas:** “Se coloca el bloque hueco de concreto con la superficie convexa en contacto con la superficie nivelada y con los bordes del bloque equidistantes a la superficie nivelada. Posteriormente se utiliza la regla o la cuña graduada para medir con una aproximación de 1mm de las distancias de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie nivelada, se registra el promedio” (NTP 399.613, 2017)

4.10.1.4 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 50: Resultados de Alabeo en cara superior de Bloques de Concreto

| DISEÑO | ESPÉCIMEN N° | Cara Superior (mm) | Promedio |
|--------|--------------|-------------------------|----------|
| | | Concavidad o convexidad | |
| D1 | B-01 | 1.00 | 1.08 |
| | B-02 | 0.75 | |
| | B-03 | 1.50 | |
| D2 | B-01 | 1.00 | 1.50 |
| | B-02 | 2.00 | |
| | B-03 | 1.50 | |
| D3 | B-01 | 1.00 | 1.92 |
| | B-02 | 2.25 | |
| | B-03 | 2.50 | |
| D4 | B-01 | 2.00 | 2.00 |
| | B-02 | 1.50 | |
| | B-03 | 2.50 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Resultados de Alabeo en cara superior de Bloques de Concreto

| DISEÑO | ESPÉCIMEN N° | Cara Inferior (mm) | Promedio |
|--------|--------------|-------------------------|----------|
| | | Concavidad o convexidad | |
| D1 | B-01 | 1.00 | 1.00 |
| | B-02 | 1.00 | |
| | B-03 | 1.00 | |
| D2 | B-01 | 1.00 | 1.50 |
| | B-02 | 2.00 | |
| | B-03 | 1.50 | |
| D3 | B-01 | 2.00 | 1.83 |
| | B-02 | 2.00 | |
| | B-03 | 1.50 | |
| D4 | B-01 | 2.50 | 2.17 |
| | B-02 | 2.00 | |



| | | | |
|--|------|------|--|
| | B-03 | 2.00 | |
|--|------|------|--|

Fuente: Elaboración propia

El análisis muestra que el valor promedio del alabeo superior para el Diseño 1 de bloques de concreto es de 1.08 mm y el valor promedio del alabeo inferior es de 1.00 mm. Para el Diseño 2 el resultado del alabeo superior aumenta a 1.50 mm y de la misma forma el alabeo inferior obtiene 1.50 mm.

El Diseño N° 3 de bloques de concreto tiene un valor promedio de alabeo superior de 1.92 mm y en la parte inferior de 1.83 mm, el alabeo superior para el Diseño N° 5 es de 2.00 mm y el alabeo inferior es de 2.17 mm. Estos resultados están dentro del límite de valores máximos de Alabeo para unidades de albañilería no portantes (8mm máximo) mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 52 Clase De Unidad De Albañilería Para Fines Estructurales

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje) | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESION f_c (módulo en MPa) (kg/cm ²) sobre área bruta |
|------------------------|--|--------------|---------------|-----------------------|--|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ±8 | ±6 | ±4 | 10 | 4.9 (70) |
| Ladrillo II | ±7 | ±5 | ±4 | 8 | 5.9 (70) |
| Ladrillo III | ±5 | ±4 | ±3 | 6 | 9.3 (95) |
| Ladrillo IV | ±4 | ±3 | ±2 | 4 | 12.7 (130) |
| Ladrillo V | ±3 | ±2 | ±1 | 2 | 17.6 (180) |
| Bloque P ₁ | ±4 | ±3 | ±2 | 4 | 4.9 (50) |
| Bloque NP ₁ | ±7 | ±5 | ±4 | 8 | 2.0 (20) |

Nota: Tabla adaptada de la Norma E.070

4.10.2 VARIACIÓN DIMENSIONAL

4.10.2.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Regla o cinta métrica:** Para la medición de longitudes de los bloques huecos de concreto se hará uso de reglas o cintas métrica debidamente graduados. Las reglas preferiblemente serán de 30 cm con divisiones de 1 milímetro
- **Superficie Plana:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.



4.10.2.2 MUESTREO

Según lo establecido en la norma NTP 399.613.2017 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA" el mínimo de unidades a medir será de 10 unidades.

4.10.2.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Se toma diez bloques huecos de concreto enteros, secos y limpios, las unidades son representativas de toda la investigación.
- Se procede a tomar las medidas de largo, ancho, tomando ambos extremos y en las dos caras, la aproximación será de 1mm, para el ancho la aproximación será de 0.5 mm. Para la medición de la altura se hará en ambas caras y en ambos extremos con una aproximación de 1mm.

4.10.2.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la determinación de la variación dimensional se hará uso de la formula siguiente:

$$VD = \frac{DN- DP}{DN} X 100$$

Donde:

VD = Variación dimensional

DN= Dimensión nominal

DP = Dimensión promedio

Los resultados serán expresados en porcentajes.

4.10.2.5 RESULTADOS DEL ENSAYO



Tabla 53: Variación dimensional del Largo de bloques huecos de Concreto

| DISEÑO | ESPECIMEN N° | Largo | | Promedio | Var % promedio |
|--------|--------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| | | Lateral 1 | Lateral 2 | | |
| D1 | B-01 | 39.90 | 40.00 | 39.95 | 0.12 |
| | B-02 | 40.00 | 40.00 | | |
| | B-03 | 39.90 | 39.90 | | |
| D2 | B-01 | 40.00 | 40.10 | 40.03 | -0.08 |
| | B-02 | 40.00 | 40.10 | | |
| | B-03 | 40.00 | 40.00 | | |
| D3 | B-01 | 40.00 | 40.10 | 40.07 | -0.17 |
| | B-02 | 40.10 | 40.00 | | |
| | B-03 | 40.10 | 40.10 | | |
| D4 | B-01 | 40.10 | 40.10 | 40.08 | -0.21 |
| | B-02 | 40.10 | 40.10 | | |
| | B-03 | 40.10 | 40.00 | | |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 43 muestra la variación dimensional con respecto al largo de bloques huecos de concreto, las medidas fueron tomadas en la parte media de los dos laterales, el diseño D1 muestra una variación porcentual de 0.12% respecto al largo nominal (40 cm), representando una disminución de la longitud en 0.05 cm, el diseño N° 02 muestra una variación de 0.08% respecto al largo nominal representado en 0.03 de aumento en la longitud. El diseño 03 muestra una variación dimensional de 0.17% respecto al largo nominal, con un aumento de 0.08 cm. Por último el diseño N° 04 muestra una variación dimensional porcentual del 0.21% con un aumento de 0.02 cm respecto a la longitud nominal.



Tabla 54 Variación dimensional del ancho de bloques huecos de Concreto

| DISEÑO | ESPECIMEN N° | Ancho | | Promedio | Var % promedio |
|--------|--------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| | | Lateral 1 | Lateral 2 | | |
| D1 | B-01 | 14.90 | 15.00 | 14.98 | 0.04 |
| | B-02 | 15.00 | 15.00 | | |
| | B-03 | 15.00 | 15.00 | | |
| D2 | B-01 | 15.00 | 15.10 | 15.00 | 0.00 |
| | B-02 | 14.90 | 15.00 | | |
| | B-03 | 15.00 | 15.00 | | |
| D3 | B-01 | 15.00 | 15.10 | 15.03 | -0.08 |
| | B-02 | 15.10 | 15.00 | | |
| | B-03 | 15.00 | 15.00 | | |
| D4 | B-01 | 15.10 | 15.10 | 15.07 | -0.17 |
| | B-02 | 15.10 | 15.10 | | |
| | B-03 | 15.00 | 15.00 | | |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 44 muestra la variación dimensional con respecto al ancho de bloques huecos de concreto, las medidas fueron tomadas en los dos extremos del bloque, el diseño D1 muestra una variación porcentual de 0.04% respecto al ancho nominal (15 cm), representando una disminución de la longitud en 0.02 cm, el diseño N° 02 muestra una variación de 0.00% sin ninguna variación en el ancho. El diseño 03 muestra una variación dimensional de 0.08% respecto al ancho nominal, con un aumento de 0.03 cm. Por último el diseño N° 04 muestra una variación dimensional porcentual del 0.17% con un aumento de 0.07 cm respecto a la ancho nominal.



Tabla 55: Variación dimensional de la Altura de bloques huecos de Concreto

| DISEÑO | ESPECIMEN N° | Altura | | | | Promedio | Var % promedio |
|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| | | Lateral 1 | Lateral 2 | Lateral 1 | Lateral 2 | | |
| D1 | B-01 | 20.00 | 20.00 | 20.10 | 20.00 | 19.99 | 0.02 |
| | B-02 | 19.90 | 20.10 | 20.00 | 20.10 | | |
| | B-03 | 19.90 | 19.90 | 20.00 | 19.90 | | |
| D2 | B-01 | 20.00 | 20.10 | 20.00 | 20.10 | 20.01 | -0.02 |
| | B-02 | 19.90 | 20.10 | 19.90 | 20.10 | | |
| | B-03 | 20.00 | 20.00 | 19.90 | 20.00 | | |
| D3 | B-01 | 20.10 | 20.00 | 20.10 | 20.00 | 20.02 | -0.04 |
| | B-02 | 20.00 | 20.00 | 20.10 | 20.10 | | |
| | B-03 | 20.00 | 19.90 | 20.00 | 19.90 | | |
| D4 | B-01 | 20.10 | 20.10 | 20.10 | 20.10 | 20.08 | -0.19 |
| | B-02 | 20.10 | 20.00 | 20.10 | 20.10 | | |
| | B-03 | 20.10 | 20.10 | 20.00 | 20.00 | | |

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 45 muestra la variación dimensional con respecto a la altura de bloques huecos de concreto, las medidas fueron tomadas en los cuatro vértices del bloque, el diseño D1 muestra una variación porcentual de 0.02% respecto a la altura nominal (20 cm), representando una disminución de la longitud en 0.01 cm, el diseño N° 02 muestra una variación de 0.02% respecto a la altura nominal representado en 0.01 de aumento en la longitud. El diseño 03 muestra una variación dimensional de 0.04% respecto a la altura nominal, con un aumento de 0.0 cm.

Por último, el diseño N° 04 muestra una variación dimensional porcentual del 0.19% con disminución de 0.08 cm respecto a la altura nominal



4.10.3 ABSORCIÓN

4.10.3.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Balanza:** Balanza calibrada capaz de resistir el peso de los bloques huecos de concreto no menor a 2000 gr y una aproximación de 0,5 g, preferiblemente digital para facilitar su operación y exactitud.
- **Superficie Plana y resistente:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.

4.10.3.2 MUESTREO

Según lo establecido en la norma NTP 399.613.2017 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA" el mínimo de unidades a medir será de 05 unidades.

4.10.3.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Se tomarán los pesos en seco de las unidades a ensayar.
- Sumergir los bloques huecos de concreto en agua limpia con temperatura entre 15-30° C.
- Retirar las unidades y secar el agua superficial con un paño limpio y pesar.
- Pesar las muestras sin exceder los 5 minutos después de haber sido extraídos del agua.

4.10.3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la determinación del porcentaje de absorción se tomará en cuenta la siguiente formula con una aproximación al 0.1%:

$$Absorcion = \frac{Ws - Wd}{Wd} \times 100$$

Donde:

Ws = Peso de la unidad saturada

Wd= Peso seco de la unidad



Los resultados serán expresados en porcentajes.

4.10.3.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 56: Resultados de ensayo de Absorción de bloques huecos de concreto

| DISEÑO | ESPÉCIMEN N° | PESO | | | | ABSORCIÓN | ABSORCIÓN PROMEDIO |
|--------|--------------|--------|----------------------|--------|--------------------|-----------|--------------------|
| | | HÚMEDO | Promedio peso húmedo | SECO | Promedio peso Seco | | |
| D1 | B-01 | 12.518 | 12.52 | 11.593 | 11.60 | 7.98 | 7.91 |
| | B-02 | 12.535 | | 11.601 | | 8.05 | |
| | B-03 | 12.499 | | 11.605 | | 7.70 | |
| D2 | B-01 | 12.310 | 12.25 | 11.200 | 11.14 | 8.15 | 8.19 |
| | B-02 | 12.219 | | 11.115 | | 8.24 | |
| | B-03 | 12.220 | | 11.118 | | 8.19 | |
| D3 | B-01 | 11.846 | 11.84 | 10.721 | 10.71 | 8.30 | 8.44 |
| | B-02 | 11.825 | | 10.693 | | 8.56 | |
| | B-03 | 11.836 | | 10.713 | | 8.45 | |
| D4 | B-01 | 11.564 | 11.61 | 10.334 | 10.34 | 8.98 | 9.04 |
| | B-02 | 11.583 | | 10.340 | | 9.03 | |
| | B-03 | 11.687 | | 10.345 | | 9.10 | |

Fuente: Elaboración propia

4.10.4 PESO HÚMEDO Y PESO SECO

4.10.4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO

Para el computo de los resultados de peso húmedo y peso seco de los bloques de concreto se tomara los datos obtenidos en el ensayo de Absorción mostrado en el Ítem anterior.

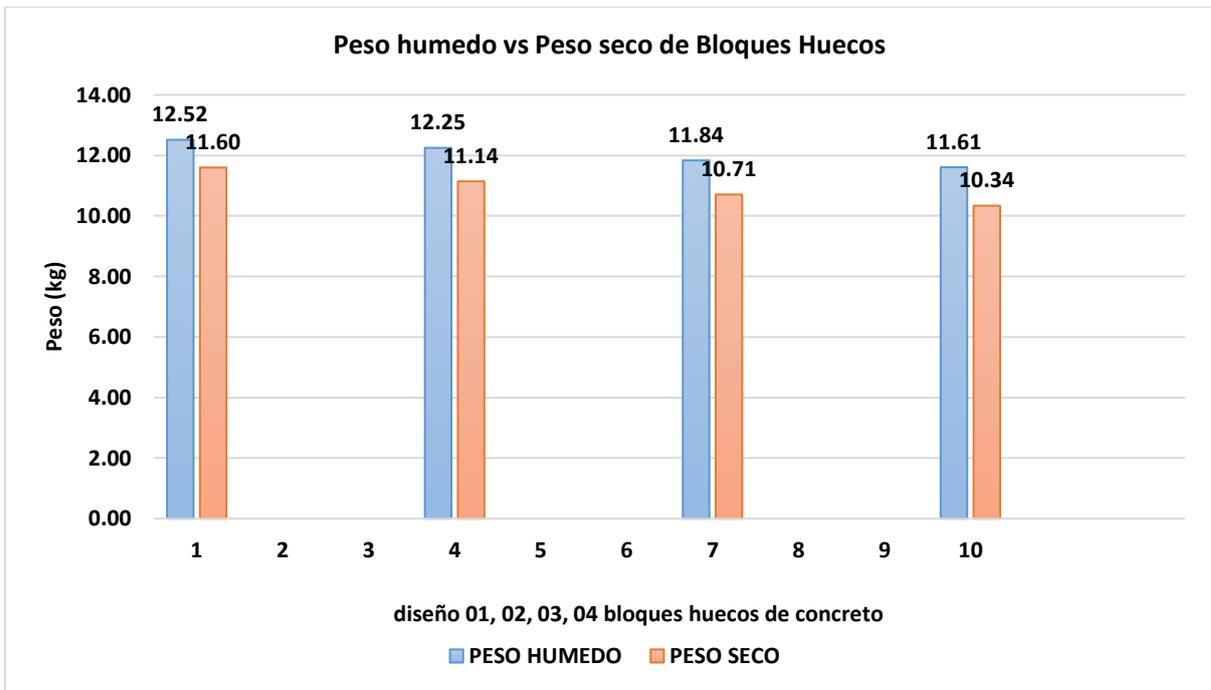


Figura 44 Comparación de Peso húmedo con absorción y Peso Seco de bloques de concreto

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°44 se puede observar la diferencia de pesos existente entre los promedios de los pesos húmedos y secos para cada diseño de bloque hueco, así también podemos concluir que la diferencia de peso entre el diseño N° 1 y N° 2 es de 0.46 Kg, entre el diseño N°1 y N° 3 es de 0.89 Kg y entre el diseño N°1 y N° 4 es de 1.26 Kg, gracias a la presencia del material liviano como es la puzolana y el caucho.

4.10.5 PORCENTAJE DE VACÍOS

4.10.5.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Superficie Plana y resistente:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.
- **Regla o cinta métrica:** Para la medición de longitudes de los bloques huecos de concreto se hará uso de reglas o cintas métrica debidamente graduados. Las reglas preferiblemente serán de 30 cm con divisiones de 1 milímetro
- **Escobilla:** Una escobilla de cerdas suaves



4.10.5.2 MUESTREO

Según lo establecido en la norma NTP 399.613.2017 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA" el mínimo de unidades a medir será de 10 unidades.

4.10.5.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Medir las longitudes de largo, ancho y altura de las unidades a ensayar.
- Medir las longitudes de largo, ancho y altura de los alveolos presentes en las unidades a ensayar.

4.10.5.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la determinación del porcentaje de vacíos se tomará en cuenta las siguientes formulas:

$$\% \text{ de vacios} = \frac{V_s}{V_u} \times 100$$

Donde:

V_s = Volumen de arena contenida en la unidad ensayada

V_u = Volumen Bloque

4.10.5.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 57: Resultados de ensayo de porcentaje de vacíos de bloques Huecos de concreto

| DISEÑO | ESPÉCIMEN N° | LARGO (CM) | ANCHO (CM) | ALTURA (CM) | VOLUMEN (CM ³) | LARGO ALVEOLO 1 (CM) | ANCHO ALVEOLO 1 (CM) | ALTURA ALVEOLO 1 (CM) | VOLUMEN ARENA ALVEOLO 1 (CM ³) |
|-----------|--------------|------------|------------|-------------|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| D1 | B-01 | 39.95 | 14.95 | 20.03 | 11959.98 | 17.10 | 11.10 | 18.50 | 3511.49 |
| | B-02 | 40.00 | 15.00 | 20.03 | 12015.00 | 17.00 | 11.50 | 18.00 | 3519.00 |
| | B-03 | 39.90 | 15.00 | 19.93 | 11925.11 | 17.10 | 11.40 | 18.10 | 3528.41 |
| D2 | B-01 | 40.05 | 15.05 | 20.05 | 12085.19 | 17.10 | 11.20 | 18.20 | 3485.66 |
| | B-02 | 40.05 | 14.95 | 20.00 | 11974.95 | 17.20 | 11.10 | 18.00 | 3436.56 |
| | B-03 | 40.00 | 15.00 | 19.98 | 11985.00 | 17.20 | 11.10 | 18.00 | 3436.56 |
| D3 | B-01 | 40.05 | 15.05 | 20.05 | 12085.19 | 17.10 | 11.50 | 18.10 | 3559.37 |
| | B-02 | 40.05 | 15.05 | 20.05 | 12085.19 | 17.10 | 11.40 | 18.30 | 3567.40 |
| | B-03 | 40.10 | 15.00 | 19.95 | 11999.93 | 17.00 | 11.40 | 18.30 | 3546.54 |



| | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|---------|
| D4 | B-01 | 40.10 | 15.10 | 20.10 | 12170.75 | 17.10 | 11.40 | 18.20 | 3547.91 |
| | B-02 | 40.10 | 15.10 | 20.08 | 12155.61 | 17.10 | 11.00 | 18.50 | 3479.85 |
| | B-03 | 40.05 | 15.00 | 20.05 | 12045.04 | 17.20 | 11.10 | 18.50 | 3532.02 |

| LARGO ALVEOLO 2 (CM) | ANCHO ALVEOLO 2 (CM) | ALTURA ALVEOLO21 (CM) | VOLUMEN ARENA ALVEOLO 2 (CM3) | VOLUMEN TOTAL DE ARENA EN ALVEOLOS | VOLUMEN NETO (CM3) | % VACÍOS | %VACÍOS PROMEDIO | TIPO BLOQUE |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------|------------------|-------------|
| 17.10 | 11.00 | 18.50 | 3479.85 | 6991.34 | 4968.65 | 58.46 | 58.50 | HUECA |
| 17.10 | 11.40 | 18.10 | 3528.41 | 7047.41 | 4967.59 | 58.66 | | |
| 17.10 | 11.10 | 18.10 | 3435.56 | 6963.98 | 4961.14 | 58.40 | | |
| 17.00 | 11.20 | 18.20 | 3465.28 | 6950.94 | 5134.24 | 57.52 | 57.56 | HUECA |
| 17.10 | 11.20 | 18.10 | 3466.51 | 6903.07 | 5071.88 | 57.65 | | |
| 17.20 | 11.10 | 18.10 | 3455.65 | 6892.21 | 5092.79 | 57.51 | | |
| 17.20 | 11.40 | 18.00 | 3529.44 | 7088.81 | 4996.38 | 58.66 | 58.92 | HUECA |
| 17.10 | 11.40 | 18.20 | 3547.91 | 7115.31 | 4969.88 | 58.88 | | |
| 17.10 | 11.50 | 18.10 | 3559.37 | 7105.91 | 4894.02 | 59.22 | | |
| 17.10 | 11.40 | 18.10 | 3528.41 | 7076.32 | 5094.43 | 58.14 | 58.03 | HUECA |
| 17.10 | 11.10 | 18.40 | 3492.50 | 6972.35 | 5183.26 | 57.36 | | |
| 17.10 | 11.20 | 18.40 | 3523.97 | 7055.99 | 4989.05 | 58.58 | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 47 se puede observar que los bloques elaborados tienen un porcentaje de 58.43 para el Diseño N° 01, un porcentaje de vacíos de 57.56% para el diseño N° 2, para el diseño N°3 se tiene 59.21 % y por último para el diseño N° 4 se tiene un porcentaje de vacíos de 58.56%.

Se puede concluir que los bloques elaborados son de tipología HUECA por tener un porcentaje de vacíos menor al 70% según la norma

4.10.6 POROSIDAD

El ensayo para la determinación de la porosidad no se encuentra descrito en la norma NTP 399.613.2017 por lo tanto se usará la norma ASTM 642-97 método para determinar la porosidad en el concreto endurecido.



4.10.6.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Balanza:** Balanza calibrada capaz de resistir el peso de los bloques huecos de concreto no menor a 2000 gr y una aproximación de 0,5 g, preferiblemente digital para facilitar su operación y exactitud.
- **Superficie Plana y resistente:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.
- **Cesta metálica:** Con capacidad para las unidades de bloques huecos de concreto
- **Horno:** Con temperatura homogénea de 110 °C +-5

4.10.6.2 MUESTREO

Se ensayará 3 unidades de bloques de concreto por dosificación de caucho y puzolana.

4.10.6.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Se sumerge las muestras en recipientes con agua y dejar saturar durante 24 horas.
- Se extrae el espécimen del agua y se coloca en la cesta conectada a la balanza y se sumerge en el agua para determinar el peso aparente.
- Se vuelve a extraer el espécimen y se seca superficialmente con una toalla y se vuelve a pesar.
- Se introduce el espécimen en el horno y se deja secar durante 24 horas, se extrae y se deja secar en el aire para luego ser pesado.

4.10.6.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la determinación de la porosidad se tomará en cuenta las siguientes formulas:

$$D_s = \frac{M_s}{V}$$

Donde:

Ds = Densidad

Ms = Masa seca de la Unidad



$$V = \frac{M_{sss} - M_{aa}}{\rho}$$

Donde:

V = Volumen

M_{sss}= Peso saturado con superficie seca

M_{aa}= Peso aparente en el agua (gr)

M_s= Peso seca (gr)

ρ = Densidad del agua

$$P = \frac{M_{sss} - M_s}{M_{sss} - M_{aa}} \times 100$$

Donde:

P= Porosidad

M_{sss}= Peso saturada con superficie seca

M_{aa}= Peso aparente en el agua (gr)

M_s= Peso seca (gr)

ρ = Densidad del agua

4.10.6.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 58: Resultados para el ensayo de porosidad de los Bloques Huecos de Concreto

| DISEÑO | ESPÉCIMEN | PESO SECO | PESO EN EL AGUA | PESO SATURADO CON SUPERFICIE SECA | VOLUMEN DEL ESPÉCIMEN (M3) | DENSIDAD KG/M3 | POROSIDAD % | POROSIDAD PROMEDIO % |
|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|-------------|----------------------|
| D1 | B-01 | 11.593 | 7.598 | 12.247 | 0.005 | 2486.17 | 14.07 | 13.97 |
| | B-02 | 11.601 | 7.607 | 12.251 | 0.005 | 2490.57 | 14.00 | |
| | B-03 | 11.605 | 7.609 | 12.248 | 0.005 | 2494.11 | 13.86 | |
| D2 | B-01 | 11.200 | 7.175 | 11.894 | 0.005 | 2366.26 | 14.71 | 14.78 |
| | B-02 | 11.115 | 7.097 | 11.820 | 0.005 | 2346.32 | 14.93 | |
| | B-03 | 11.118 | 7.107 | 11.809 | 0.005 | 2357.43 | 14.70 | |
| D3 | B-01 | 10.721 | 6.631 | 11.455 | 0.005 | 2215.76 | 15.22 | 15.21 |
| | B-02 | 10.693 | 6.606 | 11.447 | 0.005 | 2202.21 | 15.58 | |
| | B-03 | 10.713 | 6.618 | 11.427 | 0.005 | 2221.01 | 14.85 | |
| D4 | B-01 | 10.334 | 6.224 | 11.312 | 0.005 | 2024.96 | 19.22 | 19.14 |
| | B-02 | 10.340 | 6.239 | 11.316 | 0.005 | 2030.53 | 19.22 | |
| | B-03 | 10.345 | 6.210 | 11.314 | 0.005 | 2020.76 | 18.99 | |



Fuente: Elaboración propia

Podemos determinar que a más adición de material puzolánico y caucho, el concreto se vuelve más poroso como en el diseño N° 4, obteniendo un aumento del 5.17% de porosidad respecto a bloques huecos típicos de concreto. Esto se puede verificar por la disminución del peso de los bloques mencionado en el ítem 4.10.4.5.

4.10.7 RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN O SUCCIÓN

El ensayo para la determinación de la porosidad se encuentra descrito en la norma NTP 399.613.2017

4.10.7.1 INSTRUMENTOS Y APARATOS

- **Balanza:** Balanza calibrada capaz de resistir el peso de los bloques huecos de concreto no menor a 2000 gr y una aproximación de 0,5 g, preferiblemente digital para facilitar su operación y exactitud.
- **Bandeja:** Bandeja rectangular, impermeable, de material no corrosible, capaz de almacenar las unidades de bloques huecos de concreto.
- **Superficie Plana y resistente:** Las mediciones se realizará en superficies limpias y niveladas de acero o de vidrio.
- **Paño:** Toalla o tela limpia

4.10.7.2 MUESTREO

Se ensayará 3 unidades de bloques de concreto por dosificación de caucho y puzolana.

4.10.7.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- Pesar las unidades a ser ensayadas.
- Colocar la bandeja sobre una superficie plana después de haberla secado completamente
- Colocar las unidades en la bandeja y verter agua hasta que alcance 3mm sobre la superficie de la unidad, contacto mínimo con el agua,



- Extraer la unidad, secar con el paño y pesar.

4.10.7.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la determinación de la succión se tomará en cuenta las siguientes formulas:

$$Succion = \frac{(P_{su}-P_{se})x200}{A}$$

Donde:

P_{se} = Masa seca

P_{su} = Masa seca con succión de la unidad

A= Superficie de agua con contacto al espécimen

4.10.7.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Tabla 59: Resultados para el ensayo de Succión de bloques huecos de concreto

| DISEÑO | ESPECIMEN N° | LARGO (CM) | ANCHO (CM) | AREA (CM2) | PESO SECO | | PESO SATURADO | SUCCIÓN | SUCCIÓN PROMEDIO |
|--------|--------------|------------|------------|------------|-----------|--|---------------|---------|------------------|
| | | | | | | | | | |
| D1 | B-01 | 39.95 | 14.95 | 597.25 | 11.593 | | 11.658 | 21.77 | 22.50 |
| | B-02 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11.601 | | 11.669 | 22.67 | |
| | B-03 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 11.605 | | 11.674 | 23.06 | |
| D2 | B-01 | 40.05 | 15.05 | 602.75 | 11.200 | | 11.265 | 21.57 | 21.76 |
| | B-02 | 40.05 | 14.95 | 598.75 | 11.115 | | 11.182 | 22.38 | |
| | B-03 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11.118 | | 11.182 | 21.33 | |
| D3 | B-01 | 40.05 | 15.05 | 602.75 | 10.721 | | 10.793 | 23.89 | 24.24 |
| | B-02 | 40.05 | 15.05 | 602.75 | 10.693 | | 10.767 | 24.55 | |
| | B-03 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 10.713 | | 10.786 | 24.27 | |
| D4 | B-01 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 10.334 | | 10.409 | 24.77 | 25.06 |
| | B-02 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 10.340 | | 10.415 | 24.77 | |
| | B-03 | 40.05 | 15.00 | 600.75 | 10.345 | | 10.422 | 25.63 | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se presentan los resultados obtenidos de succión para los bloques huecos de concreto del Diseño N° 1 la cual fue de 22.50 gr/ (200cm² x min). El diseño N° 2 presenta una succión promedio de 21.76 gr/ (200cm² x min), el diseño N° 3 presenta una succión



promedio de 24.24 gr/ (200cm² x min) y el diseño N° 4 presenta una succión promedio de 25.06 gr/ (200cm² x min). La succión presente en D1, D2, D3 están dentro de los valores que establece la norma más aun en el Diseño N° 4 el valor obtenido no se encuentra en el rango permisible de Succión por lo que sería obligatorio un tratamiento previo al bloque hueco antes de su uso (mojado) para evitar succión de agua excesivo en la mezcla para la junta.

4.11 ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

4.11.1 AISLAMIENTO ACÚSTICO

En la actualidad el uso de materiales de construcción aislantes o supresores de ruido son muy importantes, ya que producen muchas ventajas entre las cuales podemos mencionar el confort en el ambiente, la eliminación de la contaminación auditiva, mejoras de salud etc.

El aislamiento acústico es una propiedad muy importante que analizaremos a continuación, con la capacidad que tiene el bloque de concreto hueco para permitir o eliminar la penetración del ruido a través de su estructura. Por normatividad tenemos los siguientes valores de nivel de ruido por destino/actividad:

Tabla 60: Niveles de ruido interior

| DESTINO/ACTIVIDAD | NIVEL MÁXIMO DE RUIDO |
|--------------------------|------------------------------|
| Dormitorios | 30 a 40 dB |
| Biblioteca | 35 A 40 dB |
| Sala de estar | 40 A 45 dB |
| Oficinas privadas | 40 A 45 dB |
| Aulas de escuelas | 40 A 45 dB |
| Oficinas generales | 45 A 50 dB |

Nota: Tabla tomada del Reglamento nacional de edificaciones



4.11.1.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

Para el ensayo de aislamiento acústico se empleó ciertos materiales, así como para elaborar el módulo de ensayo de bloques huecos de concreto y también para la medición de ruido como tal, los cuales detallamos a continuación:

- **TECNOPOR/POLIESTIRENO:** Laminas de tecnopor usadas en la construcción para el aislamiento térmico y acústico.
- **LANA DE FIBRA DE VIDRIO:** Fibra de vidrio elaborada con filamentos de vidrio mezclados con un aglutinante. Tiene una excelente función disipadora y aislante.
- **CINTA AISLANTE:** Tiras largas adhesivas con pegamento en una de sus caras.
- **SMARTPHONES:** Teléfono inteligente capaz de realizar cálculos a través de su sistema operativo. Para el ensayo se necesitará de 02 equipos.
- **AUDÍFONOS CON MICRÓFONO:** Dispositivo electrónico capaz de transmitir, ampliar o reducir sonidos, para el ensayo serán necesarios 02 audífonos con micrófono incorporado.
- **LAPTOP:** Computadora portátil necesaria para reproducir sonidos en el ensayo. También se puede utilizar cualquier tipo de fuente de sonido, como una radio o un televisor.
- **APLICATIVO INVH SONÓMETRO:** Aplicación instalada en el Smartphone capaz de registrar sonidos y su intensidad, en el ensayo se utilizará el aplicativo llamado “Invh versión 2.1.1” de Robert Bosch Engineering and Business Solutions Pvt Ltd.



Figura 45: Equipos y materiales para el ensayo de aislamiento acústico

Fuente: Elaboración propia

4.11.1.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE MÓDULOS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

Para el ensayo de aislamiento acústico se elaborará el módulo de prueba conformado por un bloque de concreto, poliestireno y lana de fibra de vidrio. Para la elaboración del módulo se siguió los siguientes pasos:

- Se limpia los alveolos de los bloques huecos de concreto a ensayar.
- Se coloca sobre una superficie plana el bloque a ensayar y se forma una caja cerrada aislada por los cuatro lados con el poli estireno y la lana de fibra de vidrio.
- Sellar los vértices con material aislante para asegurar una correcta unión.
- Se debe señalar que antes de proceder con el ensayo y sellado del módulo se debe introducir el audífono con el micrófono y también se procede a sellar con la cinta adhesiva.



Figura 46: Elaboración módulo de ensayo

Fuente: Elaboración propia



Figura 47: Grafico representativo ensayo de aislamiento acústico

Fuente: Elaboración propia

4.11.1.3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

- Colocar la laptop a una distancia de 40 cm del módulo y de los auriculares con micrófono.

- Después de colocar el auricular con el micrófono en la parte central dentro del módulo y sellar el mismo, abrimos la aplicación INVH BOSH en el Smartphone N° 1, también procedemos a abrir la aplicación en el Smartphone N° 2.
- Posteriormente abrimos el aplicativo generador de audio en la laptop en este caso el Reproductor de Windows media para producir sonidos simulando un ambiente típico con distintos niveles de intensidad (20-100 Db).
- Al reproducir el sonido el aplicativo INVH BOSH registrara la presión sonora captados por el micrófono del auricular expresados en decibeles (dB).
- Se toma los datos.



Figura 48: Modulo sellado para inicio de ensayo

Fuente: Elaboración propia

Figura 49: Interfaz de la aplicación iNVH Sonómetro para la medición de ruido

Fuente: Elaboración propia



4.11.1.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

El aislamiento acústico se define como la diferencia entre el nivel de ruido del ambiente (emisor) y el nivel de ruido del módulo (receptor) expresado en decibeles (dB) (AENOR 2013:28). Por lo tanto, obtenemos la siguiente ecuación:

$$\text{Aislamiento acustico} = \text{dB Emisor} - \text{dB receptor}$$

4.11.1.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

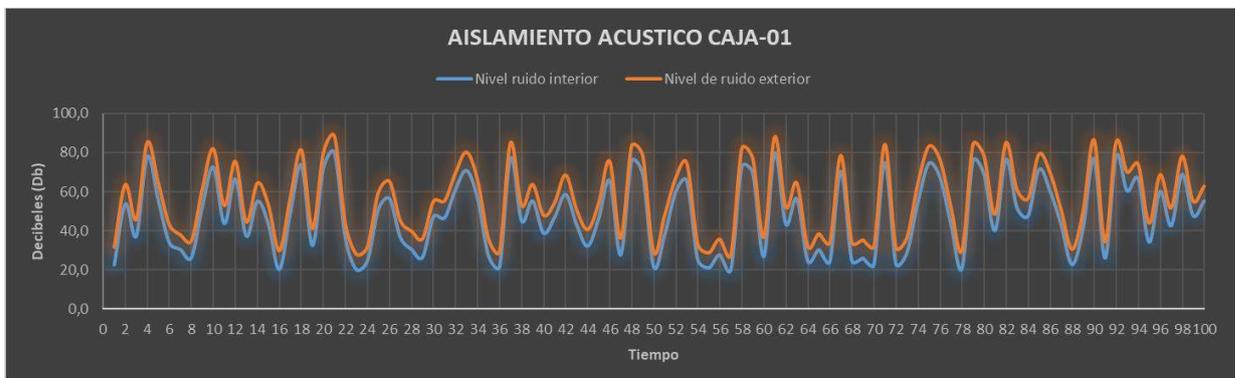


Figura 50: Niveles de sonido para la caja -01 sin caucho ni material puzolánico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 51: Niveles de sonido para la caja-02 con primera dosificación de Caucho y material Puzolánico

Fuente: Elaboración propia

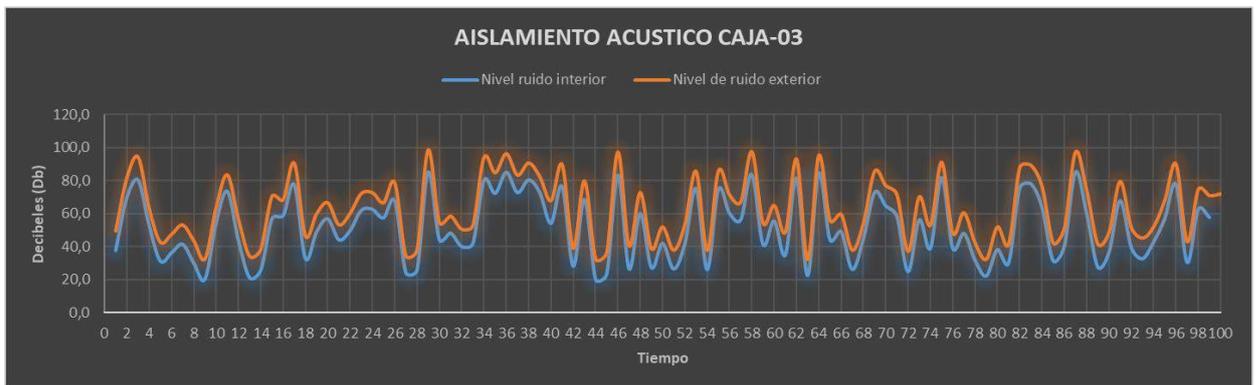


Figura 52: Niveles de sonido para la caja-03 con segunda dosificación de Caucho y material puzolánico.

Fuente: Elaboración propia

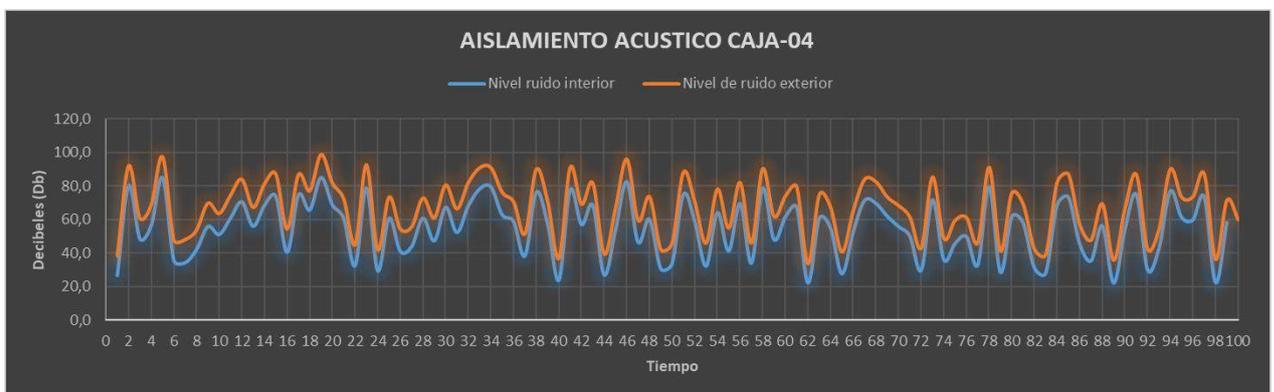


Figura 53: Niveles de sonido para la caja 04 con tercera dosificación de Caucho y material puzolánico

Fuente: Elaboración propia



En los gráficos anteriores podemos observar la variación del nivel acústico en las diferentes cajas, así es el caso en la Fig. N° 50 y el Anexo N° 7 tenemos una variación promedio de 8.6 Decibeles entre el interior del módulo o caja y el ambiente (100 minutos), el ensayo fue realizado con audio a diferentes decibeles entre 20-100 Db simulando un ambiente típico. En la fig. N° 51 tenemos los datos de la caja 02 con la primera dosificación de caucho y material puzolánico obteniendo una variación promedio de 12.5 Db, el aumento del aislamiento se da en 2.9 Db respecto a los bloques típicos de concreto. La fig. N° 52 nos muestra los resultados de diferencia acústica para el tercer módulo con la segunda dosificación de caucho y material puzolánico con un promedio 9,3 Db entre el interior y el exterior del módulo, viendo un aumento de 0.7 Db respecto a los bloques típicos. En el último modulo los resultados se muestran en la Fig. N° 53 y el anexo N°7 observando una diferencia de -0,8 Db respecto a los bloques típicos de concreto. La diferencia negativa representa una disminución de los Decibelios en comparación a los bloques típicos de concreto, un reemplazo significativo porcentual de material puzolánico y caucho en la mezcla produce que el material sea más propenso a dejar transmitir el sonido a causa de la porosidad del mismo.

4.11.2 AISLAMIENTO TÉRMICO

Para el análisis de la conductividad térmica elaboramos módulos del material a estudiar en este caso de bloques huecos de concreto, estos también son aislados con poliestireno y lana de fibra de vidrio para representar las condiciones reales de trabajo del material.

4.11.2.1 HERRAMIENTAS/APARATOS

- **CONCRETO PARA JUNTAS:** La mezcla de concreto será la típica utilizada para el asentado de unidades de albañilería.

- **TERMÓMETRO CON SONDA:** Se utilizará los termómetros/higrómetro con un rango de temperatura de 50-70 °C para medición ambiental, con pantalla LCD modelo TL8009.
- **TECNOPOR/POLIESTIRENO:** Laminas de tecno por usadas en la construcción para el aislamiento térmico y acústico.
- **LANA DE FIBRA DE VIDRIO:** Filamentos de vidrio mezclados con un aglutinante con capacidad aisladora.



Figura 54: Equipos y materiales utilizados para el ensayo de aislamiento térmico

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.2 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE CAJONES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

Para la elaboración de los módulos de ensayo del aislamiento térmico se siguió los siguientes pasos:

- Se elabora la mezcla de concreto con arena, cemento y agua para las juntas, mezcla típica.

- Colocar dos bloques de concreto y sobre ellos colocar la mezcla de concreto, luego en cada cara asentar un bloque independiente, en las dos caras restantes se coloca la mitad de un bloque y rellenar las juntas con la mezcla.
- Después del secado de las juntas se procede a aislar las caras del módulo con láminas de poliestireno y fibra de lana de vidrio, el aislamiento se evitará en una cara para medir la conductividad térmica.
- Dejar secar las juntas por 24 horas e introducir la sonda del termómetro dentro del módulo antes de sellarla.



Figura 55: Fabricación de módulos para ensayo de aislamiento térmico

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.3 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO TÉRMICO

Para el procedimiento de ensayo de aislamiento térmico se utilizó dos sondas de termómetros indicados en el apartado 4.10.2.1

- Luego se sellar el módulo de bloques huecos de concreto con la sonda del termómetro en el interior se enciende el termómetro digital para registrar las temperaturas observadas en su panel LCD.

- De igual manera debe ser encendida el termómetro con la sonda colocada en el ambiente y registrar los valores de temperaturas.
- El termómetro es capaz de registrar cambios de temperatura con intervalos de 60 segundos.



Figura 56: Ensayo de aislamiento térmico - conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

4.11.2.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

El aislamiento térmico se define como el valor absoluto de la diferencia entre la temperatura en el módulo (interior) y la temperatura ambiental (exterior) expresado en grados centígrados (°C) Por lo tanto obtenemos la siguiente ecuación:

$$\text{Aislamiento Termico} = |\text{Temperatura modulo} - \text{Temperatura ambiental}|$$

4.11.2.5 RESULTADOS DEL ENSAYO

Las temperaturas fueron registradas en un periodo de 7 días (1 semana) en horarios donde se presentó cambios considerables de temperatura (madrugadas y tardes) para un mejor

control. De acuerdo a los datos obtenidos y mostrados en el Anexo N°7 se pudo elaborar las siguientes graficas:

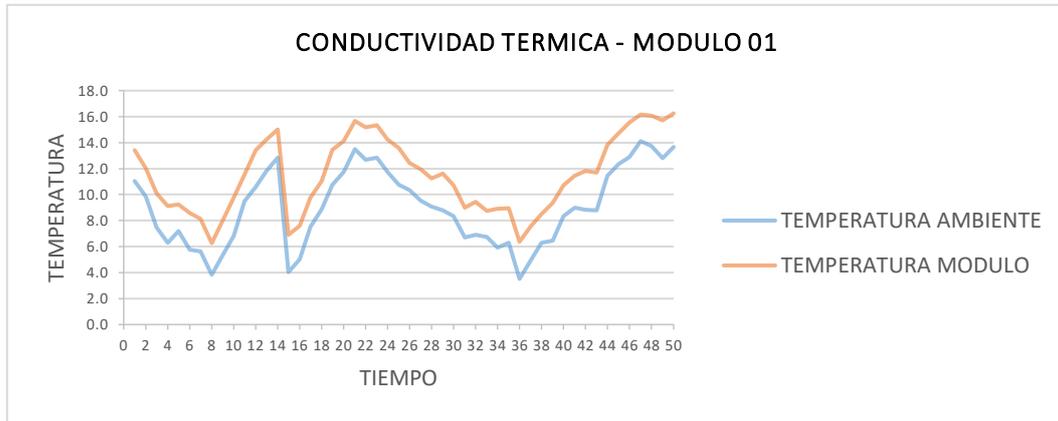


Figura 57: Temperaturas ambiental - modulo 01

Fuente: Elaboración propia

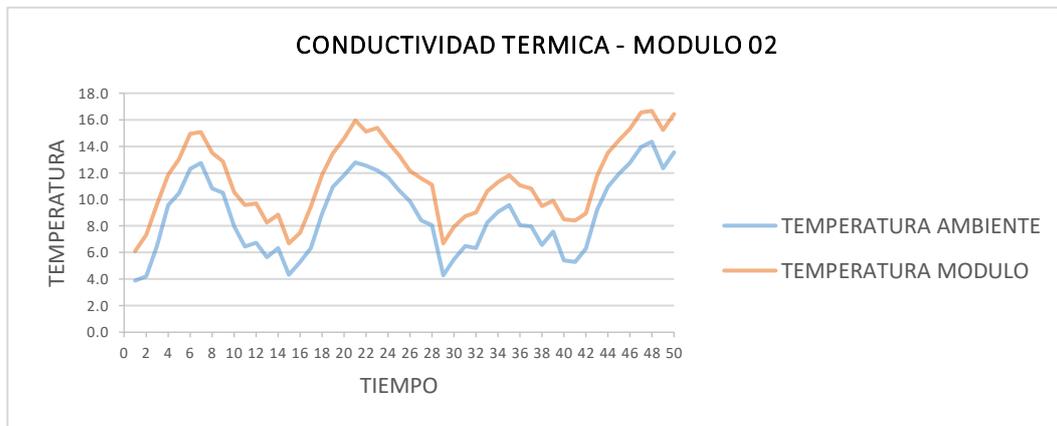


Figura 58: Temperaturas ambiental - modulo 02

Fuente: Elaboración propia

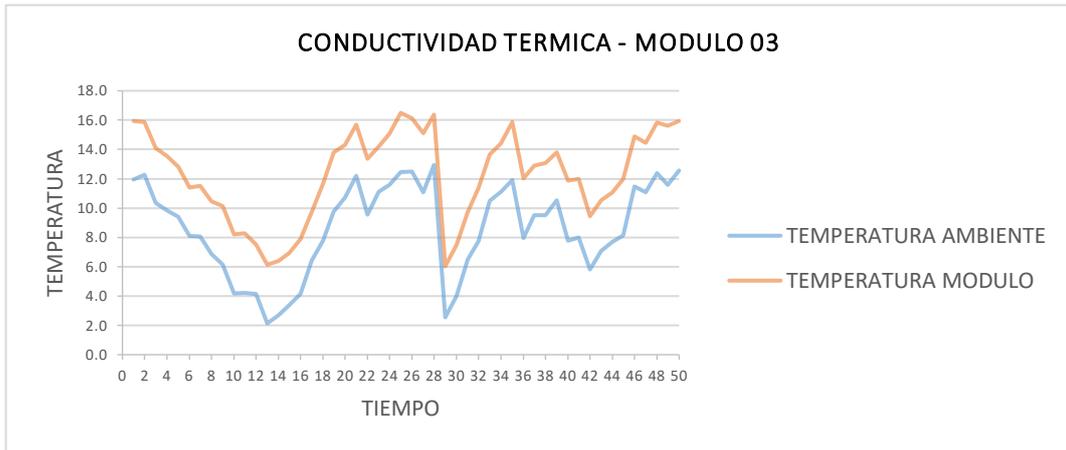


Figura 59: Temperaturas ambiental - modulo 03

Fuente: Elaboración propia

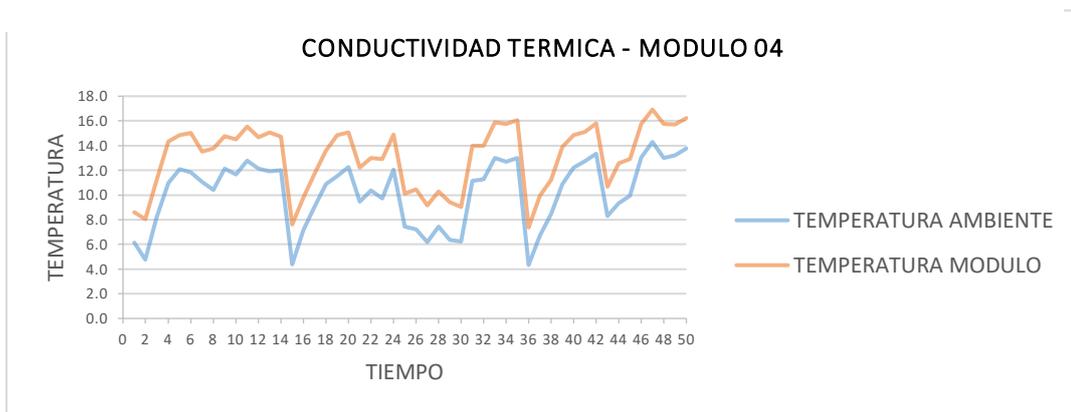


Figura 60: Temperaturas ambiental - modulo 04

Fuente: Elaboración propia

Analizando el grafico N° 57 se puede determinar que las temperaturas obtenidas en el primer módulo, usando la sonda del termómetro, picos de temperatura fuera del módulo de 14,1 °C y dentro del módulo de 16.2°C, también se obtuvo la diferencia promedio de todas las temperaturas con un resultado de 2,5 °C.

En el grafico N° 58 se observa las temperaturas obtenidas en el segundo módulo, fabricado con un bloque de concreto con adición de material puzolánico y caucho en su primera dosificación, tenemos picos de temperatura exteriores de 14,3°C e interiores de 16,7°C, con una diferencia promedio de 2,7°C.



El grafico N° 59 nos muestra las temperaturas obtenidas en el tercer módulo, fabricado con un bloque de concreto con adición de material puzolánico y caucho en su segunda dosificación, tenemos una máxima temperatura de 12,9°C fuera del módulo y 16,5°C dentro del mismo. Tenemos una diferencia promedio de 3,6°C, esta es la diferencia más elevada que se pudo obtener mostrando que el caucho y material puzolánico ofrece su mejor rendimiento térmico en su segunda dosificación.

Por último, en el grafico N° 60 podemos observar las temperaturas del módulo 04 con temperaturas máximas de 14,3°C fuera del módulo y 16,9°C dentro del módulo, la diferencia promedio es de 2,9°C, la disminución se produce estrictamente por la tercera dosificación de caucho y material puzolánico en exceso.

4.12 ESTUDIO DE COSTOS ENTRE UN BLOQUE DE CONCRETO

TRADICIONAL/TÍPICO Y UN BLOQUE DE CONCRETO CON CAUCHO Y PUZOLANA

Una de las características más importantes en el estudio de materiales de construcción es el aspecto económico, el costo por unidad de material, por lo tanto, el análisis de costos es un aspecto muy importante en la investigación para definir si nuestro material propuesto es viable para usarlo en el mercado actual.

Para un mejor análisis se realizará la comparación del costo de bloques huecos de concreto tradicionales fabricados en la ciudad del Cusco y el costo de bloques huecos de concreto con adición de caucho y puzolana fabricados para la investigación con los diferentes porcentajes.

4.12.1 INSUMOS POR UNIDAD DE BLOQUE HUECO DE CONCRETO

Los materiales constituyentes para la elaboración de bloques huecos de concreto serán analizados detenidamente para determinar los precios razonables en el mercado actual de la ciudad del Cusco. Para la elaboración de una unidad de bloque hueco de concreto se analizaron los siguientes insumos:



- Precio de agregado fino en metros cúbicos
- Precio de agregado grueso en metros cúbicos
- Precio del cemento por bolsa
- Precio de agua para uso industrial
- Precio de caucho triturado de llantas en desuso en Kilogramos
- Precio de material puzolánico en Kilogramos
- Precio de mano de obra
- Precio de equipos: mezcladora de concreto, mesa vibratoria, carretilla transportadora de bloques, y herramientas manuales.

4.12.2 ANÁLISIS DEL COSTO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

i) CALCULO DE COSTO DE CAUCHO POR M3

Para la estimación del costo de caucho por m³, se consideró los siguientes costos como son:

- ✓ Costo de caucho utilizado
- ✓ Costo de transporte de caucho
- ✓ Tratamiento superficial de caucho

En el siguiente cuadro se puede apreciar la cantidad en peso y volumen del caucho que se utilizó:

| | | | |
|---------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| CAUCHO TRANSPORTADO | 80.0 | Kg | |
| PESO ESPECIFICO | 1.10 | gr/cm ³ | 1100KG/M ³ |
| VOLUMEN DE CAUCHO | 0.073 | m³ | |

1.-COSTO DE CAUCHO UTILIZADO

| | CANTIDAD | COSTO X KG | PARCIAL | |
|--------------------|----------|------------|-----------|--------------|
| CAUCHO | 80 | 1.2 | 96 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 96 | soles |



2.-COSTO DE TRANSPORTE

| | | |
|---------------------------------|----------|--------------|
| COSTO TRANSPORTE SAYLLA A CUSCO | 4 | soles |
| COSTO TOTAL | 4 | soles |

MANO DE OBRA

| | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL | |
|--------------------|----------|-------|-----------|--------------|
| PEÓN | 1 | 30 | 30 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 30 | soles |

3.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE CAUCHO

a) INSUMOS

| | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL | |
|--------------------|----------|-------|-------------|--------------|
| SODA CAUSTICA(kg) | 0.5 | 7.5 | 3.75 | soles |
| AGUA (m3) | 0.3 | | 0 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 3.75 | soles |

b)HERRAMIENTA

| | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL | |
|---------------------|----------|-------|-----------|--------------|
| GUANTE DE HULE | 1 | 2 | 3 | soles |
| LENTES DE SEGURIDAD | 1 | 10 | 10 | soles |
| SACO DE YUTE | 4 | 2 | 8 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 21 | soles |

| | | |
|--|---------------|--------------|
| COSTO TOTAL POR 0.073 M3 DE CAUCHO(1+2+3) | 154.75 | soles |
| CALCULO DE COSTO DE 1M3 DE CAUCHO | | |

$$\begin{array}{l} 0.073M3 \longrightarrow 154.75 \text{ soles} \\ 1.00M3 \longrightarrow X \end{array}$$



| | |
|-------------------|--------------|
| X= 2127.81 | SOLES |
|-------------------|--------------|

ii) CALCULO DE COSTO DE PUZOLANA POR M3

Para la estimación del costo de puzolana por m3, se consideró los siguientes costos como son:

- ✓ costo de transporte de puzolana
- ✓ costo de mano de obra para la extracción
- ✓ costos de herramientas
- ✓ costos de materiales utilizados



En el siguiente cuadro se puede apreciar la cantidad en peso y volumen de puzolana que se extrajo de la cantera de raqchi:

| | |
|-------------------------------|---|
| CANTIDAD EXTRAÍDA DE PUZOLANA | 300Kg |
| PESO ESPECIFICO | 1.36gr/cm ³ =1360kg/m ³ |
| VOLUMEN DE PUZOLANA EXTRAÍDA | 0.221m³ |

1.-COSTO DE TRANSPORTE

| | |
|---|---------------------|
| TOTAL LONGITUD RECORRIDA(IDA Y VUELTA) | 248km |
| COSTO DE ALQUILER DE AUTO POR DIA | 60soles |
| CANTIDAD DE COMBUSTIBLE POR KM | 0.03gln |
| CANTIDAD DE COMBUSTIBLE TOTAL UTILIZADO | 8.38gln |
| PRECIO DE COMBUSTIBLE 2019 | 13.57soles |
| COSTO TOTAL DE TRANSPORTE | 173.19 soles |

División de Supervisión Regional
Supervisión de Comercialización de Hidrocarburos Líquidos

PRECIOS PROMEDIO DE COMBUSTIBLES (Solsa/Galón)
EESB/GRIFOS Y GASOCENTROS - ENERO 2019

| DEPARTAMENTO | GLP (L) | GLS | GLS | GLS | GLS |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|------|
| AMAZONAS | 1.81 | 13.08 | 12.82 | 12.12 | | | | | | | | | |
| APURAC | 1.83 | | | | 12.73 | 13.29 | 14.82 | 14.89 | 15.59 | | | 12.55 | 1.89 |
| APURUC | 2.28 | | | | 12.89 | 13.76 | 14.47 | 15.59 | | | | 12.86 | |
| AREQUIPA | 1.85 | | | | 12.30 | 12.59 | 14.30 | 15.25 | 15.54 | | | 12.36 | |
| AYACUCHO | 1.74 | | | | 12.74 | 13.12 | 13.84 | 14.84 | | | | 13.40 | |
| CAJAMARCA | 2.28 | | | | 12.94 | 13.35 | 14.78 | 15.28 | 16.29 | | | 12.80 | |
| CUSCO | 2.40 | | | | 12.75 | 12.71 | 13.87 | 14.51 | 15.74 | | | 12.55 | |
| HUANCAVELICA | 1.84 | | | | 12.83 | 13.47 | 14.88 | 15.86 | | | | 12.79 | |
| HUANUZO | 1.84 | | | | 12.32 | 12.98 | 13.77 | 14.98 | 14.29 | | | 12.15 | |
| ICA | 1.87 | | | | 11.99 | 12.27 | 13.34 | 14.23 | 14.75 | | | 12.19 | 1.87 |
| JURIM | 1.82 | | | | 12.81 | 13.21 | 14.03 | 14.54 | 15.01 | | | 12.48 | 1.95 |
| LA LIBERTAD | 1.88 | | | | 12.42 | 13.13 | 14.48 | 15.83 | 16.27 | | | 12.26 | 1.88 |
| LAMBAYEQUE | 1.52 | | | | 12.68 | 13.28 | 14.94 | 15.84 | 16.29 | | | 12.16 | 1.74 |
| LIMA | 1.84 | | | | 11.85 | 12.38 | 13.83 | 14.47 | 15.42 | | | 12.09 | 1.52 |
| LORICO | 1.88 | 12.88 | 12.76 | 12.16 | | | | | | 16.48 | | | |
| MORCA DE DIOS | 1.89 | 13.28 | 12.79 | 9.84 | | | | | | | | 12.22 | |
| MOROVANIA | 2.04 | | | | 12.82 | 13.38 | 14.23 | 15.76 | 16.14 | | | 12.32 | |
| MORCO | 1.88 | | | | 12.17 | 13.17 | 14.13 | 15.29 | | | | 12.98 | |
| MURA | 1.74 | | | | 13.62 | 13.88 | 15.11 | 17.37 | 18.44 | 12.46 | | | 1.75 |
| MUSO | 2.28 | | | | 12.86 | 13.79 | 14.83 | 15.28 | | | | 12.21 | |

Figura 61 Precio de combustible enero 2019 segun osinergming

Fuente: Elaboración propia

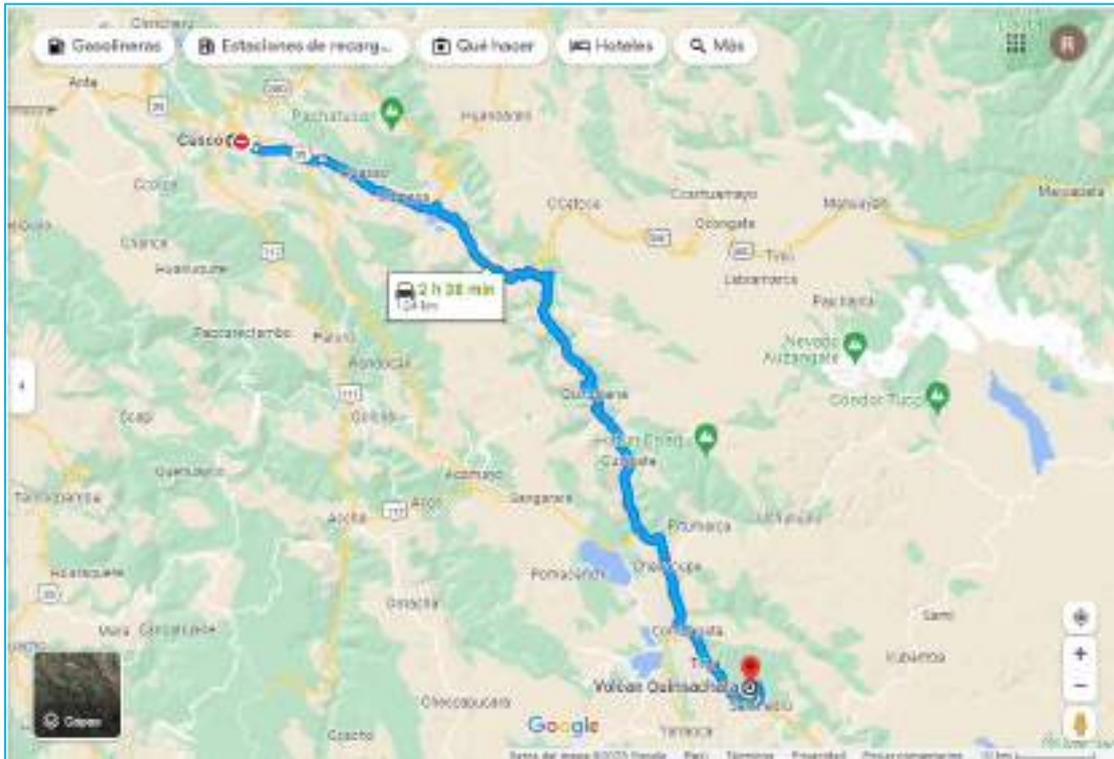


Figura 62 Mapa de ubicación de la cantera de raqchi

Fuente: Elaboración propia

2.- COSTO DE MANO DE OBRA PARA EXTRACCIÓN

| | CANTIDAD | PRECIO | COSTO PARCIAL | |
|---------------------------------|----------|--------|---------------|--------------|
| N°PEONES | 2 | 30 | 60 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES 5% | | | 3 | |
| COSTO TOTAL MANO DE OBRA | | | 63 | soles |

3.-COSTOS DE HERRAMIENTAS

| | CANTIDAD | PRECIO | COSTO PARCIAL | |
|--------------------|----------|--------|---------------|--------------|
| MALLA METÁLICA | 1 | 2 | 2 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 2 | soles |

4.-MATERIALES UTILIZADOS

| CANTIDAD | PRECIO | COSTO PARCIAL | |
|----------|--------|---------------|--|
|----------|--------|---------------|--|



| | | | | |
|--|---|---|-----------|--------------------------------|
| SACO DE YUTE | 8 | 2 | 16 | soles |
| RAFIA | 1 | 1 | 1 | soles |
| COSTO TOTAL | | | 17 | soles |
| COSTO TOTAL DE OBTENCIÓN DE PUZOLANA(1+2+3+4) | | | | 0.221M3 DE 255.69 soles |

CALCULO DE COSTO DE 1M3 DE PUZOLANA

$$\begin{matrix} 0.221M3 & \longrightarrow & 255.69SOLES \\ 1.00M3 & \longrightarrow & X \end{matrix}$$

| |
|-------------------------|
| X= 1159.15 SOLES |
|-------------------------|

ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO SEGÚN LOS 04 DISEÑOS ANALIZADOS

Para el presente análisis de precios unitarios de los 04 diseños se consideró los precios de la puzolana y del caucho según el análisis de costo por m3 realizado anteriormente, del cual se tiene que el costo de puzolana es de 1159.15soles/m3 y el costo de caucho es de 2127.81soles/m3.

DISEÑO 01.- en el diseño 01 se puede apreciar que el precio unitario por bloque es de 1.68soles, y que su rendimiento es de 350und/día.

Tabla 61: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 01

| Punto | | BLOQUES DE CONCRETO CONVENCIONAL | | Costo unitario directo por und | | | | 1.68 |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------------|----------|------------|-------------|-------------|
| Rendimiento | und/DIA | MO 350.0000 | EQ. 350.0000 | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cantidad | Costo | Cantidad | Precio \$/ | Parcial \$/ | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| 010101003 | OPERARIO | hr | 1.0000 | 0.02286 | 7.50 | 0.17 | | |
| 010101005 | PEON | hr | 1.0000 | 0.02286 | 5.00 | 0.11 | | |
| | | | | | | | | 0.28 |
| Materiales | | | | | | | | |
| 020101001002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | 0.01212 | 65.00 | | 0.14 | | |
| 0201020010002 | ARENA GRUESA | m3 | 0.01132 | 80.00 | | 0.12 | | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TPC-I (42.5 kg) | bol | 0.02480 | 22.50 | | 0.56 | | |
| | | | | | | | | 0.82 |
| Equipos | | | | | | | | |
| 0301010008 | HERRAMIENTAS MANUALES | lmo | 2.0000 | 0.28 | | 0.01 | | |
| 0301290003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.02286 | 10.00 | 0.23 | | |
| 0301290004 | MESA VIBRATORIA | hm | 1.0000 | 0.02286 | 10.00 | 0.23 | | |
| 0301290005 | CARRETA TRANSPORTADORA DE BLOQUETAS | hm | 1.0000 | 0.02286 | 5.00 | 0.11 | | |
| | | | | | | | | 0.68 |

Fuente: Elaboración propia



DISEÑO 02.- en el diseño 02 se puede apreciar que el precio unitario por bloque es de 1.73 soles, y que su rendimiento es de 345und/día, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 62: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 02

| Punto | BLOQUES DE CONCRETO +8% CAUCHO + 8% PUZOLANA | | Costo unitario directo por unit | | | | 1.73 |
|---------------------|--|--------------|---------------------------------|----------|------------|-------------|-------------|
| Rendimiento | und/DÍA | Nº. 345.0000 | EQ. 345.0000 | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 010101003 | OPERARIO | hh | 1.000 | 0.02319 | 7.50 | 0.17 | |
| 010101005 | PEON | hh | 1.000 | 0.02319 | 5.00 | 0.12 | |
| | | | | | | | 0.29 |
| Materiales | | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.00196 | 65.00 | 0.13 | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.00196 | 50.00 | 0.10 | |
| 02070200010003 | CAUCHO GRANULADO RECICLADO DE LLANTAS (0x2.5 mm) | m3 | | 0.00020 | 2,127.81 | 0.43 | |
| 02070200010004 | PUZOLANA 1/2" | m3 | | 0.00016 | 1,159.15 | 0.19 | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.00034 | 22.50 | 0.01 | |
| | | | | | | | 0.86 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301290003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.000 | 0.02319 | 10.00 | 0.23 | |
| 0301290004 | MESA VIBRATORIA | hm | 1.000 | 0.02319 | 10.00 | 0.23 | |
| 0301290005 | CARRETA TRANSPORTADORA DE BLOQUETAS | hm | 1.000 | 0.02319 | 5.00 | 0.12 | |
| | | | | | | | 0.58 |

Fuente: Elaboración propia

El diseño 02 presenta una diferencia de precios respecto al diseño 01 de 0.05 soles la cual representa un incremento de 2.97% respecto al diseño 01

DISEÑO 03.- en el diseño 03 se puede apreciar que el precio unitario por bloque es de 2.03 soles, y que su rendimiento es de 330und/día, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 63: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 03

| Punto | BLOQUES DE CONCRETO +8% CAUCHO + 10% PUZOLANA | | Costo unitario directo por unit | | | | 2.03 |
|---------------------|--|--------------|---------------------------------|----------|------------|-------------|-------------|
| Rendimiento | und/DÍA | Nº. 342.0000 | EQ. 342.0000 | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 010101003 | OPERARIO | hh | 1.000 | 0.02339 | 7.50 | 0.18 | |
| 010101005 | PEON | hh | 1.000 | 0.02339 | 5.00 | 0.12 | |
| | | | | | | | 0.30 |
| Materiales | | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.00180 | 65.00 | 0.12 | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.00106 | 90.00 | 0.10 | |
| 02070200010003 | CAUCHO GRANULADO RECICLADO DE LLANTAS (0x2.5 mm) | m3 | | 0.00026 | 2,127.81 | 0.56 | |
| 02070200010004 | PUZOLANA 1/2" | m3 | | 0.00032 | 1,159.15 | 0.37 | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.00034 | 22.50 | 0.01 | |
| | | | | | | | 1.16 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301290003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.000 | 0.02339 | 10.00 | 0.23 | |
| 0301290004 | MESA VIBRATORIA | hm | 1.000 | 0.02339 | 10.00 | 0.23 | |
| 0301290005 | CARRETA TRANSPORTADORA DE BLOQUETAS | hm | 1.000 | 0.02339 | 5.00 | 0.12 | |
| | | | | | | | 0.58 |



Fuente: Elaboración propia

El diseño 03 presenta una diferencia de precios respecto al diseño 01 de 0.35 soles la cual representa un incremento de 20.83% respecto al diseño 01

DISEÑO 04.- en el diseño 04 se puede apreciar que el precio unitario por bloque es de 2.39 soles, y que su rendimiento es de 330und/día, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 64: Análisis de costo de bloques huecos de concreto para el Diseño 04

| Parida | | BLOQUES DE CONCRETO + 10% CAUCHO + 10% PUZOLANA | | | | Costo unitario directo por : und | | 2.39 |
|---------------------|---|---|--------------|----------|-------------|----------------------------------|--|-------------|
| Rendimiento | und/DIA | MO: 338.8000 | EQ: 338.8000 | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| 010101003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.02424 | 7.50 | 0.18 | | |
| 010101005 | PEON | hh | 1.0000 | 0.02424 | 5.00 | 0.12 | | |
| | | | | | | | | 0.30 |
| Materiales | | | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.00650 | 65.00 | 0.42 | | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.00180 | 90.00 | 0.16 | | |
| 02070200010003 | CAUCHO GRANULADO RECICLADO DE LLANTAS (8-2.5mm) | m3 | | 0.00631 | 2,127.81 | 1.35 | | |
| 02070200010004 | PUZOLANA 1/2" | m3 | | 0.00632 | 1,859.15 | 1.17 | | |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | 0.00635 | 22.50 | 0.14 | | |
| | | | | | | | | 1.49 |
| Equipos | | | | | | | | |
| 0301260003 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.02424 | 10.00 | 0.24 | | |
| 0301260004 | MESA VIBRATORIA | hm | 1.0000 | 0.02424 | 10.00 | 0.24 | | |
| 0301260005 | CARRETA TRANSPORTADORA DE BLOQUETAS | hm | 1.0000 | 0.02424 | 5.00 | 0.12 | | |
| | | | | | | | | 0.60 |

El diseño 04 presenta una diferencia de precios respecto al diseño 01 de 0.71 soles la cual representa un incremento de 42.26% respecto al diseño 01.

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS POR UNIDAD DE BLOQUE HUECO DE CONCRETO SEGÚN DISEÑO:

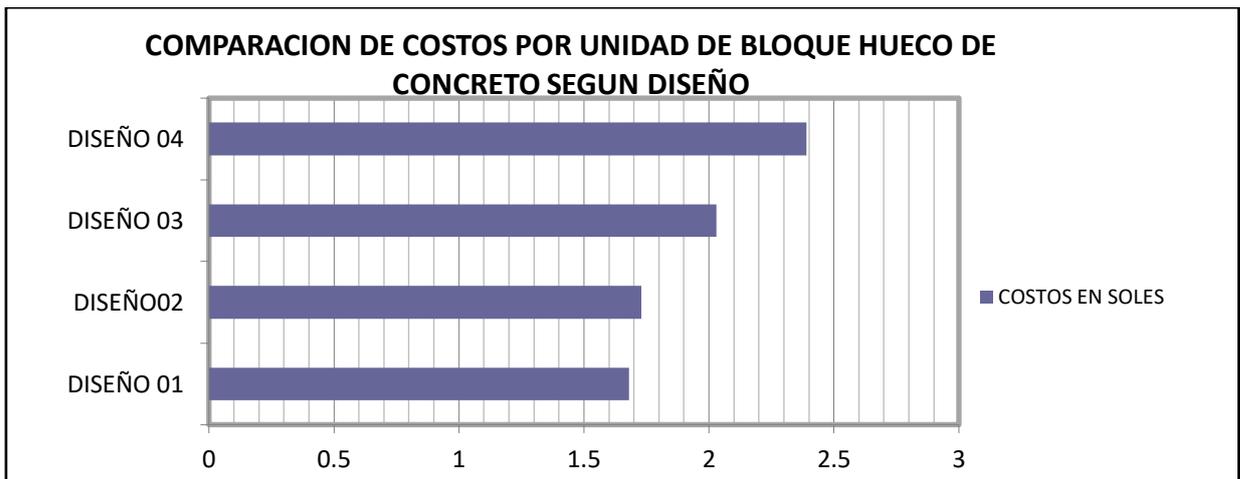


Figura 63: Comparación de costos finales para la elaboración de una unidad de bloque hueco de concreto

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se puede apreciar que el diseño 04 presenta mayor costo de producción por unidad de bloque hueco de concreto producida respecto al diseño 01



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N° 1

HIPÓTESIS: “La adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso como incremento de agregado fino y material puzolánico como incremento de material grueso en los bloques huecos de concreto mejorará las propiedades mecánicas establecidas según la Norma Técnica Peruana y la norma de Albañilería E.070 y disminuirá los costos de producción.”

CONCLUSIÓN

Los resultados de los ensayos muestran que la resistencia a compresión axial y diagonal de bloques huecos de concreto así como de muretes que la variación respecto a bloques de uso tradicional es mínima, llegan a alcanzar las exigencias de la Norma Técnica Peruana y la norma de Albañilería E.070 pero no muestran un gran cambio que haga necesaria su utilización, siendo la resistencia alcanzada en promedio de 29.32kg/cm² según el diseño N°3, tal como se muestra en la tabla N°44. Respecto al nivel económico el acceso al caucho reciclado y a la puzolana de la cantera de raqchi incrementa el costo por la obtención del material puzolánico, la cual implica, transporte del material, selección del material, tamizado, y lavado, así mismo el caucho reciclado también tiene su tratamiento que es el del lavado, a pesar que ya se compra el material seleccionado, sin embargo con una masificación de estos dos materiales se puede disminuir los costos de producción de los bloques de concreto que contienen dichos materiales.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1: “La adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso y material puzolánico en los bloques huecos de concreto proporcionará un menor peso frente a los producidos tradicionalmente con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco”



CONCLUSIÓN

1.- Según lo planteado en la hipótesis específica 1 y el análisis del peso de los bloques huecos de concreto del Diseño N° 1 se obtuvo un peso seco promedio de 11.60 kg/unidad así también se calculó el peso seco de los bloques huecos de concreto del diseño N° 2 obteniendo un peso seco promedio de 11.14 kg/unidad representando una disminución en el peso respecto al bloque tradicional del Diseño N° 1 de 0.46 kg o 3.96 %. De igual forma al analizar el peso de los bloques huecos de concreto del Diseño N° 3 se pudo obtener un peso seco promedio de 10.71 kg/unidad por lo tanto se observó un decrecimiento en el peso respecto a los bloques del Diseño N° 1 de 0.89 kg o 7.67%

2.- Finalmente, al calcular los pesos promedios secos de los bloques del diseño N° 4 se obtuvo 10.34 kg/unidad observando una disminución total de 1.26 kg o 10.86% respecto a los bloques patrón del diseño N° 1. Por lo tanto se concluye que la adición de caucho y puzolana en los bloques huecos de concreto proporciona menor densidad o peso, siendo el Diseño N° 4 con 10% de material puzolánico y 10% de caucho quien presenta la mayor diferencia en peso (1.26kg) entre unidades de los 4 diseños estudiados, esto debido a la influencia de los pesos específicos de masa (P_{em}) del material puzolánico 1.36 gr/cm³ y 1.10 gr/cm³ del caucho.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2: “La producción de bloques huecos de concreto con adición de caucho granulado reciclado de llantas en desuso y material puzolánico generan menores costos de fabricación respecto al bloque de concreto tradicional usando maquina bloquetera en la ciudad del Cusco”.

CONCLUSIÓN

El diseño 02 (5% de caucho+ 5% de puzolana) presenta una diferencia de costo respecto al diseño 01 de 0.05 soles la cual representa un incremento de 2.97% respecto al diseño 01,



siendo esta el que representa menor variación en costo con respecto al diseño 01, por lo tanto podemos decir que el diseño 02 económicamente es el más viable para su producción.

El diseño 04(10% de caucho+ 10% de puzolana) presenta una diferencia de precios respecto al diseño 01 de 0.71 soles la cual representa un incremento de 42.26% respecto al diseño 01, siendo el diseño 04 el que presenta mayor variación en precio, esto debido a los costos de puzolana (1159.15soles/m³) y de caucho(2127.81soles/m³), el incremento de costo de 42.26% del diseño 04 lo hace inviable económicamente esto debido a los precios del caucho y la puzolana, sin embargo estos costos podrían reducirse en una producción masiva, puesto que los costos de obtención de caucho y puzolana masivamente disminuirían por m³.

HIPÓTESIS ESPECIFICA 3: “Los bloques huecos de concreto con caucho granulado reciclado de llantas y material puzolánico tendrán un mejor comportamiento térmico y acústico respecto a los producidos tradicionalmente con maquina bloquetera en la ciudad del Cusco”

CONCLUSIÓN

AISLAMIENTO TÉRMICO

De acuerdo a lo planteado en la hipótesis 3, y después de analizar los bloques huecos de concreto sin ningún tipo de adición de caucho y material puzolánico del diseño N° 1 sometidos a temperaturas variables de la ciudad del Cusco se pudo observar una temperatura promedio fuera del módulo de ensayo de 9°C y dentro del módulo de 11.5°C obteniendo una diferencia promedio de 2.5°C mostrando una conservación de temperatura favorable dentro del módulo.

De la misma forma para el análisis de los bloques huecos de concreto del diseño N° 2 adicionados con 5% de caucho y 5% de material puzolánico, después de ser sometidos a temperaturas variables de la ciudad del Cusco se pudo observar temperaturas promedio fuera



del módulo de 8.9°C y de 11.5°C dentro del módulo obteniendo una diferencia promedio de 2.7°C representando un incremento del 8.00% o 0.2°C con respecto al aislamiento producido en el Módulo 01-Diseño 01.

También al analizar las temperaturas en el módulo elaborado con bloques huecos de concreto adicionados con caucho y puzolana del Diseño 03 se pudo observar temperaturas promedio en el exterior de 8.6°C y en el interior de 12.2° obteniendo una diferencia promedio de temperatura entre ambos ambientes de 3.6°C representando un incremento del 44.0% o 1.1°C con respecto al aislamiento producido en el Módulo 01 con bloques sin ningún tipo de adición de Caucho y material puzolánico.

Por ultimo al analizar las temperaturas en los bloques de concretos adicionados con caucho y material Puzolánico del Diseño N° 4 se obtuvo temperaturas promedio ambientales de 10.2°C y temperaturas promedio en el interior del módulo de 13.1°C con una diferencia promedio de 2.9°C entre ambos ambientes, representando un incremento del 16.00% o 0.4°C respecto al aislamiento producido en el módulo 01 elaborado con bloques huecos de concreto sin ningún tipo de adición de Caucho y material puzolánico, además mostrando un decrecimiento importante con respecto al aislamiento mostrado en el Módulo 03 y el Diseño N° 03 con una diferencia de 0.7°C .

Al no existir una norma expresa que permita determinar el valor de Aislamiento Térmico de un material de forma directa se optó por usar un método indirecto empírico para calcular el aislamiento térmico que no es normalizado, cabe aclarar que en la Norma “EM. 110 Confort Térmico y Lumínico con eficiencia energética” plantea una metodología para hallar las transmitancias térmicas para muros, techos y pisos (envolvente de la edificación) con la cual se podría inferir en el cálculo o determinación de aislamiento térmico en futuras investigaciones. El método indirecto e empírico desarrollado fue usado en investigaciones anteriores y permite inferir con resultados cuantitativos que el mayor aislamiento térmico se



obtuvo en el Diseño N°03 (5%-10) con una diferencia promedio de 3.6°C y el menor aislamiento térmico se produjo en el Diseño N°01 con una diferencia promedio de 2.5°C, por lo tanto la adición de caucho y Puzolana mejora el aislamiento térmico respecto a bloques típicos en la ciudad del Cusco.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Según la hipótesis N° 3 y el análisis de aislamiento acústico del diseño N° 1 sin ningún porcentaje de adición de caucho y material puzolánico se pudo observar Decibeles promedio dentro del módulo de 48 dB y 56.6 dB fuera del módulo de ensayo, obteniendo una diferencia promedio de 8.6 dB entre el ambiente emisor y receptor en los 100 datos analizados.

Los bloques huecos de concreto del diseño N° 2 con porcentajes del 5% Caucho reciclado de llantas y 5% de material puzolánico como agregado fino y grueso respectivamente, después de ser sometidos a niveles de ruido con picos máximos en el exterior del módulo de ensayo de 91.8 dB y picos mínimos de 33.8 dB se pudo observar una diferencia promedio de 12.5 dB entre ambiente emisor y el ambiente receptor representando un incremento del 45.34% sobre el aislamiento producido en los bloques de concreto sin ningún tipo de adición del diseño N° 1 (8.6 dB) llevando a la conclusión de que los bloques del Diseño N° 2 presentan mejor aislamiento térmico que un bloque típico sometidos a niveles de ruido variados.

De igual forma para los bloques huecos de concreto del diseño N° 3 con porcentajes del 5% y 10% de caucho y puzolana adicionados como agregado fino y grueso, después de ser sometidos a niveles de ruido con Decibeles promedio fuera del módulo de ensayo de 51.3 dB y decibeles promedio dentro del módulo de 60.6 dB se pudo observar una diferencia promedio de 9.3 dB entre el ambiente emisor y el ambiente receptor representando un incremento del 8.13% o 0.7 dB sobre el aislamiento producido en los bloques de concreto de fabricación tradicional (8.6 dB) concluyendo que hay un decrecimiento en el aislamiento



acústico entre el Diseño N° 2 y N° 3 de 3.3 dB por la mayor adición de material puzolánico y de caucho.

Por último, en los bloques huecos de concreto del diseño N° 4 sometidos a niveles de ruido con picos máximos en el exterior del módulo de ensayo de 85.3 dB y picos mínimos de 22.1 dB se pudo observar una diferencia promedio de 7.8 dB entre el ambiente emisor y el ambiente receptor representando un decrecimiento del 9.31% o -0.8 dB sobre el aislamiento producido en los bloques de concreto de fabricación típica del diseño N° 1 (8.6 dB). Según la norma UNE-EN ISO 717-1 define el aislamiento acústico (D) como la diferencia de la presión sonora del ambiente emisor y el ambiente receptor por lo tanto se concluye que el Diseño N° 2 y N°3 son los que brindan mejor aislamiento acústico con 12.5 dB y 9.3 dB respectivamente, a consecuencia del reemplazo mínimo de caucho y puzolana en la mezcla debido a que los materiales mencionados son menos propenso a dejar transmitir las ondas sonoras. De manera contraria el diseño N° 4 es el que presenta menor aislamiento acústico de los 4 diseños estudiados con solo 7.8 dB de diferencia entre el ambiente emisor y receptor esto debido al uso excesivo de puzolana y el caucho en porcentajes de 10%

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Para posteriores investigaciones se recomienda el uso de Puzolana triturada artificialmente, así como de otras canteras, la puzolana presente en la cantera de Raqchi (volcánica) es de origen natural, así como la utilización de ceniza volcánica, escorias y arcillas activadas.
- ✓ Realizar la elaboración de los bloques huecos de concreto, así como los muretes en lugares cercanos a los laboratorios donde se realizará los ensayos, para minimizar las dificultades como de transporte, manipulación y daño de las muestras.
- ✓ Para futuras investigaciones se recomienda el uso de Ladrillo King Kong de 18 huecos y no solo de bloques huecos de concreto, para realizar una comparativa entre



las propiedades físico mecánicas de los mismos, y la influencia de la arcilla en la estructura del caucho y la puzolana.

- ✓ Para el estudio de las características de los bloques propuestos se recomienda utilizar muestras representativas sin muchas variaciones o deformaciones que vienen de la fabricación, elegir 3 muestras o más al azar homogéneas para cada ensayo.
- ✓ Al momento de fabricar los bloques se recomienda la verificación de los instrumentos, máquinas y materiales, asegurando un control de calidad optimo, controlar el proceso de pesado y dosificación, mezclado y manipulación de las unidades para evitar menores variaciones en las muestras.
- ✓ Se recomienda tener un proceso constante y diario de curado de las unidades, tanto para las unidades huecas de concreto, así como en el mortero presente en los muretes.
- ✓ Según las características físicas de los bloques de concreto se concluye que la variabilidad dimensional presente en los bloques de concreto con adición de puzolana y caucho se debe a que en el proceso de fabricación del mismo el caucho al ser un material elástico no puede ser compactado y no presenta deformación en su estructura.
- ✓ Según los ensayos de compresión axial y diagonal de los bloques de concreto se puede concluir que a mayor adición de material puzolánico como caucho la resistencia disminuye considerablemente, se llega a un porcentaje óptimo de adición para posteriores investigaciones.
- ✓ Al momento de la fabricación se pudo observar que los bloques con caucho y puzolana eran más difíciles de transportar ya que el tiempo de fraguado es más lento, se corrió el riesgo de ser dañados o fracturados.



- ✓ La trabajabilidad del concreto mejoro a mayor adición de caucho granulado y puzolana ya que estos materiales presentan menores densidades y por tanto su mezclado es de mayor facilidad.



6. BIBLIOGRAFÍA

ASOCEM. (s.f.). *La adición de partículas de neumáticos reciclados en el concreto.*

http://www.asocem.org.pe/web/_actual/net.lmaticos.pdf

Revista ALCONPAT (Diciembre 2015). Concreto reciclado. México D.F.

Gonzales de la Cotera, M. (1962). Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas. *Publicación de la Universidad Nacional de ingeniería*, 1-24.

Guzmán, D. Z. Tecnología del concreto y del mortero”, Edición quinta, Bogotá D.C. Bhandar Editores Ltda. 2001.349 P. Pontificia Universidad Javeriana.

González G.G., J. d. (Diciembre de 1983). Bloques de Concreto. *Revista IMCYC*, 42.

Toutanji H.A. El uso de caucho de neumáticos partículas en concreto a Reemplazar Mineral Agregados, *Journal of Cemento y Composites de hormigón*, EE.UU. (1996), vol. 18, No. 2.

San Bartolomé, Ángel, 2005. “Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería”, Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Jng. Esquivel Delgado, A. (2009). *Nuevas técnicas para la determinación del aislamiento acústico de materiales de construcción.* México D.F.

Kozievith, & Pino. (2001). *Comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento portland.* EEUU.



Rivva Lopéz, E. (1992). *Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas*. Lima: HOZLO S.CR.L.

Muñoz Ojeda, R.F. Características de resistencia del hormigón con ceniza, Valdivia chile, universidad austral de chile, (2011), P.20.

Sánchez, D. (1993). Tecnología del Concreto y del Mortero. En D. Sánchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero* (pág. 349). Bogotá: Lta. Santa Fe de Bogotá.

Sencico. (22 de Enero de 2013). *civilgeeks.com*. Obtenido de *civilgeeks.com*:

<http://civilgeeks.com/2011/12/09/el-bloque-de-concreto-en-albanileria/>

Anthony MCB. Collieu, Derek Powney, 1977 “propiedades mecánicas y térmicas de los materiales”, Barcelona – España.

Astm. (2003). Práctica Normalizada para la preparación y curado en obra de las probetas para ensayo del hormigón. Pensilvania.

Díaz Galdos, R. (s.f.). Propiedades con concreto fresco y endurecido. México.

Hernandez, S., Fernanadez, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. México.

Indecopi. (1999). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. NTP 400.017. Lima, Perú.



- Indecopi. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. NTP 400.012. Lima, Perú.
- Indecopi. (2001). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la absorción del agregado. Lima, Perú.
- Indecopi. (2001). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. NTP 400.022. Lima, Perú.
- Indecopi. (2002). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) NTP 400.037. Lima, Perú.
- Indecopi. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso Específico y absorción del agregado grueso. NTP 400.021. Lima, Perú.
- Indecopi. (2002). Método de ensayo normalizado para la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto. NTP 339.034. Lima, Perú.
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de la Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Yura S.A. (2012). Manual de construcción. Perú.

7. ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO, GRUESO, PUZOLANA Y CAUCHO TRITURADO





PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO, GRUESO, PUZOLANA Y CAUCHO TRITURADO





PESO ESPECIFICO DE AGREGADO FINO, GRUESO, PUZOLANA Y CAUCHO TRITURADO





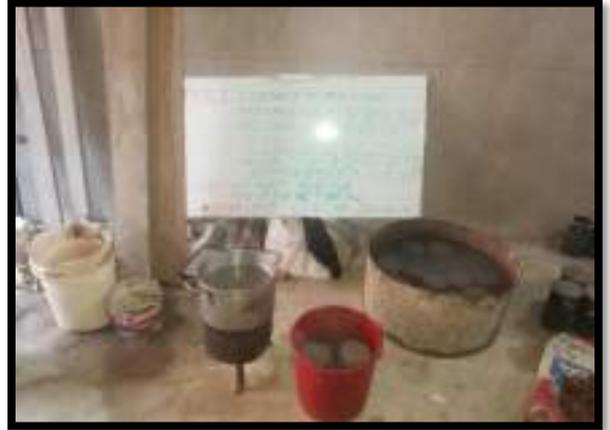
OBTENCIÓN DE CAUCHO GRANULADO Y TRATAMIENTO CON SODA CAUSTICA





ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO DE PROBETAS CILÍNDRICAS





FABRICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO –CAUCHO- PUZOLANA





ELABORACIÓN DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO- PUZOLANA





ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO –CAUCHO - PUZOLANA







ENSAYO DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO-PUZOLANA





ANEXO 02: DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO, PUZOLANA Y CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS.



DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO

DATOS GENERALES:

| | |
|---------|-------------------------|
| Tipo | Piedra chancada de 3/4" |
| Cantera | Vicho |

| A PESO UNITARIO SIN COMPACTAR | | | | |
|---|--------------|------------|--------------|----|
| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
| Peso recipiente | 6.5603 | 6.5603 | 6.5603 | Kg |
| Peso muestra sin compactar y recipiente | 9.5469 | 9.4231 | 9.4701 | Kg |
| peso muestra compactada | 2.9866 | 2.8628 | 2.9098 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m3) | |
| | 0.15 | 0.12 | 0.002 | m3 |

| | | | | |
|--------------------------------------|---------|-------|------|-------|
| Peso unitario sin compactar | 1469.67 | 1409 | 1432 | kg/m3 |
| Promedio Peso Unitario sin compactar | 1436.77 | kg/m3 | | |

| B PESO UNITARIO COMPACTADO | | | | |
|--------------------------------------|--------------|------------|--------------|-------|
| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
| Peso recipiente | 6.5603 | 6.5603 | 6.5603 | Kg |
| Peso muestra compactado y recipiente | 9.7061 | 9.7159 | 9.721 | Kg |
| Peso muestra compactada | 3.1458 | 3.1556 | 3.1607 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m3) | |
| | 0.15 | 0.12 | 0.00 | |
| Peso unitario compactado | 1548.01 | 1552.83 | 1555.34 | kg/m3 |
| Promedio Peso Unitario compactado | 1552.06 | kg/m3 | | |



C ABSORCIÓN

| | | | |
|---|--------|------|----|
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca | 1000 | 1.96 | gr |
| Peso de la muestra secada en el horno | 980.45 | | gr |
| Absorción | 1.96 | % | |

D PESO UNITARIO SUELTO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|--|
| Absorción | 1.96 | % | |
| Peso unitario sin compactar | 1436.77 | kg/m3 | |
| Peso unitario suelto saturado con | 1464.85 | kg/m3 | |

E PESO UNITARIO COMPACTADO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|---|---------|-------|--|
| Absorción | 1.96 | % | |
| Peso unitario compactado | 1552.06 | kg/m3 | |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca | 1582.40 | kg/m3 | |



DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO, PORCENTAJE DE VACÍOS Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO

| | |
|---------|-------------------------|
| Tipo | Piedra chancada de 3/4" |
| Cantera | Vicho |



A PESO ESPECÍFICO DE MASA PEM (GR/CM3)

| | | |
|--|---------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 980.45 | gr |
| Peso de probeta más agua | 1642.44 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 1000 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 2270.1 | gr |
| Peso específico de masa Pem | 2.64 | gr/cm3 |

B PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA PESSS (GR/CM3)

| | | |
|--|---------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 980.45 | gr |
| Peso de probeta más agua | 1642.44 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 1000 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 2270.1 | gr |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca | 2.68 | gr/cm3 |



C PESO ESPECÍFICO APARENTE PEA (GR/CM3)

| | | |
|--|---------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 980.45 | gr |
| Peso de probeta más agua | 1642.44 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 1000 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 2270.1 | gr |
| Peso específico aparente del agregado grueso | 2.77 | gr/cm3 |

D PORCENTAJE DE VACÍOS SUELTO

| | | |
|-----------------------------------|---------|--------|
| Peso específico de masa Pem | 2.64 | gr/cm3 |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 1436.77 | kg/m3 |
| Porcentaje de vacíos | 45.58 | % |

E PORCENTAJE DE VACÍOS

| | | |
|-----------------------------------|---------|--------|
| Peso específico de masa Pem | 2.64 | gr/cm3 |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 1552.06 | kg/m3 |
| Porcentaje de vacíos | 41.21 | % |

F CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | |
|----------------------------|--------|----|
| Peso inicial de la muestra | 1000 | gr |
| Peso muestra seca en horno | 984.64 | gr |
| Contenido de Humedad | 1.56 | % |



DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO

| | |
|---------|-------------------------|
| Tipo | Piedra chancada de 3/8" |
| Cantera | Cunyac |

A PESO UNITARIO SIN COMPACTAR

| | MUESTRA 1 | MUESTRA | MUESTRA | |
|-----------------|-----------|---------|---------|----|
| Peso recipiente | 4.2496 | 4.2496 | 4.2496 | Kg |



| | | | | |
|---|--------------|------------|---------|----|
| Peso muestra sin compactar y recipiente | 5.6324 | 5.6336 | 5.63286 | Kg |
| peso muestra compactada | 1.3828 | 1.384 | 1.38326 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen | |
| | 0.1 | 0.12 | 0.001 | m3 |

| | | | | |
|--------------------------------------|---------|-------|------|-------|
| Peso unitario sin compactar | 1531.03 | 1532 | 1532 | kg/m3 |
| Promedio Peso Unitario sin compactar | 1531.65 | kg/m3 | | |

B PESO UNITARIO COMPACTADO

| | MUESTRA 1 | MUESTRA | MUESTRA | |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------|----|
| Peso recipiente | 4.2496 | 4.2499 | 4.241 | Kg |
| Peso muestra compactado y recipiente | 5.7631 | 5.785773 | 5.7846 | Kg |
| Peso muestra compactada | 1.5135 | 1.535873 | 1.5436 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen | |
| | 0.10 | 0.12 | 0.001 | m3 |

| | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------|
| Peso unitario compactado | 1675.74 | 1700.51 | 1709.07 | kg/m3 |
| Promedio Peso Unitario compactado | 1695.11 | kg/m3 | | |

C ABSORCIÓN

| | | | |
|---|--------|------|--|
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca | 500 | 2.17 | |
| Peso de la muestra secada en el horno | 489.16 | | |
| Absorción | 2.17 | % | |

D PESO UNITARIO SUELTO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|---|---------|-------|--|
| Absorción | 2.17 | % | |
| Peso unitario sin compactar | 1531.65 | kg/m3 | |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca | 1564.88 | kg/m3 | |

E PESO UNITARIO COMPACTADO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|---|---------|-------|--|
| Absorción | 2.17 | % | |
| Peso unitario compactado | 1695.11 | kg/m3 | |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca | 1731.89 | kg/m3 | |



| | |
|---------|-------------------------|
| Tipo | Piedra chancada de 3/8" |
| Cantera | Cunyac |

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC

A PESO ESPECÍFICO DE MASA PEM (GR/CM3)

| | | |
|--|--------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 489.16 | gr |
| Peso de probeta más agua | 651.5 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 500 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 961.57 | gr |
| Peso específico de masa Pem | 2.58 | gr/cm3 |

B PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA PESSS (GR/CM3)

| | | |
|--|--------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 489.16 | gr |
| Peso de probeta más agua | 651.5 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 500 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 961.57 | gr |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca | 2.63 | gr/cm3 |

C PESO ESPECÍFICO APARENTE PEA (GR/CM3)

| | | |
|--|--------|--------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 489.16 | gr |
| Peso de probeta más agua | 651.5 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 500 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 961.57 | gr |
| Peso específico aparente del agregado grueso | 2.72 | gr/cm3 |

D PORCENTAJE DE VACÍOS SUELTO

| | | |
|-----------------------------------|---------|--------|
| Peso específico de masa Pem | 2.58 | gr/cm3 |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 1531.64 | kg/m3 |
| Porcentaje de vacíos | 40.63 | % |

E PORCENTAJE DE VACÍOS COMPACTADO



| | | |
|-----------------------------------|---------|--------------------|
| Peso específico de masa Pem | 2.58 | gr/cm ³ |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 1695.11 | kg/m ³ |
| Porcentaje de vacíos | 34.30 | % |

| | | |
|----------|-----------------------------|--|
| F | CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|----------|-----------------------------|--|

| | | |
|----------------------------|--------|----|
| Peso inicial de la muestra | 500 | gr |
| Peso muestra seca en horno | 490.44 | gr |
| Contenido de Humedad | 1.95 | % |



DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LA PUZOLANA DE RAQCHI

| | |
|---------|-----------------|
| Tipo | Material grueso |
| Cantera | Raqchi |

| | | | | |
|----------|------------------------------------|--|--|--|
| A | PESO UNITARIO SIN COMPACTAR | | | |
|----------|------------------------------------|--|--|--|

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
|---|--------------|------------|---------------------------|----|
| Peso recipiente | 6.5603 | 6.5603 | 6.5603 | Kg |
| Peso muestra sin compactar y recipiente | 8.1405 | 8.1486 | 8.1673 | Kg |
| peso muestra compactada | 1.5802 | 1.5883 | 1.607 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m ³) | |
| | 0.15 | 0.12 | 0.002 | |

| | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|-----|-------------------|
| Peso unitario sin compactar | 777.60 | 782 | 791 | kg/m ³ |
| Promedio Peso Unitario sin compactar | 783.32 | kg/m ³ | | |

| | | | | |
|----------|---------------------------------|--|--|--|
| B | PESO UNITARIO COMPACTADO | | | |
|----------|---------------------------------|--|--|--|

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------------|----|
| Peso recipiente | 6.5603 | 6.5603 | 6.5603 | Kg |
| Peso muestra compactado y recipiente | 8.2535 | 8.2786 | 8.2653 | Kg |
| Peso muestra compactada | 1.6932 | 1.7183 | 1.705 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m ³) | |
| | 0.15 | 0.12 | 0.002 | |



| | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|
| Peso unitario compactado | 833.20 | 845.55 | 839.01 | kg/m ³ |
| Promedio Peso Unitario compactado | 839.26 | kg/m ³ | | |

C ABSORCIÓN

| | | | |
|---|--------|-------|--|
| Peso de la muestra saturada superficialmente seca | 500 | 14.23 | |
| Peso de la muestra secada en el horno | 428.86 | | |
| Absorción | 14.23 | % | |

D PESO UNITARIO SUELTO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|---|--------|-------------------|--|
| Absorción | 14.23 | % | |
| Peso unitario sin compactar | 783.32 | kg/m ³ | |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca | 894.79 | kg/m ³ | |

E PESO UNITARIO COMPACTADO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (PUSSSS)

| | | | |
|---|--------|-------------------|--|
| Absorción | 14.23 | % | |
| Peso unitario compactado | 839.26 | kg/m ³ | |
| Peso unitario suelto saturado con superficie seca | 958.68 | kg/m ³ | |



| | |
|---------|-----------------|
| Tipo | Material grueso |
| Cantera | Raqchi |

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO DE LA PUZOLANA DE RAQCHI

A PESO ESPECÍFICO DE MASA PEM (GR/CM3)

| | | |
|--|---------|--------------------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 428.86 | gr |
| Peso de probeta más agua | 1649.6 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 500 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 1833.92 | gr |
| Peso específico de masa Pem | 1.36 | gr/cm ³ |

B PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA PESSS (GR/CM3)



| | | |
|--|---------|--------------------|
| Peso de la muestra secada en el horno | 428.86 | gr |
| Peso de probeta más agua | 1649.6 | gr |
| Peso de muestra saturada superficialmente seca | 500 | gr |
| Peso probeta más agua más muestra | 1833.92 | gr |
| Peso específico de masa saturado con superficie seca | 1.75 | gr/cm ³ |



DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DEL CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS

| | |
|---------|---------------------------------------|
| Tipo | Caucho triturado de llantas en desuso |
| Cantera | Proveniente llantería oropesa |

A PESO UNITARIO SIN COMPACTAR

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
|---|--------------|------------|---------------------------|----|
| Peso recipiente | 4.2496 | 4.2496 | 4.2496 | Kg |
| Peso muestra sin compactar y recipiente | 4.6438 | 4.6238 | 4.65492 | Kg |
| peso muestra compactada | 0.3942 | 0.3742 | 0.40532 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m ³) | |
| | 0.1 | 0.12 | 0.001 | |

| | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|-----|-------------------|
| Peso unitario sin compactar | 436.46 | 414 | 449 | kg/m ³ |
| Promedio Peso Unitario sin compactar | 433.18 | kg/m ³ | | |

B PESO UNITARIO COMPACTADO

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------------|----|
| Peso recipiente | 4.2496 | 4.2496 | 4.2496 | Kg |
| Peso muestra compactado y recipiente | 4.7238 | 4.7214 | 4.726155 | Kg |
| Peso muestra compactada | 0.4742 | 0.4718 | 0.476555 | Kg |
| Volumen recipiente | Diámetro (m) | Altura (m) | Volumen (m ³) | |
| | 0.10 | 0.12 | 0.001 | |

| | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|
| Peso unitario compactado | 525.03 | 522.38 | 527.64 | kg/m ³ |
| Promedio Peso Unitario compactado | 525.02 | kg/m ³ | | |



D PESO UNITARIO SUELTO SATURADO CON

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|--|
| Absorción | 0.00 | % | |
| Peso unitario sin compactar | 433.18 | kg/m ³ | |
| Peso unitario suelto saturado con | 433.18 | kg/m ³ | |

E PESO UNITARIO COMPACTADO SATURADO CON

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------|--|
| Absorción | 0.00 | % | |
| Peso unitario compactado | 525.02 | kg/m ³ | |
| Peso unitario suelto saturado con | 525.02 | kg/m ³ | |

F PORCENTAJE DE VACÍOS SUELTO

| | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------|
| Peso específico de masa Pem | 1.14 | gr/cm ³ |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 433.18 | kg/m ³ |
| | | |
| Porcentaje de vacíos | 62.00 | % |

G PORCENTAJE DE VACÍOS

| | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------|
| Peso específico de masa Pem | 1.14 | gr/cm ³ |
| Peso específico del agua | 1000 | gr |
| Peso unitario suelto del agregado | 525.02 | kg/m ³ |
| | | |
| Porcentaje de vacíos | 53.95 | % |



ANEXO 03: RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO EN SUS 06 DISEÑO

| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 1 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|----------------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia Diseño | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.994 | 10.15 | 80.91 | 4450.00 | 55.00 | 61.11 | 55.24 | 61.38 |
| | 2 | 4.001 | 10.15 | 80.91 | 4490.00 | 55.49 | 61.66 | | |
| | 3 | 3.990 | 10.15 | 80.91 | 4469.00 | 55.23 | 61.37 | | |
| 14 | 4 | 3.993 | 10.1 | 80.12 | 5010.00 | 62.53 | 69.48 | 63.28 | 70.31 |
| | 5 | 4.001 | 10.1 | 80.12 | 5110.00 | 63.78 | 70.87 | | |
| | 6 | 3.997 | 10.1 | 80.12 | 5090.00 | 63.53 | 70.59 | | |
| 28 | 7 | 3.995 | 10.15 | 80.91 | 5363.00 | 66.28 | 73.64 | 66.40 | 73.77 |
| | 8 | 3.999 | 10.15 | 80.91 | 5398.00 | 66.71 | 74.13 | | |
| | 9 | 4.001 | 10.15 | 80.91 | 5356.00 | 66.19 | 73.55 | | |

| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 2 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.756 | 10.15 | 80.91 | 3860.00 | 47.71 | 53.01 | 48.05 | 53.39 |
| | 2 | 3.734 | 10.15 | 80.91 | 3875.00 | 47.89 | 53.21 | | |
| | 3 | 3.744 | 10.15 | 80.91 | 3928.00 | 48.55 | 53.94 | | |
| 14 | 4 | 3.748 | 10.1 | 80.12 | 4550.00 | 56.79 | 63.10 | 57.00 | 63.33 |
| | 5 | 3.745 | 10.1 | 80.12 | 4610.00 | 57.54 | 63.93 | | |
| | 6 | 3.730 | 10.1 | 80.12 | 4540.00 | 56.67 | 62.96 | | |
| 28 | 7 | 3.751 | 10.15 | 80.91 | 4784.00 | 59.12 | 65.69 | 59.57 | 66.19 |
| | 8 | 3.736 | 10.15 | 80.91 | 4830.00 | 59.69 | 66.33 | | |
| | 9 | 3.745 | 10.15 | 80.91 | 4846.00 | 59.89 | 66.55 | | |



| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 3 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.880 | 10.1 | 80.12 | 4210.00 | 52.55 | 58.39 | 51.91 | 57.68 |
| | 2 | 3.874 | 10.15 | 80.91 | 4150.00 | 51.29 | 56.99 | | |
| | 3 | 3.855 | 10.15 | 80.91 | 4200.00 | 51.91 | 57.67 | | |
| 14 | 4 | 3.892 | 10.15 | 80.91 | 5040.00 | 62.29 | 69.21 | 62.91 | 69.90 |
| | 5 | 3.885 | 10.1 | 80.12 | 5090.00 | 63.53 | 70.59 | | |
| | 6 | 3.889 | 10.05 | 79.33 | 4990.00 | 62.90 | 69.89 | | |
| 28 | 7 | 3.903 | 10.1 | 80.12 | 5299.00 | 66.14 | 73.49 | 65.29 | 72.54 |
| | 8 | 3.894 | 10.1 | 80.12 | 5235.00 | 65.34 | 72.60 | | |
| | 9 | 3.898 | 10.15 | 80.91 | 5210.00 | 64.39 | 71.54 | | |

| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 4 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.745 | 10.15 | 80.91 | 3385.00 | 41.83 | 46.48 | 41.98 | 46.64 |
| | 2 | 3.721 | 10.15 | 80.91 | 3396.00 | 41.97 | 46.63 | | |
| | 3 | 3.734 | 10.1 | 80.12 | 3375.00 | 42.13 | 46.81 | | |
| 14 | 4 | 3.739 | 10.15 | 80.91 | 4120.00 | 50.92 | 56.58 | 50.47 | 56.07 |
| | 5 | 3.731 | 10.1 | 80.12 | 4080.00 | 50.92 | 56.58 | | |
| | 6 | 3.717 | 10.15 | 80.91 | 4010.00 | 49.56 | 55.07 | | |
| 28 | 7 | 3.739 | 10.15 | 80.91 | 4399.00 | 54.37 | 60.41 | 53.10 | 59.00 |
| | 8 | 3.726 | 10.15 | 80.91 | 4234.00 | 52.33 | 58.14 | | |
| | 9 | 3.734 | 10.15 | 80.91 | 4256.00 | 52.60 | 58.44 | | |



| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 5 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.650 | 10.14 | 80.75 | 2856.00 | 35.37 | 39.30 | 35.31 | 39.24 |
| | 2 | 3.645 | 10.15 | 80.91 | 2876.00 | 35.54 | 39.49 | | |
| | 3 | 3.657 | 10.15 | 80.91 | 2834.00 | 35.02 | 38.92 | | |
| 14 | 4 | 3.653 | 10.15 | 80.91 | 3490.00 | 43.13 | 47.92 | 43.99 | 48.87 |
| | 5 | 3.657 | 10.12 | 80.44 | 3590.00 | 44.63 | 49.59 | | |
| | 6 | 3.645 | 10.17 | 81.23 | 3590.00 | 44.19 | 49.10 | | |
| 28 | 7 | 3.645 | 10.12 | 80.44 | 3746.00 | 46.57 | 51.75 | 46.55 | 51.73 |
| | 8 | 3.641 | 10.12 | 80.44 | 3765.00 | 46.81 | 52.01 | | |
| | 9 | 3.651 | 10.15 | 80.91 | 3745.00 | 46.28 | 51.43 | | |

| Resultados de Ensayo de Compresión axial de testigos cilíndricos de 4x8" para el Diseño N° 6 | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------|
| Edad | N° Espécimen | Peso (kg) | Diámetro (cm) | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (Kg/cm ²) | % Resistencia | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | % Resistencia promedio |
| 7 | 1 | 3.578 | 10.13 | 80.60 | 2786.00 | 34.57 | 38.41 | 34.22 | 38.02 |
| | 2 | 3.567 | 10.16 | 81.07 | 2765.00 | 34.10 | 37.89 | | |
| | 3 | 3.535 | 10.15 | 80.91 | 2749.00 | 33.97 | 37.75 | | |
| 14 | 4 | 3.564 | 10.17 | 81.23 | 3540.00 | 43.58 | 48.42 | 43.28 | 48.09 |
| | 5 | 3.568 | 10.15 | 80.91 | 3470.00 | 42.89 | 47.65 | | |
| | 6 | 3.565 | 10.15 | 80.91 | 3510.00 | 43.38 | 48.20 | | |
| 28 | 7 | 3.571 | 10.14 | 80.75 | 3645.00 | 45.14 | 50.15 | 45.21 | 50.24 |
| | 8 | 3.567 | 10.14 | 80.75 | 3667.00 | 45.41 | 50.45 | | |
| | 9 | 3.546 | 10.13 | 80.60 | 3634.00 | 45.09 | 50.10 | | |



ANEXO 04: RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO EN SUS 04 DISEÑO

| Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto Caucho Diseño D-1, D-2, D-3, D-4 | |
|---|--|
| Ficha de Datos | |
| Edad | 07 DÍAS |
| Lugar | Laboratorio GEOTEST PERÚ-Geotecnia y Concretos |
| Especímenes | 40 Unidades |
| Resistencia Diseño | 20 kg/cm ² Norma E.070 |

| | EDA D | N° ESPÉCIMEN | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área Bruta (cm ²) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia a promedio (kg/cm ²) | % Resistencia Promedio Bloque NP |
|-----------|--------|--------------|------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|--|----------------------------------|
| DISEÑO 01 | 7 DÍAS | 1 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 14080 | 23.74 | 22.07 | 10.36 |
| | | 2 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13080 | 21.95 | | |
| | | 3 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 14480 | 24.19 | | |
| | | 4 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 12410 | 20.82 | | |
| | | 5 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 14110 | 23.62 | | |
| | | 6 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 11650 | 19.37 | | |
| | | 7 | 40.20 | 15.00 | 603.00 | 13520 | 22.42 | | |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 13650 | 23.02 | | |
| | | 9 | 39.80 | 15.00 | 597.00 | 12540 | 21.01 | | |
| | | 10 | 39.70 | 14.80 | 587.56 | 12100 | 20.59 | | |
| DISEÑO 02 | 7 DÍAS | 11 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 9980 | 16.82 | 16.62 | -16.88 |
| | | 12 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 9720 | 16.27 | | |
| | | 13 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10380 | 17.37 | | |
| | | 14 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 9230 | 15.45 | | |
| | | 15 | 39.50 | 15.00 | 592.50 | 10140 | 17.11 | | |
| | | 16 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 9870 | 16.57 | | |
| | | 17 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 9950 | 16.60 | | |
| | | 18 | 39.80 | 15.10 | 600.98 | 9940 | 16.54 | | |
| | | 19 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 9650 | 16.08 | | |
| | | 20 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 10360 | 17.43 | | |
| DISEÑO 03 | 7 DÍAS | 21 | 39.50 | 15.00 | 592.50 | 11030 | 18.62 | 19.15 | -4.25 |
| | | 22 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 11950 | 20.15 | | |
| | | 23 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 11650 | 19.34 | | |
| | | 24 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11450 | 19.08 | | |
| | | 25 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 12030 | 20.05 | | |
| | | 26 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10870 | 18.19 | | |
| | | 27 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 10980 | 18.47 | | |
| | | 28 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 11140 | 18.74 | | |
| | | 29 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 11640 | 19.45 | | |



| | | | | | | | | | |
|-----------|--------|----|-------|-------|--------|-------|-------|------|--------|
| | | 30 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 11650 | 19.42 | | |
| DISEÑO 04 | 7 DÍAS | 31 | 39.90 | 15.00 | 598.50 | 5190 | 8.67 | 9.56 | -52.19 |
| | | 32 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 6540 | 10.90 | | |
| | | 33 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 5780 | 9.57 | | |
| | | 34 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 5720 | 9.45 | | |
| | | 35 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 5980 | 10.06 | | |
| | | 36 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 5830 | 9.81 | | |
| | | 37 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 5410 | 9.08 | | |
| | | 38 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 5910 | 9.85 | | |
| | | 39 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 5320 | 8.83 | | |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 5650 | 9.42 | | |

Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto Caucho Diseño D-1, D-2, D-3, D-4

Ficha de Datos

| | |
|---------------------------|--|
| Edad | 14 DÍAS |
| Lugar | Laboratorio GEOTEST PERÚ-Geotecnia y Concretos |
| Especímenes | 40 Unidades |
| Resistencia Diseño | 20 kg/cm2 Norma E.070 |

| | EDAD | N° ESPÉCIMEN | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area Bruta (cm2) | Carga (kg) | Rsistencia (kg/cm2) | Rsistencia promedio (kg/cm2) | % Resistencia Promedio Bloque NP |
|-----------|---------|--------------|------------|------------|------------------|------------|---------------------|------------------------------|----------------------------------|
| DISEÑO 01 | 14 DÍAS | 1 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 17450 | 29.48 | 28.92 | 44.62 |
| | | 2 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17110 | 28.45 | | |
| | | 3 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 17250 | 29.07 | | |
| | | 4 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 17120 | 28.99 | | |
| | | 5 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 16980 | 28.51 | | |
| | | 6 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17370 | 28.76 | | |
| | | 7 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 17350 | 29.11 | | |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 16970 | 28.62 | | |
| | | 9 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 17600 | 29.46 | | |
| | | 10 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 17350 | 28.80 | | |
| DISEÑO 02 | 14 DÍAS | 11 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 13540 | 22.93 | 22.57 | 12.86 |
| | | 12 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 13780 | 23.34 | | |
| | | 13 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13980 | 23.46 | | |
| | | 14 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 12150 | 20.49 | | |
| | | 15 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 13450 | 22.83 | | |
| | | 16 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 13410 | 22.35 | | |
| | | 17 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 13980 | 23.30 | | |
| | | 18 | 39.90 | 15.20 | 606.48 | 13740 | 22.66 | | |
| | | 19 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 13640 | 22.64 | | |
| | | 20 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 13210 | 21.73 | | |
| DISEÑO 03 | 14 DÍAS | 21 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 15980 | 26.28 | 27.09 | 35.47 |
| | | 22 | 39.80 | 14.70 | 585.06 | 15160 | 25.91 | | |
| | | 23 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 16020 | 26.95 | | |
| | | 24 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 16140 | 27.26 | | |
| | | 25 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 16780 | 27.90 | | |
| | | 26 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 15870 | 26.34 | | |
| | | 27 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 16120 | 26.69 | | |
| | | 28 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 16560 | 27.92 | | |



| | | | | | | | | | |
|-----------|---------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | 29 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 16780 | 27.71 | | |
| | | 30 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 16940 | 27.98 | | |
| DISEÑO 04 | 14 DÍAS | 31 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 10120 | 16.94 | 16.95 | -15.23 |
| | | 32 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 9840 | 16.71 | | |
| | | 33 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 9830 | 16.40 | | |
| | | 34 | 39.70 | 15.20 | 603.44 | 9780 | 16.21 | | |
| | | 35 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10110 | 17.16 | | |
| | | 36 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 9870 | 16.56 | | |
| | | 37 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 10250 | 17.31 | | |
| | | 38 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10380 | 17.62 | | |
| | | 39 | 40.20 | 15.10 | 607.02 | 10360 | 17.07 | | |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 10540 | 17.57 | | |

| Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto Caucho Diseño D-1, D-2, D-3, D-4 | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|------------|------------|-------------------------------|------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| Ficha de Datos | | | | | | | | | |
| Edad | 28 DÍAS | | | | | | | | |
| Lugar | Laboratorio GEOTEST PERÚ-Geotecnia y Concretos | | | | | | | | |
| Especímenes | 40 Unidades | | | | | | | | |
| Resistencia Diseño | 20 kg/cm ² Norma E.070 | | | | | | | | |
| | EDAD | N° ESPÉCIME N | Largo (cm) | Ancho (cm) | Área Bruta (cm ²) | Carga (kg) | Rsistencia (kg/cm ²) | Rsistencia promedio (kg/cm ²) | % Resistencia Promedio Bloque NP |
| DISEÑO 01 | 28 DÍAS | 1 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 21960 | 37.09 | 32.01 | 60.05 |
| | | 2 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17450 | 29.01 | | |
| | | 3 | 40.10 | 14.80 | 593.48 | 18960 | 31.95 | | |
| | | 4 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 19600 | 33.19 | | |
| | | 5 | 39.70 | 15.00 | 595.50 | 19980 | 33.55 | | |
| | | 6 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17650 | 29.22 | | |
| | | 7 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 19650 | 32.97 | | |
| | | 8 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 19780 | 33.35 | | |
| | | 9 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 19950 | 33.39 | | |
| | | 10 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 15890 | 26.37 | | |
| DISEÑO 02 | 28 DÍAS | 11 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 15870 | 26.87 | 24.78 | 23.89 |
| | | 12 | 39.90 | 14.80 | 590.52 | 14650 | 24.81 | | |
| | | 13 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 13980 | 23.46 | | |
| | | 14 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 14120 | 23.81 | | |
| | | 15 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 15780 | 26.79 | | |
| | | 16 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 14230 | 23.72 | | |
| | | 17 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 15980 | 26.63 | | |
| | | 18 | 39.90 | 15.20 | 606.48 | 15470 | 25.51 | | |
| | | 19 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 13960 | 23.17 | | |
| | | 20 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 13990 | 23.01 | | |
| DISEÑO 03 | 28 DÍAS | 21 | 40.00 | 15.20 | 608.00 | 17890 | 29.42 | 29.32 | 46.58 |
| | | 22 | 39.80 | 14.70 | 585.06 | 17650 | 30.17 | | |
| | | 23 | 39.90 | 14.90 | 594.51 | 15680 | 26.37 | | |
| | | 24 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 18120 | 30.61 | | |
| | | 25 | 40.10 | 15.00 | 601.50 | 17960 | 29.86 | | |
| | | 26 | 39.90 | 15.10 | 602.49 | 17540 | 29.11 | | |
| | | 27 | 40.00 | 15.10 | 604.00 | 17560 | 29.07 | | |



| | | | | | | | | | |
|-----------|------------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 28 | 39.80 | 14.90 | 593.02 | 18120 | 30.56 | | |
| | | 29 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 17260 | 28.50 | | |
| | | 30 | 40.10 | 15.10 | 605.51 | 17850 | 29.48 | | |
| DISEÑO 04 | 28 DÍAS | 31 | 40.10 | 14.90 | 597.49 | 11890 | 19.90 | 19.00 | -5.02 |
| | | 32 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10890 | 18.49 | | |
| | | 33 | 39.70 | 15.10 | 599.47 | 11870 | 19.80 | | |
| | | 34 | 39.70 | 15.20 | 603.44 | 11030 | 18.28 | | |
| | | 35 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 10780 | 18.30 | | |
| | | 36 | 40.00 | 14.90 | 596.00 | 11450 | 19.21 | | |
| | | 37 | 40.00 | 14.80 | 592.00 | 11310 | 19.10 | | |
| | | 38 | 39.80 | 14.80 | 589.04 | 11870 | 20.15 | | |
| | | 39 | 40.20 | 15.10 | 607.02 | 11780 | 19.41 | | |
| | | 40 | 40.00 | 15.00 | 600.00 | 10390 | 17.32 | | |



ANEXO 05: RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO EN SUS 04 DISEÑO

| ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|--------|-------|-----------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| FICHA DE DATOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DISEÑO N° | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Edad | 28 Días | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidades | 03 muretes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MURETE N° | Diametro carga Equipo (cm) | Área de carga equipo (cm ²) | LARGO | | | ANCHO | | | ALTURA | | | AREA (Cm ²) | FUERZA (Bar) | Carga Maxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Esfuerzo Cortante promedio (kg/cm ²) | Desviación estandar | Vm Final (kg/cm ²) |
| | | | L1 | L2 | Largo Promedio | A1 | A2 | Ancho Promedio | H1 | H2 | Altura promedio | | | | | | | |
| 1 | 10.15 | 80.91 | 82.00 | 81.90 | 81.95 | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 85.90 | 85.90 | 85.90 | 1267.65 | 90.00 | 7425.83 | 4.14 | 4.22 | 0.07 | 4.15 |
| 2 | 10.15 | 80.91 | 82.50 | 82.40 | 82.45 | 15.10 | 15.00 | 15.05 | 86.00 | 86.10 | 86.05 | 1267.96 | 92.00 | 7590.85 | 4.23 | | | |
| 3 | 10.15 | 80.91 | 82.00 | 82.10 | 82.05 | 14.90 | 15.00 | 14.95 | 86.10 | 86.10 | 86.10 | 1256.55 | 92.00 | 7590.85 | 4.27 | | | |



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

FICHA DE DATOS

| | |
|-----------|------------|
| DISEÑO N° | 2 |
| Edad | 28 Días |
| Unidades | 03 muretes |

| MURETE N° | Diametro carga Equipo (cm) | Área de carga equipo (cm ²) | LARGO | | | ANCHO | | | ALTURA | | | AREA (Cm ²) | FUERZA (Bar) | Carga Maxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Esfuerzo Cortante promedio (kg/cm ²) | Desviacion estandar | Vm Final (kg/cm ²) |
|-----------|----------------------------|---|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|--------|-------|-----------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| | | | L1 | L2 | Largo Promedio | A1 | A2 | Ancho Promedio | H1 | H2 | Altura promedio | | | | | | | |
| 1 | 10.15 | 80.91 | 82.30 | 82.20 | 82.25 | 15.00 | 15.10 | 15.05 | 86.20 | 86.30 | 86.25 | 1267.96 | 80.00 | 6600.73 | 3.68 | 3.85 | 0.15 | 3.70 |
| 2 | 10.15 | 80.91 | 82.10 | 82.00 | 82.05 | 14.90 | 14.90 | 14.90 | 86.10 | 86.10 | 86.10 | 1253.09 | 85.00 | 7013.28 | 3.96 | | | |
| 3 | 10.15 | 80.91 | 82.10 | 82.10 | 82.10 | 15.00 | 15.10 | 15.05 | 86.20 | 86.20 | 86.20 | 1266.46 | 85.00 | 7013.28 | 3.92 | | | |



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

FICHA DE DATOS

| | |
|-----------|------------|
| DISEÑO N° | 3 |
| Edad | 28 Días |
| Unidades | 03 muretes |

| MURETE N° | Diametro carga Equipo (cm) | Área de carga equipo (cm ²) | LARGO | | | ANCHO | | | ALTURA | | | AREA (Cm ²) | FUERZA (Bar) | Carga Maxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Esfuerzo Cortante promedio (kg/cm ²) | Desviacion estandar | Vm Final (kg/cm ²) |
|-----------|----------------------------|---|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|--------|-------|-----------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| | | | L1 | L2 | Largo Promedio | A1 | A2 | Ancho Promedio | H1 | H2 | Altura promedio | | | | | | | |
| 1 | 10.15 | 80.91 | 82.00 | 82.00 | 82.00 | 15.00 | 15.20 | 15.10 | 86.00 | 86.10 | 86.05 | 1268.40 | 88.00 | 7260.81 | 4.05 | 4.01 | 0.09 | 3.92 |
| 2 | 10.15 | 80.91 | 81.50 | 82.00 | 81.75 | 15.00 | 15.10 | 15.05 | 86.10 | 86.00 | 86.05 | 1261.19 | 88.00 | 7260.81 | 4.07 | | | |
| 3 | 10.15 | 80.91 | 81.80 | 82.30 | 82.10 | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 86.10 | 86.10 | 86.10 | 1267.65 | 85.00 | 7013.28 | 3.91 | | | |



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAUCHO Y MATERIAL PUZOLÁNICO

FICHA DE DATOS

| | |
|-----------|------------|
| DISEÑO N° | 4 |
| Edad | 28 Días |
| Unidades | 03 muretes |

| MURETE N° | Diametro carga Equipo (cm) | Área de carga equipo (cm ²) | LARGO | | | ANCHO | | | ALTURA | | | AREA (Cm ²) | FUERZA (Bar) | Carga Maxima (Kg) | Vm (kg/cm ²) | Resistencia promedio | Desviacion estandar | Vm Final (kg/cm ²) |
|-----------|----------------------------|---|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|--------|-------|-----------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| | | | L1 | L2 | Largo Promedio | A1 | A2 | Ancho Promedio | H1 | H2 | Altura promedio | | | | | | | |
| 1 | 10.15 | 80.91 | 82.10 | 82.10 | 82.10 | 14.90 | 15.00 | 14.95 | 85.90 | 86.00 | 85.95 | 1255.80 | 65.00 | 5363.10 | 3.02 | 2.93 | 0.12 | 2.82 |
| 2 | 10.15 | 80.91 | 82.20 | 82.10 | 82.15 | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 86.10 | 86.00 | 86.05 | 1270.67 | 65.00 | 5363.10 | 2.98 | | | |
| 3 | 10.15 | 80.91 | 81.90 | 82.00 | 81.95 | 14.90 | 14.90 | 14.90 | 85.90 | 85.90 | 85.90 | 1250.11 | 60.00 | 4950.55 | 2.80 | | | |



ANEXO 06: CONSTANCIA DE PRUEBAS DE LABORATORIO “GEOTEST”



CONSTANCIA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Mediante la presente, el que suscribe, **Ing. ABELARDO ABARCA ANCORI** GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA **GEOTEST S.A.C.**, hace constar que el **Bach. RONAL FUENTES YUNYURI** identificado con D.N.I. N° 42373370, Y **Bach. PEDRO MIJAEI CASTILLO MOLLE** identificado con D.N.I. N° 73511185, realizaron los ensayos correspondientes a:

- Ensayo de compresión axial de probetas cilíndricas.
- Ensayo de compresión axial de bloques huecos de concreto.
- Ensayo de compresión diagonal de muertes de bloques huecos de concreto.
- Propiedades físicas de bloques huecos de concreto, absorción, porcentaje de vacíos, porosidad, rapidez inicial de absorción o succión, alabeo, variación dimensional, peso húmedo y peso seco.

PARA EL PROYECTO DE TESIS: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE BLOQT/ES DE CONCRETO DE BAJA DENSIDAD COMO MATERIAL SOSTEN'BLE DE CONSTRUCCIÓN CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO TRITURADO DE LLANTAS EN DESUSO COMO AGREGADO FINO Y MATERIAL PUZOLANICO COMO AGREGADO GRUESO, CUSCO- 2018".

Se expide el presente a solicitud de los interesados para los fines que estime conveniente.

Cusco, 10 de febrero de 2022


Ing. Abelardo Abarca Ancori
GERENTE GENERAL



ANEXO 07: DATOS DEL ENSAYO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO PARA BLOQUES DE CONCRETO CON Y SIN ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO, TOMA DE DATOS PARA LAS 04 CAJAS.

| AISLAMIENTO ACÚSTICO | | | |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------|
| CAJA 1 | | | |
| Nº | Decibelios en Caja | Decibelios Exterior | Diferencia |
| 1 | 22,7 | 31,8 | 9,1 |
| 2 | 53,9 | 63,8 | 10,0 |
| 3 | 37,5 | 46,1 | 8,6 |
| 4 | 78,1 | 85,4 | 7,3 |
| 5 | 56,0 | 64,8 | 8,8 |
| 6 | 34,1 | 43,4 | 9,2 |
| 7 | 30,7 | 38,2 | 7,5 |
| 8 | 26,4 | 34,9 | 8,5 |
| 9 | 52,5 | 61,6 | 9,1 |
| 10 | 72,8 | 82,1 | 9,3 |
| 11 | 43,9 | 53,1 | 9,2 |
| 12 | 66,6 | 75,8 | 9,2 |
| 13 | 37,4 | 44,8 | 7,3 |
| 14 | 55,2 | 64,6 | 9,4 |
| 15 | 43,7 | 53,5 | 9,8 |
| 16 | 20,5 | 30,0 | 9,6 |
| 17 | 49,4 | 57,5 | 8,1 |
| 18 | 73,8 | 81,4 | 7,6 |
| 19 | 32,7 | 41,5 | 8,8 |
| 20 | 72,2 | 80,2 | 8,0 |
| 21 | 80,1 | 88,5 | 8,4 |
| 22 | 36,1 | 43,6 | 7,5 |
| 23 | 20,3 | 28,2 | 7,9 |
| 24 | 24,9 | 32,1 | 7,2 |
| 25 | 51,3 | 60,0 | 8,7 |
| 26 | 56,6 | 65,5 | 8,8 |
| 27 | 36,6 | 45,1 | 8,5 |
| 28 | 30,7 | 40,0 | 9,4 |
| 29 | 26,7 | 36,2 | 9,5 |
| 30 | 47,4 | 55,3 | 7,9 |
| 31 | 46,7 | 55,5 | 8,8 |
| 32 | 61,3 | 69,8 | 8,5 |
| 33 | 71,0 | 80,4 | 9,4 |
| 34 | 56,8 | 66,2 | 9,4 |
| 35 | 27,2 | 35,9 | 8,7 |
| 36 | 21,9 | 29,7 | 7,8 |
| 37 | 77,3 | 85,3 | 7,9 |
| 38 | 45,2 | 53,1 | 7,9 |
| 39 | 55,4 | 63,9 | 8,5 |
| 40 | 39,0 | 48,2 | 9,2 |
| 41 | 47,1 | 54,5 | 7,5 |
| 42 | 58,7 | 68,7 | 10,0 |
| 43 | 43,3 | 51,0 | 7,6 |
| 44 | 32,3 | 40,9 | 8,6 |
| 45 | 46,4 | 54,3 | 7,9 |
| 46 | 65,8 | 75,8 | 9,9 |
| 47 | 27,8 | 36,4 | 8,6 |
| 48 | 75,7 | 83,6 | 7,9 |



| | | | |
|----------|------|------|------|
| 49 | 69,2 | 78,7 | 9,5 |
| 50 | 21,8 | 29,2 | 7,4 |
| 51 | 38,2 | 48,2 | 10,0 |
| 52 | 60,0 | 67,2 | 7,1 |
| 53 | 65,6 | 74,8 | 9,2 |
| 54 | 25,3 | 33,2 | 7,9 |
| 55 | 21,3 | 28,9 | 7,7 |
| 56 | 27,9 | 35,9 | 8,0 |
| 57 | 20,1 | 27,7 | 7,6 |
| 58 | 72,9 | 82,1 | 9,3 |
| 59 | 69,7 | 77,1 | 7,4 |
| 60 | 27,0 | 36,9 | 9,9 |
| 61 | 79,8 | 88,4 | 8,5 |
| 62 | 43,6 | 52,3 | 8,7 |
| 63 | 56,5 | 64,7 | 8,2 |
| 64 | 24,7 | 32,2 | 7,4 |
| 65 | 30,5 | 38,6 | 8,1 |
| 66 | 24,4 | 34,2 | 9,7 |
| 67 | 70,6 | 78,7 | 8,2 |
| 68 | 24,8 | 34,2 | 9,4 |
| 69 | 26,2 | 35,6 | 9,4 |
| 70 | 22,8 | 32,2 | 9,4 |
| 71 | 75,1 | 84,4 | 9,3 |
| 72 | 23,4 | 31,7 | 8,3 |
| 73 | 28,9 | 36,6 | 7,8 |
| 74 | 54,8 | 64,4 | 9,6 |
| 75 | 74,7 | 83,5 | 8,8 |
| 76 | 67,6 | 76,6 | 9,0 |
| 77 | 43,5 | 52,4 | 8,8 |
| 78 | 21,0 | 30,1 | 9,1 |
| 79 | 75,8 | 84,2 | 8,4 |
| 80 | 69,1 | 78,5 | 9,4 |
| 81 | 40,4 | 48,7 | 8,4 |
| 82 | 76,7 | 85,2 | 8,5 |
| 83 | 51,9 | 61,2 | 9,2 |
| 84 | 47,7 | 56,6 | 9,0 |
| 85 | 71,5 | 79,4 | 7,8 |
| 86 | 60,6 | 69,8 | 9,3 |
| 87 | 43,4 | 51,1 | 7,6 |
| 88 | 23,0 | 30,8 | 7,8 |
| 89 | 41,2 | 50,0 | 8,8 |
| 90 | 77,0 | 86,7 | 9,7 |
| 91 | 26,2 | 34,6 | 8,4 |
| 92 | 78,3 | 85,5 | 7,2 |
| 93 | 60,6 | 70,2 | 9,6 |
| 94 | 66,8 | 74,3 | 7,4 |
| 95 | 34,4 | 44,1 | 9,8 |
| 96 | 60,4 | 68,8 | 8,5 |
| 97 | 42,7 | 51,9 | 9,1 |
| 98 | 69,1 | 78,4 | 9,3 |
| 99 | 47,9 | 55,4 | 7,4 |
| 100 | 55,5 | 63,1 | 7,6 |
| PROMEDIO | | | 8,6 |

| AISLAMIENTO ACÚSTICO | | | |
|----------------------|---------------|------------|------------|
| CAJA 2 | | | |
| Nº | Decibelios en | Decibelios | Diferencia |
| 1 | 21,8 | 33,9 | 12,1 |
| 2 | 58,9 | 71,4 | 12,5 |
| 3 | 51,8 | 64,4 | 12,5 |



| | | | |
|----|------|------|------|
| 4 | 63,5 | 75,5 | 12,0 |
| 5 | 56,5 | 68,3 | 11,8 |
| 6 | 38,5 | 51,0 | 12,5 |
| 7 | 77,3 | 88,5 | 11,3 |
| 8 | 30,7 | 42,4 | 11,7 |
| 9 | 42,8 | 54,7 | 11,9 |
| 10 | 37,6 | 49,2 | 11,6 |
| 11 | 21,9 | 34,8 | 12,8 |
| 12 | 79,3 | 91,8 | 12,6 |
| 13 | 67,0 | 79,7 | 12,7 |
| 14 | 76,9 | 89,6 | 12,7 |
| 15 | 40,0 | 51,4 | 11,4 |
| 16 | 31,1 | 44,8 | 13,7 |
| 17 | 26,6 | 39,3 | 12,8 |
| 18 | 55,9 | 67,9 | 12,0 |
| 19 | 27,7 | 41,5 | 13,8 |
| 20 | 42,8 | 55,7 | 12,9 |
| 21 | 24,6 | 36,6 | 12,0 |
| 22 | 63,3 | 75,5 | 12,2 |
| 23 | 48,2 | 60,5 | 12,3 |
| 24 | 27,8 | 41,4 | 13,6 |
| 25 | 41,8 | 54,1 | 12,3 |
| 26 | 21,9 | 34,1 | 12,2 |
| 27 | 70,1 | 82,3 | 12,3 |
| 28 | 35,8 | 47,0 | 11,2 |
| 29 | 51,3 | 65,3 | 14,0 |
| 30 | 54,8 | 66,2 | 11,4 |
| 31 | 67,0 | 79,0 | 12,0 |
| 32 | 63,0 | 76,5 | 13,6 |
| 33 | 55,0 | 68,2 | 13,2 |
| 34 | 69,9 | 82,5 | 12,7 |
| 35 | 34,5 | 46,5 | 12,1 |
| 36 | 59,4 | 71,8 | 12,4 |
| 37 | 72,9 | 86,3 | 13,4 |
| 38 | 67,8 | 81,1 | 13,4 |
| 39 | 67,7 | 80,5 | 12,7 |
| 40 | 58,0 | 71,6 | 13,6 |
| 41 | 36,5 | 50,2 | 13,7 |
| 42 | 65,9 | 77,3 | 11,4 |
| 43 | 45,1 | 58,8 | 13,6 |
| 44 | 58,6 | 70,8 | 12,2 |
| 45 | 42,5 | 53,6 | 11,0 |
| 46 | 25,5 | 38,9 | 13,4 |
| 47 | 74,6 | 88,4 | 13,8 |
| 48 | 75,9 | 89,2 | 13,3 |
| 49 | 75,4 | 88,3 | 12,8 |
| 50 | 48,6 | 60,2 | 11,5 |
| 51 | 72,1 | 85,7 | 13,6 |
| 52 | 69,2 | 81,6 | 12,4 |
| 53 | 69,5 | 81,0 | 11,4 |
| 54 | 34,0 | 45,6 | 11,6 |
| 55 | 53,6 | 64,9 | 11,4 |
| 56 | 52,7 | 64,9 | 12,3 |
| 57 | 21,0 | 33,8 | 12,8 |
| 58 | 36,5 | 48,0 | 11,5 |
| 59 | 61,3 | 73,9 | 12,6 |
| 60 | 33,6 | 46,8 | 13,2 |
| 61 | 33,2 | 44,8 | 11,6 |
| 62 | 66,1 | 77,5 | 11,3 |
| 63 | 71,4 | 84,1 | 12,7 |
| 64 | 39,5 | 51,7 | 12,2 |



| | | | |
|----------|------|------|------|
| 65 | 23,6 | 36,5 | 12,9 |
| 66 | 48,3 | 60,3 | 12,1 |
| 67 | 49,3 | 63,2 | 13,9 |
| 68 | 45,9 | 58,4 | 12,5 |
| 69 | 68,3 | 79,3 | 11,0 |
| 70 | 76,4 | 89,9 | 13,5 |
| 71 | 39,8 | 52,9 | 13,1 |
| 72 | 31,0 | 43,1 | 12,1 |
| 73 | 24,3 | 36,3 | 12,0 |
| 74 | 68,7 | 82,3 | 13,6 |
| 75 | 69,8 | 80,9 | 11,1 |
| 76 | 69,3 | 82,5 | 13,1 |
| 77 | 21,9 | 35,4 | 13,5 |
| 78 | 76,8 | 90,1 | 13,3 |
| 79 | 27,9 | 40,0 | 12,1 |
| 80 | 76,2 | 89,5 | 13,3 |
| 81 | 55,0 | 68,4 | 13,4 |
| 82 | 42,0 | 56,0 | 14,0 |
| 83 | 54,8 | 66,2 | 11,4 |
| 84 | 32,9 | 46,8 | 13,8 |
| 85 | 74,1 | 85,5 | 11,3 |
| 86 | 39,8 | 52,2 | 12,4 |
| 87 | 44,7 | 58,3 | 13,6 |
| 88 | 63,2 | 76,2 | 13,0 |
| 89 | 40,8 | 53,9 | 13,1 |
| 90 | 78,4 | 89,8 | 11,4 |
| 91 | 78,2 | 90,3 | 12,1 |
| 92 | 46,0 | 57,7 | 11,7 |
| 93 | 30,3 | 44,3 | 14,0 |
| 94 | 40,1 | 53,3 | 13,2 |
| 95 | 32,1 | 43,1 | 11,1 |
| 96 | 69,5 | 82,5 | 13,0 |
| 97 | 72,7 | 86,7 | 13,9 |
| 98 | 70,0 | 83,9 | 14,0 |
| 99 | 42,4 | 53,5 | 11,1 |
| 100 | 56,9 | 69,1 | 12,2 |
| PROMEDIO | | | 12,5 |

| AISLAMIENTO ACÚSTICO | | | |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------|
| CAJA 3 | | | |
| Nº | Decibelios en Caja | Decibelios Exterior | Diferencia |
| 1 | 37,6 | 46,8 | 9,2 |
| 2 | 69,8 | 79,3 | 9,5 |
| 3 | 80,4 | 89,5 | 9,1 |
| 4 | 52,8 | 62,5 | 9,7 |
| 5 | 31,2 | 40,2 | 9,0 |
| 6 | 36,2 | 45,1 | 8,9 |
| 7 | 41,3 | 50,7 | 9,4 |
| 8 | 29,9 | 39,5 | 9,6 |
| 9 | 20,1 | 29,0 | 8,8 |
| 10 | 54,4 | 64,1 | 9,7 |
| 11 | 73,5 | 82,8 | 9,2 |
| 12 | 43,6 | 53,3 | 9,7 |
| 13 | 21,0 | 30,2 | 9,2 |
| 14 | 25,7 | 34,7 | 9,1 |
| 15 | 56,9 | 66,4 | 9,5 |
| 16 | 58,7 | 67,5 | 8,9 |
| 17 | 77,6 | 86,6 | 9,0 |
| 18 | 32,7 | 41,7 | 9,0 |



| | | | |
|----|------|------|-----|
| 19 | 48,8 | 58,4 | 9,6 |
| 20 | 56,8 | 66,3 | 9,5 |
| 21 | 44,1 | 53,0 | 8,9 |
| 22 | 49,7 | 59,3 | 9,6 |
| 23 | 61,9 | 70,9 | 9,0 |
| 24 | 62,5 | 72,2 | 9,6 |
| 25 | 57,4 | 66,6 | 9,2 |
| 26 | 67,5 | 76,7 | 9,2 |
| 27 | 24,1 | 33,0 | 8,9 |
| 28 | 25,6 | 34,6 | 9,0 |
| 29 | 85,2 | 94,5 | 9,4 |
| 30 | 44,1 | 53,7 | 9,6 |
| 31 | 48,1 | 57,8 | 9,7 |
| 32 | 40,0 | 49,7 | 9,7 |
| 33 | 41,8 | 50,8 | 9,1 |
| 34 | 80,2 | 89,4 | 9,2 |
| 35 | 72,3 | 81,2 | 9,0 |
| 36 | 85,1 | 93,9 | 8,9 |
| 37 | 72,8 | 81,9 | 9,2 |
| 38 | 80,4 | 90,2 | 9,7 |
| 39 | 72,7 | 82,5 | 9,8 |
| 40 | 54,1 | 63,7 | 9,7 |
| 41 | 76,5 | 86,2 | 9,7 |
| 42 | 28,1 | 37,0 | 9,0 |
| 43 | 68,5 | 77,4 | 8,8 |
| 44 | 20,0 | 29,8 | 9,7 |
| 45 | 23,4 | 32,8 | 9,4 |
| 46 | 83,3 | 92,9 | 9,6 |
| 47 | 26,5 | 36,3 | 9,8 |
| 48 | 60,2 | 69,5 | 9,3 |
| 49 | 27,2 | 36,8 | 9,7 |
| 50 | 41,9 | 51,5 | 9,7 |
| 51 | 26,4 | 35,4 | 9,0 |
| 52 | 41,8 | 50,7 | 8,9 |
| 53 | 75,2 | 84,2 | 9,0 |
| 54 | 26,0 | 35,5 | 9,5 |
| 55 | 74,6 | 83,6 | 9,0 |
| 56 | 60,2 | 69,0 | 8,8 |
| 57 | 56,2 | 65,3 | 9,1 |
| 58 | 83,8 | 92,9 | 9,1 |
| 59 | 41,2 | 50,1 | 8,9 |
| 60 | 55,5 | 65,1 | 9,5 |
| 61 | 34,8 | 43,8 | 9,0 |
| 62 | 81,6 | 91,0 | 9,3 |
| 63 | 22,4 | 31,6 | 9,2 |
| 64 | 84,6 | 94,2 | 9,6 |
| 65 | 44,1 | 53,8 | 9,7 |
| 66 | 49,2 | 58,5 | 9,4 |
| 67 | 26,1 | 35,1 | 8,9 |
| 68 | 44,9 | 54,2 | 9,3 |
| 69 | 72,9 | 82,6 | 9,7 |
| 70 | 64,7 | 73,9 | 9,3 |
| 71 | 58,2 | 67,5 | 9,3 |
| 72 | 24,7 | 33,6 | 8,9 |
| 73 | 56,2 | 66,0 | 9,8 |
| 74 | 38,9 | 47,8 | 8,9 |
| 75 | 81,9 | 91,0 | 9,1 |
| 76 | 38,9 | 47,8 | 8,9 |
| 77 | 48,0 | 56,9 | 8,9 |
| 78 | 31,7 | 41,0 | 9,3 |
| 79 | 22,1 | 31,2 | 9,1 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 80 | 38,1 | 47,3 | 9,2 |
| 81 | 29,9 | 39,1 | 9,3 |
| 82 | 75,7 | 85,4 | 9,7 |
| 83 | 78,1 | 87,3 | 9,2 |
| 84 | 63,8 | 72,6 | 8,8 |
| 85 | 31,2 | 40,3 | 9,1 |
| 86 | 40,1 | 49,1 | 9,0 |
| 87 | 85,1 | 94,2 | 9,1 |
| 88 | 60,0 | 69,6 | 9,5 |
| 89 | 27,5 | 36,9 | 9,4 |
| 90 | 36,4 | 45,3 | 8,9 |
| 91 | 67,8 | 77,4 | 9,6 |
| 92 | 39,3 | 48,2 | 8,9 |
| 93 | 32,6 | 41,9 | 9,3 |
| 94 | 42,8 | 52,6 | 9,8 |
| 95 | 57,1 | 65,9 | 8,8 |
| 96 | 77,8 | 87,4 | 9,6 |
| 97 | 30,4 | 39,9 | 9,6 |
| 98 | 62,6 | 72,4 | 9,8 |
| 99 | 57,7 | 66,9 | 9,2 |
| 100 | 58,8 | 67,8 | 9,0 |
| PROMEDIO | | | 9,3 |

| AISLAMIENTO ACÚSTICO | | | |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------|
| CAJA 4 | | | |
| Nº | Decibelios en Caja | Decibelios Exterior | Diferencia |
| 1 | 26,6 | 34,6 | 8,0 |
| 2 | 80,4 | 88,4 | 8,0 |
| 3 | 48,6 | 56,0 | 7,4 |
| 4 | 56,6 | 64,6 | 8,0 |
| 5 | 85,1 | 92,7 | 7,6 |
| 6 | 35,5 | 43,7 | 8,2 |
| 7 | 34,3 | 42,6 | 8,3 |
| 8 | 42,1 | 49,7 | 7,6 |
| 9 | 55,9 | 63,7 | 7,8 |
| 10 | 51,2 | 58,7 | 7,5 |
| 11 | 61,0 | 68,9 | 7,9 |
| 12 | 70,7 | 78,6 | 8,0 |
| 13 | 56,1 | 64,3 | 8,1 |
| 14 | 68,7 | 76,7 | 8,0 |
| 15 | 74,1 | 81,6 | 7,5 |
| 16 | 40,6 | 48,7 | 8,1 |
| 17 | 74,9 | 82,4 | 7,5 |
| 18 | 65,9 | 73,8 | 7,8 |
| 19 | 85,3 | 93,2 | 7,9 |
| 20 | 68,9 | 76,8 | 8,0 |
| 21 | 60,9 | 68,7 | 7,8 |
| 22 | 32,5 | 40,5 | 8,0 |
| 23 | 78,9 | 86,3 | 7,4 |
| 24 | 29,5 | 37,5 | 8,1 |
| 25 | 60,9 | 68,8 | 7,9 |
| 26 | 41,1 | 48,5 | 7,5 |
| 27 | 43,9 | 51,9 | 8,0 |
| 28 | 61,0 | 69,2 | 8,2 |
| 29 | 47,4 | 55,5 | 8,1 |
| 30 | 67,5 | 75,3 | 7,8 |
| 31 | 52,4 | 60,7 | 8,3 |
| 32 | 68,3 | 76,4 | 8,0 |
| 33 | 78,4 | 85,8 | 7,4 |



| | | | |
|----|------|------|-----|
| 34 | 79,6 | 87,7 | 8,1 |
| 35 | 62,9 | 70,4 | 7,6 |
| 36 | 59,0 | 66,3 | 7,3 |
| 37 | 38,4 | 46,4 | 8,0 |
| 38 | 76,4 | 84,1 | 7,7 |
| 39 | 57,7 | 66,0 | 8,3 |
| 40 | 23,9 | 31,7 | 7,8 |
| 41 | 77,8 | 85,2 | 7,3 |
| 42 | 57,2 | 65,2 | 8,1 |
| 43 | 68,6 | 76,7 | 8,1 |
| 44 | 27,1 | 35,1 | 8,1 |
| 45 | 53,9 | 62,2 | 8,3 |
| 46 | 82,8 | 90,4 | 7,7 |
| 47 | 46,5 | 53,8 | 7,3 |
| 48 | 60,3 | 68,1 | 7,9 |
| 49 | 30,7 | 38,1 | 7,4 |
| 50 | 33,8 | 42,0 | 8,2 |
| 51 | 75,2 | 82,7 | 7,6 |
| 52 | 59,1 | 66,6 | 7,6 |
| 53 | 32,3 | 40,5 | 8,2 |
| 54 | 64,2 | 72,0 | 7,8 |
| 55 | 41,3 | 49,1 | 7,7 |
| 56 | 69,7 | 77,4 | 7,7 |
| 57 | 34,1 | 41,5 | 7,5 |
| 58 | 78,9 | 87,1 | 8,2 |
| 59 | 48,2 | 56,0 | 7,8 |
| 60 | 61,6 | 69,5 | 7,9 |
| 61 | 67,4 | 75,3 | 7,9 |
| 62 | 22,3 | 30,5 | 8,2 |
| 63 | 60,7 | 68,5 | 7,7 |
| 64 | 54,9 | 62,3 | 7,3 |
| 65 | 27,8 | 35,8 | 8,1 |
| 66 | 52,8 | 60,5 | 7,7 |
| 67 | 71,6 | 79,1 | 7,6 |
| 68 | 69,8 | 77,3 | 7,5 |
| 69 | 62,1 | 69,6 | 7,5 |
| 70 | 55,9 | 63,5 | 7,5 |
| 71 | 50,2 | 57,8 | 7,6 |
| 72 | 29,8 | 37,7 | 7,9 |
| 73 | 71,9 | 79,8 | 7,9 |
| 74 | 36,1 | 43,6 | 7,5 |
| 75 | 45,9 | 53,7 | 7,8 |
| 76 | 49,8 | 57,4 | 7,5 |
| 77 | 33,0 | 41,2 | 8,2 |
| 78 | 79,8 | 87,6 | 7,8 |
| 79 | 28,5 | 36,6 | 8,0 |
| 80 | 61,8 | 70,0 | 8,3 |
| 81 | 58,2 | 66,5 | 8,3 |
| 82 | 31,2 | 38,5 | 7,3 |
| 83 | 28,1 | 35,9 | 7,8 |
| 84 | 68,8 | 76,4 | 7,7 |
| 85 | 73,6 | 80,9 | 7,3 |
| 86 | 45,5 | 53,7 | 8,2 |
| 87 | 35,4 | 43,3 | 7,9 |
| 88 | 56,5 | 64,7 | 8,2 |
| 89 | 22,1 | 30,4 | 8,3 |
| 90 | 54,4 | 61,9 | 7,5 |
| 91 | 75,1 | 82,6 | 7,5 |
| 92 | 29,9 | 38,2 | 8,3 |
| 93 | 42,9 | 50,6 | 7,7 |
| 94 | 77,1 | 85,1 | 8,0 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 95 | 61,4 | 68,9 | 7,4 |
| 96 | 59,9 | 67,9 | 8,0 |
| 97 | 73,5 | 81,8 | 8,3 |
| 98 | 22,4 | 30,5 | 8,1 |
| 99 | 58,4 | 66,2 | 7,8 |
| 100 | 47,0 | 55,0 | 8,1 |
| PROMEDIO | | | 7,8 |

ANEXO 08: DATOS DEL ENSAYO DE AISLAMIENTO TÉRMICO PARA BLOQUES DE CONCRETO CON Y SIN ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO Y MATERIAL PUZOLÁNICO, TOMA DE DATOS PARA LOS 4 MÓDULOS.

| AISLAMIENTO TÉRMICO | | | |
|---------------------|-------------|-------------|------------|
| MÓDULO 1 | | | |
| N° | Temperatura | Temperatura | Diferencia |
| 1 | 11,1 | 13,4 | 2,4 |
| 2 | 9,8 | 12,0 | 2,2 |
| 3 | 7,5 | 10,1 | 2,6 |
| 4 | 6,3 | 9,1 | 2,8 |
| 5 | 7,2 | 9,2 | 2,0 |
| 6 | 5,7 | 8,6 | 2,8 |
| 7 | 5,6 | 8,1 | 2,5 |
| 8 | 3,8 | 6,3 | 2,4 |
| 9 | 5,3 | 8,0 | 2,7 |
| 10 | 6,8 | 9,8 | 2,9 |
| 11 | 9,5 | 11,5 | 2,0 |
| 12 | 10,6 | 13,4 | 2,8 |
| 13 | 11,8 | 14,2 | 2,4 |
| 14 | 12,9 | 15,0 | 2,1 |
| 15 | 4,0 | 6,9 | 2,9 |
| 16 | 5,0 | 7,6 | 2,6 |
| 17 | 7,5 | 9,8 | 2,3 |
| 18 | 8,9 | 11,0 | 2,2 |
| 19 | 10,7 | 13,4 | 2,7 |
| 20 | 11,7 | 14,1 | 2,4 |
| 21 | 13,5 | 15,6 | 2,1 |
| 22 | 12,7 | 15,2 | 2,5 |
| 23 | 12,8 | 15,3 | 2,5 |
| 24 | 11,7 | 14,2 | 2,5 |
| 25 | 10,8 | 13,6 | 2,8 |
| 26 | 10,3 | 12,4 | 2,1 |
| 27 | 9,5 | 11,9 | 2,4 |
| 28 | 9,1 | 11,2 | 2,2 |
| 29 | 8,8 | 11,6 | 2,8 |
| 30 | 8,3 | 10,7 | 2,4 |
| 31 | 6,7 | 9,0 | 2,3 |
| 32 | 6,9 | 9,4 | 2,5 |
| 33 | 6,7 | 8,7 | 2,0 |
| 34 | 5,9 | 8,9 | 3,0 |
| 35 | 6,3 | 8,9 | 2,7 |
| 36 | 3,5 | 6,4 | 2,8 |
| 37 | 4,9 | 7,6 | 2,6 |
| 38 | 6,3 | 8,5 | 2,2 |
| 39 | 6,5 | 9,4 | 2,9 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 40 | 8,3 | 10,7 | 2,4 |
| 41 | 9,0 | 11,4 | 2,5 |
| 42 | 8,8 | 11,8 | 3,0 |
| 43 | 8,8 | 11,7 | 2,9 |
| 44 | 11,5 | 13,8 | 2,4 |
| 45 | 12,3 | 14,7 | 2,4 |
| 46 | 12,9 | 15,6 | 2,7 |
| 47 | 14,1 | 16,2 | 2,0 |
| 48 | 13,7 | 16,1 | 2,4 |
| 49 | 12,8 | 15,7 | 2,9 |
| 50 | 13,7 | 16,2 | 2,6 |
| PROMEDIO | | | 2,5 |

| AISLAMIENTO TÉRMICO | | | |
|---------------------|-------------|-------------|------------|
| MODULO 2 | | | |
| Nº | Temperatura | Temperatura | Diferencia |
| 1 | 3,9 | 6,1 | 2,2 |
| 2 | 4,2 | 7,3 | 3,1 |
| 3 | 6,5 | 9,6 | 3,1 |
| 4 | 9,6 | 11,9 | 2,3 |
| 5 | 10,5 | 13,0 | 2,6 |
| 6 | 12,3 | 15,0 | 2,6 |
| 7 | 12,8 | 15,1 | 2,3 |
| 8 | 10,8 | 13,5 | 2,7 |
| 9 | 10,5 | 12,9 | 2,4 |
| 10 | 8,0 | 10,5 | 2,5 |
| 11 | 6,4 | 9,6 | 3,1 |
| 12 | 6,7 | 9,7 | 3,0 |
| 13 | 5,7 | 8,3 | 2,6 |
| 14 | 6,3 | 8,8 | 2,5 |
| 15 | 4,3 | 6,7 | 2,3 |
| 16 | 5,3 | 7,5 | 2,2 |
| 17 | 6,3 | 9,4 | 3,1 |
| 18 | 9,0 | 11,8 | 2,9 |
| 19 | 11,0 | 13,5 | 2,5 |
| 20 | 11,8 | 14,6 | 2,8 |
| 21 | 12,8 | 16,0 | 3,2 |
| 22 | 12,6 | 15,1 | 2,5 |
| 23 | 12,2 | 15,4 | 3,2 |
| 24 | 11,7 | 14,3 | 2,6 |
| 25 | 10,7 | 13,3 | 2,7 |
| 26 | 9,9 | 12,2 | 2,3 |
| 27 | 8,4 | 11,6 | 3,2 |
| 28 | 8,1 | 11,1 | 3,0 |
| 29 | 4,3 | 6,7 | 2,4 |
| 30 | 5,5 | 7,9 | 2,4 |
| 31 | 6,5 | 8,7 | 2,2 |
| 32 | 6,3 | 9,0 | 2,7 |
| 33 | 8,3 | 10,6 | 2,3 |
| 34 | 9,0 | 11,3 | 2,3 |
| 35 | 9,6 | 11,8 | 2,2 |
| 36 | 8,1 | 11,1 | 3,0 |
| 37 | 8,0 | 10,8 | 2,9 |
| 38 | 6,6 | 9,5 | 3,0 |
| 39 | 7,6 | 9,9 | 2,3 |
| 40 | 5,4 | 8,5 | 3,1 |
| 41 | 5,3 | 8,4 | 3,1 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 42 | 6,3 | 8,9 | 2,6 |
| 43 | 9,2 | 11,8 | 2,6 |
| 44 | 10,9 | 13,5 | 2,6 |
| 45 | 11,9 | 14,5 | 2,5 |
| 46 | 12,8 | 15,3 | 2,6 |
| 47 | 14,0 | 16,6 | 2,6 |
| 48 | 14,3 | 16,7 | 2,3 |
| 49 | 12,3 | 15,2 | 2,9 |
| 50 | 13,5 | 16,4 | 2,9 |
| PROMEDIO | | | 2,7 |

| AISLAMIENTO TÉRMICO | | | |
|---------------------|-------------|-------------|------------|
| MODULO 3 | | | |
| N° | Temperatura | Temperatura | Diferencia |
| 1 | 12,0 | 15,9 | 4,0 |
| 2 | 12,3 | 15,9 | 3,6 |
| 3 | 10,3 | 14,1 | 3,8 |
| 4 | 9,8 | 13,6 | 3,7 |
| 5 | 9,4 | 12,8 | 3,4 |
| 6 | 8,1 | 11,4 | 3,3 |
| 7 | 8,1 | 11,5 | 3,5 |
| 8 | 6,9 | 10,5 | 3,6 |
| 9 | 6,1 | 10,1 | 4,0 |
| 10 | 4,2 | 8,2 | 4,0 |
| 11 | 4,2 | 8,3 | 4,1 |
| 12 | 4,2 | 7,5 | 3,4 |
| 13 | 2,1 | 6,1 | 4,0 |
| 14 | 2,7 | 6,4 | 3,7 |
| 15 | 3,4 | 6,9 | 3,5 |
| 16 | 4,1 | 7,9 | 3,8 |
| 17 | 6,4 | 9,7 | 3,3 |
| 18 | 7,8 | 11,7 | 3,9 |
| 19 | 9,8 | 13,8 | 4,0 |
| 20 | 10,7 | 14,3 | 3,6 |
| 21 | 12,2 | 15,7 | 3,5 |
| 22 | 9,5 | 13,3 | 3,8 |
| 23 | 11,1 | 14,2 | 3,1 |
| 24 | 11,6 | 15,1 | 3,5 |
| 25 | 12,4 | 16,5 | 4,0 |
| 26 | 12,5 | 16,1 | 3,6 |
| 27 | 11,1 | 15,1 | 4,0 |
| 28 | 12,9 | 16,4 | 3,4 |
| 29 | 2,6 | 6,0 | 3,5 |
| 30 | 4,0 | 7,5 | 3,5 |
| 31 | 6,5 | 9,7 | 3,2 |
| 32 | 7,8 | 11,4 | 3,6 |
| 33 | 10,5 | 13,6 | 3,1 |
| 34 | 11,1 | 14,4 | 3,3 |
| 35 | 11,9 | 15,9 | 4,0 |
| 36 | 8,0 | 12,0 | 4,0 |
| 37 | 9,5 | 12,9 | 3,4 |
| 38 | 9,5 | 13,1 | 3,5 |
| 39 | 10,5 | 13,8 | 3,2 |
| 40 | 7,8 | 11,9 | 4,1 |
| 41 | 8,0 | 12,0 | 4,0 |
| 42 | 5,8 | 9,4 | 3,6 |
| 43 | 7,1 | 10,5 | 3,5 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 44 | 7,7 | 11,1 | 3,4 |
| 45 | 8,2 | 12,0 | 3,8 |
| 46 | 11,5 | 14,9 | 3,4 |
| 47 | 11,1 | 14,5 | 3,4 |
| 48 | 12,4 | 15,8 | 3,4 |
| 49 | 11,6 | 15,6 | 4,1 |
| 50 | 12,6 | 15,9 | 3,4 |
| PROMEDIO | | | 3,6 |

| AISLAMIENTO TÉRMICO | | | |
|---------------------|-------------|--------------------|------------|
| MODULO 4 | | | |
| N° | Temperatura | Temperatura MODULO | Diferencia |
| 1 | 6,2 | 8,6 | 2,4 |
| 2 | 4,7 | 8,0 | 3,3 |
| 3 | 8,2 | 11,2 | 3,0 |
| 4 | 11,0 | 14,3 | 3,3 |
| 5 | 12,1 | 14,8 | 2,8 |
| 6 | 11,8 | 15,0 | 3,2 |
| 7 | 11,1 | 13,5 | 2,5 |
| 8 | 10,4 | 13,8 | 3,3 |
| 9 | 12,1 | 14,7 | 2,6 |
| 10 | 11,7 | 14,5 | 2,9 |
| 11 | 12,8 | 15,5 | 2,7 |
| 12 | 12,1 | 14,7 | 2,6 |
| 13 | 11,9 | 15,1 | 3,2 |
| 14 | 12,0 | 14,7 | 2,7 |
| 15 | 4,4 | 7,6 | 3,2 |
| 16 | 7,2 | 9,8 | 2,6 |
| 17 | 9,1 | 11,8 | 2,7 |
| 18 | 10,9 | 13,6 | 2,7 |
| 19 | 11,5 | 14,9 | 3,3 |
| 20 | 12,3 | 15,1 | 2,8 |
| 21 | 9,5 | 12,2 | 2,7 |
| 22 | 10,4 | 13,0 | 2,6 |
| 23 | 9,7 | 12,9 | 3,2 |
| 24 | 12,0 | 14,9 | 2,9 |
| 25 | 7,4 | 10,1 | 2,7 |
| 26 | 7,2 | 10,5 | 3,2 |
| 27 | 6,2 | 9,2 | 3,0 |
| 28 | 7,4 | 10,3 | 2,8 |
| 29 | 6,4 | 9,4 | 3,1 |
| 30 | 6,2 | 9,0 | 2,8 |
| 31 | 11,1 | 14,0 | 2,9 |
| 32 | 11,3 | 14,0 | 2,7 |
| 33 | 13,0 | 15,9 | 2,9 |
| 34 | 12,7 | 15,7 | 3,0 |
| 35 | 13,0 | 16,1 | 3,1 |
| 36 | 4,3 | 7,4 | 3,0 |
| 37 | 6,7 | 9,9 | 3,2 |
| 38 | 8,5 | 11,2 | 2,7 |
| 39 | 10,9 | 13,9 | 3,0 |
| 40 | 12,2 | 14,8 | 2,6 |
| 41 | 12,7 | 15,1 | 2,4 |
| 42 | 13,3 | 15,8 | 2,5 |
| 43 | 8,3 | 10,7 | 2,4 |
| 44 | 9,4 | 12,6 | 3,2 |
| 45 | 9,9 | 12,9 | 3,0 |
| 46 | 13,0 | 15,7 | 2,7 |
| 47 | 14,3 | 16,9 | 2,6 |
| 48 | 13,0 | 15,8 | 2,8 |



| | | | |
|----------|------|------|-----|
| 49 | 13,2 | 15,7 | 2,5 |
| 50 | 13,8 | 16,2 | 2,5 |
| PROMEDIO | | | 2,9 |