

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245  
KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA -  
PUTINA - PUNO, 2017**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**ISAAC MILTON CACERES PACHARI**

**JOSE LUIS LARICO TITO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERU**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245 KG/CM<sup>2</sup>  
CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO,  
2017

TESIS PRESENTADO POR

ISAAC MILTON CACERES PACHARI  
JOSE LUIS LARICO TITO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL



APROBADO POR:

PRESIDENTE:

Ing. WALTER HUGO LIPA CONDORI

PRIMER MIEMBRO:

Ing. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO:

Ing. HERNAN P. COLORADO HUANCA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Infraestructura y Construcciones  
SUB LÍNEA: Tecnología de materiales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 DE DICIEMBRE DEL 2017

## DEDICATORIA

*A Dios por su gracia y bendiciones.*

*A mis queridos padres: Juan Caceresy Inocencia Pachari, quien con sus sabios consejos han sabido guiarme para concluir mi carrera profesional.*

*A mis hermanos Marleny, Carmen, Monica y Javier quienes con su apoyo, consejos y enseñanzas me ayudaron a seguir adelante, y demostrarme que la familia es lo más importante que uno pueda tener.*

*A mis amigos de la promoción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en especial a mi compañero Jose Luis, por compartir juntos la alegría y el fruto de una larga investigación..*

***Isaac Milton.***

***Jose Luis***

*A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llevarme de su fuerza para poder vencer todos los obstáculos.*

*A mis queridos padres: Luis y Primitiva, quienes han sido pilar fundamental en mi formación.*

*A mis hermanos, compañeros y amigos que siempre estuvieron compartiendo la vida y amistad junto a mí.*

*A todos ellos.....Muchas Gracias.*

## AGRADECIMIENTO

A nuestra institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

A nuestros jurados, Ing. Walter Hugo Lipa Condori, Ing. Gleny Zoila de la Riva Tapia e Ing. HernanParmenio Colorado Huanca; por sus sabios consejos e inculcación de esfuerzo, respeto y disciplina.

A nuestro Director y/o Asesor de Tesis, Dr. Samuel HuaquistoCaceres, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción del presente proyecto.

Al ing. Guillermo Isidro Perca encargado del laboratorio de construcciones y al Ing. Gino F. Laque Córdoba jefe de Laboratorio de Construcciones, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

A nuestros compañeros y amigos de promoción, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas con nosotros. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>17</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	17
1.1.1 PROBLEMA GENERAL. ....	17
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3 HIPÓTESIS .....	19
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	19
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	19
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>20</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	20
2.2 EL CONCRETO .....	21
2.3 CEMENTO.....	21
2.4 AGUA .....	21
2.5 RELAVE.....	22
2.6 AGREGADOS.....	22
2.6.1 AGREGADO FINO.....	23
2.6.2 AGREGADO GRUESO .....	28
2.7 CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	36

2.7.1	TRABAJABILIDAD.....	36
2.8	CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	38
2.8.1	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	38
2.8.2	DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	39
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>40</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>		<b>40</b>
3.1	PROCEDENCIA Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN .....	40
3.1.1	CANTERA.....	40
3.1.2	AGREGADO FINO.....	40
3.1.3	AGREGADO GRUESO.....	50
3.1.4	RELAVE MINERO UTILIZADO.....	57
3.1.5	CEMENTO UTILIZADO.....	60
3.1.6	AGUA.....	61
3.2	PREPARACIÓN DEL CONCRETO .....	61
3.2.1	MÉTODO DE DISEÑO DEL ACI.....	61
3.2.2	ELABORACIÓN DE TESTIGOS.....	68
3.2.3	PROCESO DE CURADO DE TESTIGOS.....	70
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS).....	71
3.3.1	Prueba de hipótesis a los 7 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	72
3.3.2	Prueba de hipótesis a los 14 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	77
3.3.3	Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	81
3.3.4	Prueba de hipótesis a los 7 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	86
3.3.5	Prueba de hipótesis a los 14 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	90

3.3.6 Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero) .....	95
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>100</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>100</b>
4.1. RESULTADO.....	100
4.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F' C = 175$ KG/CM <sup>2</sup> .....	100
4.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F' C = 210$ KG/CM <sup>2</sup> .....	104
4.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F' C = 245$ KG/CM <sup>2</sup> .....	108
4.2. DISCUSION .....	112
4.2.1 GENERALIDADES .....	112
4.2.2 AGREGADOS .....	113
4.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	113
4.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	118
4.2.5 ANÁLISIS DE COSTO:.....	121
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>128</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>128</b>
CONCLUSION GENERAL.....	128
CONCLUSIONES ESPECÍFICOS.....	128
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>130</b>
<b>CAPITULO VIII .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>132</b>
ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO .....	132

<i>ANEXO A-1: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.....</i>	<i>132</i>
<i>ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 175 KG/CM2. ....</i>	<i>138</i>
<i>ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 210 KG/CM2. ....</i>	<i>141</i>
<i>ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 245 KG/CM2. ....</i>	<i>144</i>
<i>ANEXO B: CERTIFICADO DE LABORATORIOS ANALÍTICOS DEL SUR.....</i>	<i>147</i>
<i>ANEXO C: CERTIFICADO DE LABORATORIO E. P. QUIMICA (PESO ESPECÍFICO DE RELAVE MINERO) .....</i>	<i>150</i>
<i>ANEXO D: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</i>	<i>151</i>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Curvas envolventes para el agregado fino, según norma NTP 400.037.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Equipo para prueba de consistencia.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3. Prueba de consistencia .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4. Extracción del material de la Cantera del rio Uyuni .....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 5. Colocado Selección del tamaño máximo del Agregado Grueso 1” .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6. Se observa el cuarteo del agregado fino. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7. Se puede apreciar el tamizado del agregado fino. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8. Se observa el material pasante del agregado fino.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9. Curva granulométrica del agregado fino.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 10. Contenido de humedad del agregado fino y grueso. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 11. Agregado fino en estado (SSS) después del apisonado. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12. Sometiendo el picnómetro a baño maria.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13. Control de temperatura del agua.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 14. Enrasado y pesado del recipiente con la muestra para el cálculo del Peso Unitario Suelto.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 15. Grafico de la Curva granulométrica del agregado grueso.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16. Tamizado del agregado grueso.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17. Se observa las cantidades retenidos del tamizado.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18. Se observa cuarteo del agregado grueso.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 19. Se observa el pesado del agregado grueso en SSS .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 20. Colocación del agregado grueso al recipiente para el cálculo del P. U. Suelto y compactado.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21. Recojo del relave minero.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 22. Secado y tamizado del relave minero. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Ensayo para determinar peso específico del relave. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 24. Evaluación de la Emisión de Gases al momento de la combustión.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25. Preparación de los moldes para el vaciado del concreto.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 26. Pesado de los materiales para el diseño del concreto.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 27. Extracción Mezclado del concreto de diseño .....</i>	<i>70</i>

*Figura 28. Moldes vaciados con concreto, para su posterior desencofrado luego de 24 horas de vaciado.*  
..... 70

*Figura 29. Curado de los testigos.*..... 71

*Figura 30. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 75

*Figura 31. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 79

*Figura 32. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 84

*Figura 33. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 88

*Figura 34. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 93

*Figura 35. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.*..... 97

*Figura 36. Rotura de briquetas de 6"x12" y de 4"x8" respectivamente.* ..... 112

*Figura 37. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.* ..... 114

*Figura 38. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero*..... 115

*Figura 39. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.* ..... 116

*Figura 40. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero*..... 116

*Figura 41. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.* ..... 117

*Figura 42. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero*..... 118

*Figura 43. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave  
minero.*..... 119

*Figura 44. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave  
minero.*..... 120

*Figura 45. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave  
minero.*..... 121

*Figura 46. Variación del concreto en porcentajes.*..... 123

*Figura 47. Variación del concreto en porcentajes.*..... 125

*Figura 48. Variación del concreto en porcentajes.*..... 127

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Requisitos granulométricos para el agregado fino .....</i>	24
<i>Tabla 2. Límites granulométricos para el agregado grueso.....</i>	30
<i>Tabla 3. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso. ....</i>	33
<i>Tabla 4. Clases de mezcla según su asentamiento. ....</i>	36
<i>Tabla 5. Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.....</i>	39
<i>Tabla 6. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino. ....</i>	45
<i>Tabla 7. Datos obtenidos en laboratorio para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	47
<i>Tabla 8. Resultados peso específico (gr/cm<sup>3</sup>) y % de absorción del agregado fino.....</i>	48
<i>Tabla 9. Resultados del Peso Unitario Suelto del agregado fino. ....</i>	49
<i>Tabla 10. Resultados del Peso Unitario Compactado del agregado fino. ....</i>	50
<i>Tabla 11. Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.....</i>	53
<i>Tabla 12. Datos obtenidos en laboratorio para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso. ....</i>	55
<i>Tabla 13. Resultados Peso específico (gr/cc) y % de absorción del agregado grueso.....</i>	56
<i>Tabla 14. Resultados del Peso Unitario Suelto del agregado Grueso. ....</i>	57
<i>Tabla 15. Resultados del Peso Unitario Compactado del agregado grueso. ....</i>	57
<i>Tabla 16. Análisis químico del relave minero utilizado .....</i>	59
<i>Tabla 17. Análisis químico del relave minero utilizado .....</i>	59
<i>Tabla 18. Análisis químico del relave minero utilizado .....</i>	60
<i>Tabla 19. Características físicas y químicas del relave minero.....</i>	60
<i>Tabla 20. Características físicas de los materiales para el diseño. ....</i>	61
<i>Tabla 21. Resistencia a la compresión promedio .....</i>	62
<i>Tabla 22. Volumen Unitario de agua .....</i>	63
<i>Tabla 23. Contenido de Aire atrapado .....</i>	63
<i>Tabla 24. Relación Agua - Cemento por resistencia .....</i>	64

<i>Tabla 25. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 26. Resumen de materiales en peso. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 27. Resumen de materiales en peso. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 28. Resumen de materiales en peso. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 29. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 7 días .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 30. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 7 días de edad. ....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 31. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 32. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 14 días.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 33. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 14 días de edad. ....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 34. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 35. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 28 días.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 36. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 28 días de edad. ....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 37. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 38. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 7 días .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 39. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 7 días de edad. ....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 40. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 41. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 14 días.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 42. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 14 días de edad. ....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 43. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 44. Cálculo del estadístico de prueba <math>t_p</math> para el concreto a una edad de 28 días.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 45. Decisión de la hipótesis <math>H_0</math> con el <math>t_p</math> para el concreto a 28 días de edad. ....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 46. Resumen de análisis de datos con el estadístico <math>t</math> de student .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 47. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero) .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 48. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero) .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 49. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero) .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 50. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero) .....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 51. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero) .....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 52. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero) .....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 53. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero) .....</i>	<i>106</i>

<i>Tabla 54. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero) .....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 55. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero) .....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 56. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero) .....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 57. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero) .....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 58. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero) .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 59. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para <math>f'c=175</math> kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 60. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 61. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para <math>f'c=245</math> kg/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 62. Resistencia a la compresión promedio obtenido de <math>f'c=175</math> gk/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 63. Resistencia a la compresión promedio obtenido de <math>f'c=210</math> gk/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 64. Resistencia a la compresión promedio obtenido de <math>f'c=245</math> gk/cm<sup>2</sup>.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 65. Costo del concreto patrón de <math>f'c=175</math> gk/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 66. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 67. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 68. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 69. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 70. Costo del concreto patrón de <math>f'c=210</math> gk/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 71. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 72. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 73. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 74. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 75. Costo del concreto patrón de <math>f'c=245</math> gk/cm<sup>2</sup> .....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 76. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 77. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 78. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 79. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:.....</i>	<i>127</i>

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>F'c</b>	: Resistencia de diseño a la compresión.
<b>F'cr</b>	: Resistencia promedio de diseño a la compresión.
<b>a/c</b>	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
<b>W%</b>	: Contenido de humedad.
<b>C°</b>	: Definición conocida al Concreto.
<b>IP</b>	: Cemento Pozolánico.
<b>T°</b>	: Temperatura.
<b>°C</b>	: Grados centígrados.
<b>V</b>	: Volumen.
<b>TMN</b>	: Tamaño máximo nominal
<b>PES</b>	: Peso específico de los sólidos.
<b>PESSS</b>	: Peso específico de sólidos saturados con superficie seca.
<b>PUS</b>	: Peso unitario suelto
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana.
<b>ASTM</b>	: Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

## RESUMEN

Esta investigación es un estudio experimental de la resistencia a la compresión del concreto adicionado con relave minero, uno de los principales que tiene la industria es la adecuada disposición y almacenaje de los subproductos del procesamiento de los minerales, los relaves mineros no son tan utilizados y se desconocen sus posibles aplicaciones, el propósito principal es evaluar la resistencia a la compresión, propiedades del relave minero y su impacto ambiental y por último el análisis económico con el uso del relave. La metodología para el uso del relave como adición puzolánico consistió en preparar mezclas de concreto  $f'c=175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$  con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento Portland Puzolánico IP por relave (se han adicionado reemplazos de orden 3%, 6% y 9%). La resistencia más alta obtenida a la compresión en 28 días es  $182 \text{ kg/cm}^2$  para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $218 \text{ kg/cm}^2$  para  $210 \text{ kg/cm}^2$ , se propone usar concretos con relave minero incorporado de 3% y 6% para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  se asemeja a la resistencia, para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  al adicionar 3% de relave minero es el que más se asemeja al diseño y para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$  no llegan a la resistencia. Se utilizaron testigos de concreto de 4" de diámetro con 8" de altura y de 6" de diámetro con 12" de altura un total de 144 testigos; las propiedades de los testigos de concreto fueron observadas a las edades de 7, 14 y 28 días; con un curado a una temperatura promedio de  $13^\circ\text{C}$  (temperatura del agua y del medio normal en nuestra zona).

**PALABRAS CLAVES:** Relave minero – Resistencia a la compresión – Diseño de mezcla – Concreto.

## ABSTRACT

This investigation of an experimental study of the compressive strength of concrete added with mine tailings, one of the main ones that the industry has is the adequate disposal and storage of the byproducts of mineral processing, the tailings are not used so much and Its possible applications are unknown, the main purpose of evaluating the resistance to compression, properties of the mining tailings and their environmental impact and finally the economic analysis with the use of the tailings. The methodology for the use of the tailings as a pozzolanic addition consisted of preparing concrete mixtures  $f'c = 175, 210$  and  $245 \text{ kg / cm}^2$  with different percentage of replacement of Portland Pozzolanic Portland cement per tail (replacements of order 3% have been added, 6% and 9%). The highest compressive strength obtained in 28 days is  $182 \text{ kg / cm}^2$  for  $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  and  $218 \text{ kg / cm}^2$  for  $210 \text{ kg / cm}^2$ , it is proposed to use concrete with incorporated mining tailings of 3% and 6% for  $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  it resembles the resistance, for  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  when adding 3% of mine tailings it is the one that most resembles the design and for  $f'c = 245 \text{ kg / cm}^2$  no they reach resistance. Concrete witnesses of 4 "diameter with 8" height and 6 "diameter with 12" height were used a total of 144 witnesses; the properties of the concrete witnesses were observed at the ages of 7, 14 and 28 days; with a cure at an average temperature of  $13^\circ \text{C}$  (water temperature and the normal average in our area)

**KEYWORDS:** Mining tailings - Compressive strength - Mix design – Concrete.



## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los relaves mineros dejados por todo el proceso de la actividad minera contienen altas concentraciones de químicos y metales pesados con alto poder contaminante por lo que son ubicados en canchas o posas donde se busca que se sequen y se estratifique por capas.

En el actual contexto “ecológico” de la minería, uno de los problemas que tiene la industria es la adecuada disposición y almacenaje de los subproductos del procesamiento de los minerales, comúnmente denominados “relaves”.

La adición de relave minero en el concreto busca reutilizar sin afectar al medio ambiente y reducir la contaminación ambiental, incrementar el tiempo de servicio de los depósitos de relave.

Para la evaluación de las mezclas de concreto con adiciones de relave minero como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP, ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos garantizar cómo influirá el relave minero en el concreto.

##### 1.1.1 PROBLEMA GENERAL.

- ¿Cómo influye la adición del relave minero en las resistencias a la compresión del concreto normal  $f'c$  175, 210 y 245 kg/cm<sup>2</sup> y costo unitario de producción?

##### 1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cómo influye la adición del relave minero en las resistencias del concreto normal  $f'c$  175, 210 y 245 kg/cm<sup>2</sup> en porcentajes de 3%, 6% y 9% como sustituto en peso del cemento puzolánico IP?
- ¿Cuál es la relación costo beneficio entre el concreto normal y el concreto adicionando con relave minero?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El cemento Portland es un material que se utiliza ampliamente en la construcción de viviendas, puentes, vías, entre otras aplicaciones. En la actualidad existe un notable interés en la búsqueda de materiales cementantes que permitan mejorar la resistencia mecánica, la respuesta al ataque de los ácidos, y que favorezcan ciertas propiedades funcionales del concreto como la conductividad eléctrica, el apantallamiento contra la radiación electromagnética, y la radiación ionizada, entre otras. De otra parte, con el fin de reducir costos en la producción del cemento, reutilizar desechos industriales y la búsqueda de cementos con características especiales, se viene proponiendo la adición de algunos de estos mismos desechos para aprovechar la naturaleza puzolánica que algunos presentan. En este documento se estudia la adición del  $\text{SiO}_2$ , obtenido de la cascarilla de arroz, al Cemento Portland común y el efecto que esta materia prima tiene sobre el comportamiento mecánico del concreto fabricado con ella. (Mafla, 2009)

Durante muchos años se viene trabajando con dosificaciones de concreto, para diferentes factores de resistencia, empleando material: agregado, cemento, Agua y aditivo si fuera el caso. Destinados en la industria de la construcción, tales como: edificaciones, pavimentos, canales de irrigación, presas, etc. Generando altos costos en la producción de los mismos, debido que forma parte elemental en la materialización de infraestructuras, según tipo de uso y composición. Por ello en estos últimos tiempos se han venido planteando formas de elaborar concretos, adicionando diferentes productos, sobre todos Procedentes del reciclaje. Como parte del coste que resulta económicamente, aplicar en la industria de la construcción.

Con respecto a los relaves mineros, éstos son variados y sus características dependen del mineral específico que se extrae. Los relaves son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Una vez que las rocas con contenido mineral han sido chancadas y molidas, éstas pasan a través de un conjunto de procesos físicos y químicos. Luego del procesamiento adecuado que reduce el contenido de agua y estabiliza el contenido químico existente en la mezcla, el relave es depositado y almacenado con poca utilidad.

### 1.3 HIPÓTESIS

#### 1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.

- La adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento, mejora las resistencias a la compresión del concreto normal  $f'c=175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual permite disminuir la contaminación ambiental y el costo de producción.

#### 1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

- La adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento, mejora la resistencia a la compresión del concreto normal  $f'c=175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$ .
- El costo del concreto normal  $f'c=175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$  adicionando con relave minero resulta menor al concreto normal.

### 1.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO

#### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Determinar la influencia del relave minero en el diseño de mezcla de concreto  $F'c=175, 210$  y  $245 \text{ Kg/cm}^2$  y optimización de costo en la elaboración del concreto, en el distrito de Ananea, Provincia de Putina – Puno.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la resistencia a compresión del concreto a  $F'c=175, 210$  y  $245 \text{ Kg/cm}^2$  con adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento.
- Determinar los costos de producción del concreto en porcentajes de 0, 3, 6 y 9% con respecto al peso del cemento.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

Una de las tareas más importantes del proyectista es asegurar la resistencia y durabilidad de un concreto con resistencia requerida cualesquiera, de acuerdo al tipo de uso en infraestructura.

En el año 2010, se realizó la Investigación denominado: "Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con Productos cementicios" cuya investigación presenta los resultados Experimentales obtenidos en el estudio que realizara, al relave minero de tres unidades relaveras: relave MWH, relave de Andaychagua (Junin -Perú) y relave de Pallancata (Ayacucho - Perú)(Anicama, 2010). En el cual contemplan estudios y ensayos a los materiales involucrados (Agregados, cemento, relaves), ensayos al concreto en estado fresco y ensayos al concreto en estado endurecido. Siendo los principales y más importantes los ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39 C39M), tracción por compresión diametral (ASTM C496 C496M) y abrasión (ASTM C944 C44M).

Elaborando un concreto patrón y tres muestras de concreto adicionando relave minero en función al porcentaje de reemplazo de cemento por relave. Para dichos diseños se escogieron porcentajes de reemplazo del orden del 10%, 15%, 20% y 25%, generando un comportamiento cada uno. Dichos concretos fueron sometidos a la resistencia de la compresión axial del concreto. Ningún diseño llegó por lo menos a igualar la resistencia del concreto patrón. Los concretos que se acercaron más fueron los concebidos con los diseños MWH al 10% (88.17%) y Andaychagua al 10% (86.31%). Estos valores están muy cercanos al concreto patrón, puede decirse que en ambos casos se llegó al 90% de la resistencia del concreto Patrón. Luego de establecer un puntaje a cada diseño de mezcla se observó que el concreto que presentó el mejor comportamiento fue el GA-ANDAY (10%), que es un diseño con reemplazo del 10% de cemento en peso por el relave Andaychagua.

Finalmente(Anicama, 2010) concluye analizando el comportamiento del diseño GA-ANDAY(25%) obtenemos 100Kg/cm<sup>2</sup> con sólo 189.5 Kg de cemento. Según la experiencia de UNICON para obtener una resistencia de 100 Kg/cm<sup>2</sup> se utiliza 210 Kg de cemento, por lo tanto, obtenemos un ahorro de 20.5Kg/m<sup>3</sup> de cemento, que se traduce en 2.83 \$/m<sup>3</sup>. En general se demuestra que para concretos de baja resistencia se pueden obtener ahorros considerables de Cemento.

## 2.2 EL CONCRETO

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

“La pasta, compuesta de cemento portland y agua unen los agregados, creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua” (PCA, 2004, p.1).

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia(Abanto, 1995).

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto(Abanto, 1995).

## 2.3 CEMENTO

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de fraguar y endurecer, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva, 2010).

## 2.4 AGUA

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los

requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

## 2.5 RELAVE

Es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros de la concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales (o sin valor comercial), aunque también se encuentran bajas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, plomo, mercurio y metaloides como el arsénico.

Son los residuos resultantes del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. El relave está compuesto por material sólido de tamaño muy pequeño, incluso menor al de la arena formando un compuesto similar al lodo.

## 2.6 AGREGADOS

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica de concreto (Rivva, 2010).

Los agregados también son llamados áridos, que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta cemento.

Se clasifican en:

- Agregados Finos
- Agregados Gruesos
- Hormigón: corresponde a mezcla natural de Grava y Arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc. El emplear el hormigón en la elaboración del concreto este deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto (Abanto, 1994).

### 2.6.1 AGREGADO FINO

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas, que pasan por el tamiz 3/8" (9.52mm) y que es retenida en el tamiz N°200 (0.074mm) NTP400.037. (Abanto, 1994).

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC E 204-2000, El cual está basado según a las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 para separar el agregados grueso y fino.

#### 2.6.1.1 GRANULOMETRÍA (NTP 400.012)

El conocimiento de la composición granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes, pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior.

Estas partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá si sus volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla. Por lo que concluimos que una granulometría optima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un óptimo contenido de cemento. En general se considera que las granulometrías sean continuas, es decir aquellas en las que el tamaño de las partículas varía del más fino al más grueso siguiendo una ley uniforme, son las más satisfactorias, no siendo deseable que en cada tamiz sean retenidos porcentajes iguales.

La experiencia ha demostrado que es posible obtener concretos de calidad empleando agregados con granulometrías discontinuas; es decir excluyentes de determinados tamaños de agregados, siendo la principal desventaja de estas la posibilidad de una mayor segregación, la corrección de la granulometría del agregado fino por

tamizado y recombinación, puede ser costosa e impracticable, para el agregado grueso puede ser fácilmente realizada (Rivva, 2000).

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas: N°4 a N°100.
- El agregado no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualquiera.
- En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla1. Requisitos granulométricos para el agregado fino

TAMIZ MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
9.5mm (3/8 pulg)	100
4.75mm(N°4)	95 a 100
2.36mm(N°8)	80 a 100
1.18mm(N°16)	50 a 85
600µm(N°30)	25 a 60
300µm(N°50)	05 a 30
150µm(N°100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

Con los datos de la tabla 1, dibujamos la curva envolvente, lo cual se muestra en la siguiente figura:

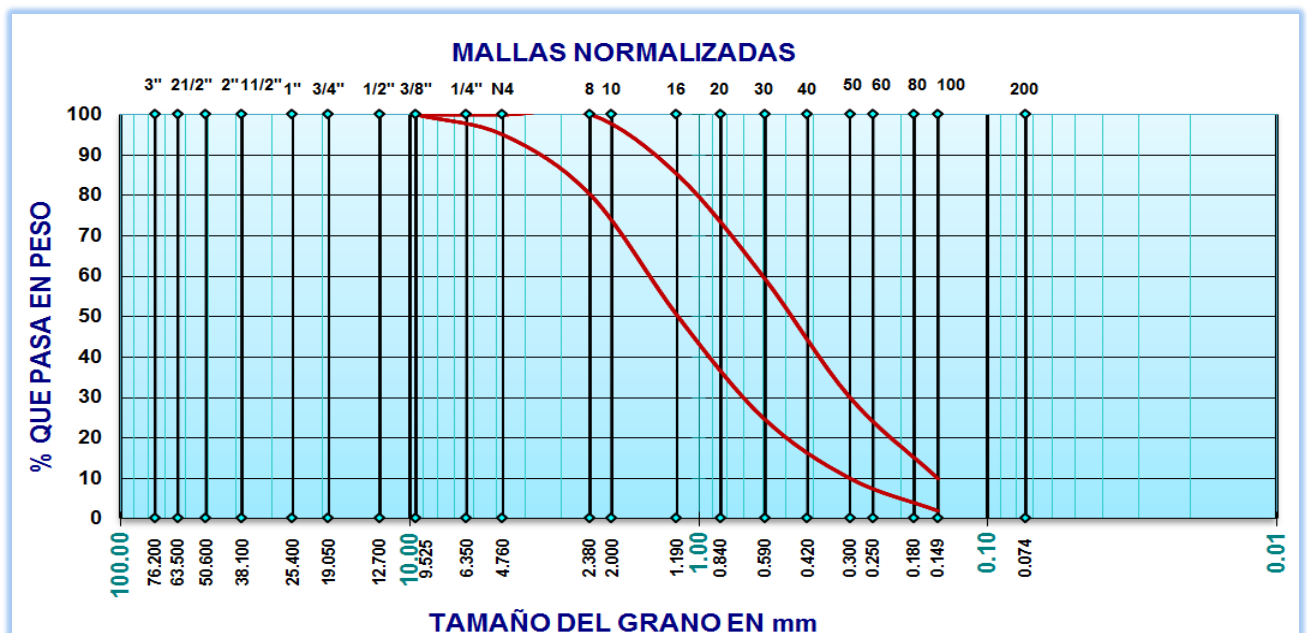


Figura 1. Curvas envolventes para el agregado fino, según norma NTP 400.037

Fuente: Elaboración propia



### 2.6.1.2 MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)

Criterio Establecido en 1925 por DuffAbrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizado. (Sánchez, 2015)

Según la norma ASTM establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30 - 3.10, donde el valor más alto indica una gradación más gruesa.

Se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 - 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100(Abanto, 1995).

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

### 2.6.1.3 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante porque puede hacer variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido de Humedad del Agregado Fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

### 2.6.1.4 PESO ESPECÍFICO (NTP 400.022)

La NTP, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino

### 2.6.1.5 ABSORCIÓN (NTP 400.022)

Este ensayo nos permite determinar el porcentaje de absorción (después de 24

horas en el agua).

Según la NTP, la absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco. (Tufino, 2009).

### **PESO ESPECÍFICO DE LOS SOLIDOS**

$$P.e.s = \frac{W_s}{(W_m - V)}$$

Donde

$P.e.s$  : Peso específico de sólidos.

$W_s$  : Peso seco de la muestra.

$W_m$  : Peso de la muestra.

$V$  : Volumen de la muestra.

### **PESO ESPECÍFICO DE SOLIDOS SATURADO CON SUPERFICIE SECA**

$$P.e.SSS = \frac{W_{SSS}}{(W_m - V)}$$

### **PESO ESPECÍFICO APARENTE**

$$P.e.a = \frac{W_s}{(W_m - V) - (W_{SSS} - W_s)}$$

### **ABSORCIÓN**

$$\%Abs = \frac{W_{SSS} - W_s}{W_s} \times 100$$

### 2.6.1.6 PESO UNITARIO (NTP 400.017)

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza determinado volumen unitario. El peso unitario está influenciado por: la gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de factores externos como: grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen. (Calla, 2013).

Es el cociente de dividir, el peso de las partículas del agregado entre el volumen de las mismas, considerando los vacíos entre ellas (volumen aparente). Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico. Su determinación en el laboratorio no siempre corresponde al que se obtiene en condiciones de obra, ya que varía según las condiciones intrínsecas del agregado como: su forma, su granulometría y tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma de colocación. (Tufino, 2009)

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

#### a) PESO UNITARIO SUELTO: (P.U.S.)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "Peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

#### b) PESO UNITARIO COMPACTADO: (P.U.C.)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

### **2.6.2 AGREGADO GRUESO**

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o norma NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

#### **a) GRAVAS**

Comúnmente llamados "Canto Rodado", es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la desintegración natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en formas más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1 700 kg/m<sup>3</sup>. (Abanto, 1994)

#### **b) PIEDRA PARTIDA O CHANCADA**

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es dar volumen y apoyar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. (Abanto, 1994)

Para la presente investigación se ha utilizado el agregado grueso procedente de la cantera "Rio Uyuni" - Putina.

El agregado de esta cantera es de origen sedimentario, donde la acción erosiva de las aguas pluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales, nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados de canto rodado. (Calla, 2013)

### **2.6.2.1 GRANULOMETRÍA NTP 400.012**

Denominado también análisis granulométrico, viene a ser la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Si un agregado no está dentro del huso granulométrico se puede ajustar separando el material pasándolo por una malla intermedia en las proporciones debidas. No interesa que las curvas estén fuera del huso granulométrico, lo que importa es que la combinación cumpla, ya que en definitiva es la que condiciona el resultado de la mezcla, para esto es preferible que no esté muy desfasado del huso granulométrico. (Calla, 2013)

### **LIMITES GRANULOMÉTRICOS**

Los límites granulométricos (Husos) que recomienda la NTP 400.037 para el agregado grueso se detallan de acuerdo a la tabla 2, en donde se observa 15 límites granulométricos.

Tabla 2. Límites granulométricos para el agregado grueso

Nº ASTM	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TÁMICES NORMALIZADOS													
		100mm (4 Pulg.)	90mm (3 ½ Pulg.)	75mm (3 Pulg.)	63mm (2 ½ Pulg.)	50mm (2 Pulg.)	37,5mm (1 ½ Pulg.)	25mm (1 Pulg.)	19mm (¾ Pulg.)	12,5mm (½ Pulg.)	9,5mm (3/8 Pulg.)	4,75mm (Nº 4)	2,36mm (Nº 8)	1,18mm (Nº 16)	4.75µm (Nº 50)
1	90mm a 37.5mm (3½ Pulg a 1½ Pulg.)	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
2	63mm a 37.5mm (2½ Pulg a 1½ Pulg.)	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
3	50mm a 25mm (2 Pulg a 1 Pulg.)	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0	0	0 a 5	0	0	0	0	0
357	50mm a 4.75mm (2 Pulg a №4)	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0
4	37.5mm a 19mm (1½ Pulg a ¾ Pulg.)	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0
467	37.5mm a 4.75mm (1½ Pulg a №4)	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0
5	25mm a 12.5mm (1 Pulg a ½ Pulg.)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0	0	0	0	0
56	25mm a 9.5mm (1 Pulg a 3/8 Pulg.)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0	0	0	0
57	25mm a 4.75mm (1 Pulg a №4)	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0
6	19mm a 9.5mm (¾ Pulg a 3/8 Pulg.)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0	0	0
67	19mm a 4.75mm (¾ Pulg a №4)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	0	20 a 55	0 a 5	0	0	0
7	12.5mm a 4.75mm (½ Pulg a №4)	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 70	0 a 5	0	0	0
8	9.5mm a 2.36mm (3/8 Pulg a №8)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0	0
89	9.5mm a 1.18mm (3/8 Pulg a №16)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 35	0 a 10	0 a 5	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm (№4 a №16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 40	0 a 5	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

## **TAMAÑO MÁXIMO**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

El Tamaño Máximo del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado. (Quevedo, 2013)

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse en presente en la selección del agregado, de su granulometría y de las proporciones de la mezcla.

## **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que “corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado. (Quevedo, 2013)

Según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- a)  $1/5$  de la menor separación entre los lados del encofrado.
- b)  $1/3$  de la altura de la losa, de ser el caso.
- c)  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o “cangrejeras”.

### **Discrepancia entre el Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal**

Es pertinente distinguir entre el tamaño máximo efectivo y el que se designa como tamaño máximo nominal.

El primero se identifica con la malla de menor abertura en que alcanza a pasar efectivamente el total de las partículas del conjunto, cuando se le criba sucesivamente en mallas cuyas aberturas se incrementan gradualmente. La determinación de este tamaño máximo es necesaria cuando se analizan granulométricamente muestras representativas de depósitos naturales, a fin de conocer el tamaño máximo disponible en el depósito en estudio; y su verificación es una medida de control indispensable durante el suministro del agregado grueso ya clasificado, previamente a su empleo en la fabricación del concreto, para prevenir que se le incorporen partículas mayores de lo permitido, que pueden ocasionar dificultades en su elaboración, manejo y colocación.

**El tamaño máximo nominal** del agregado es el que se designa en las especificaciones como tamaño máximo requerido para el concreto de cada estructura en particular, y se define de acuerdo con diversos aspectos tales como las características geométricas y de refuerzo de las estructuras, los procedimientos y equipos empleados para la colocación del concreto, el nivel de la resistencia mecánica requerida en el concreto, etc. Debido a la dificultad práctica de asegurar una dimensión máxima precisa en el tamaño de las partículas durante la clasificación y el suministro del agregado grueso, es usual conceder una tolerancia dimensional con respecto al tamaño máximo nominal, pero limitando la proporción de partículas que pueden excederlo.

De esta manera, no basta con especificar el tamaño máximo nominal, sino que también es necesario definir el tamaño máximo efectivo permisible y la proporción máxima de partículas que puede admitirse entre el tamaño máximo nominal y el efectivo, es decir, lo que constituye el sobre tamaño nominal tolerable. (Gómez, 2009)



Tabla 3. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.

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 ( 3/4 )	5 ( 11 )
25 ( 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: Norma Técnica Peruana 400.012*

### 2.6.2.2 MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando este índice es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. (Abanto, 1994)

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. (Abanto, 1994)

### 2.6.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante porque puede hacer variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido de Humedad del A. Grueso} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

El procedimiento para el cálculo del contenido de humedad es similar a lo realizado para el agregado fino.

#### 2.6.2.4 PESO ESPECÍFICO (NTP 400.021)

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750 kg/m<sup>3</sup>. (Tufino, 2009)

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto a los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

La norma ASTM C 128 considera tres tipos de expresión del peso específico. (Rivva, 2000)

- Peso específico de masa; el cual es definido por la norma ASTM E12, como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua libre de gas.
- Peso específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el peso específico de masa.

Las características de los agregados se determinan por las siguientes formulas:

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso Específico SSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

Donde

Pesos específicos en  $\text{gr/cm}^3$ .

$A$  : Peso de la muestra seca, en gramos.

$B$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

$C$  : Peso de la muestra sumergida en agua, en gramos.

#### 2.6.2.5 ABSORCIÓN (NTP 400.021)

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto (Rivva, 2000).

El porcentaje de absorción se determina por la siguiente relación:

$$\% \text{ de Absorción del Agregado Grueso} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde

$A$  : Peso de la muestra seca, en gramos.

$B$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

#### 2.6.2.6 PESO UNITARIO (NTP 400.017)

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de

agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría. (Rivva, 2000)

El peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso el procedimiento es el mismo obtenido para el agregado fino, en donde

**a) Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)**

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

**b) Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)**

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

## 2.7 CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### 2.7.1 TRABAJABILIDAD

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm (Abanto, 1995).

Tabla 4. Clases de mezcla según su asentamiento.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49.

La trabajabilidad es un término relativo, porque un concreto se podrá considerar

trabajable bajo ciertas condiciones y no trabajable para otras. Por ejemplo, un concreto podrá ser trabajable para un pavimento, pero será difícil de colocar en un muro delgado con refuerzo complicado. Por ende, la trabajabilidad debería definirse solamente como una propiedad física del concreto fresco, sin hacerse referencia a las circunstancias específicas de un tipo de construcción (Rivva, 2007).

Para medir la trabajabilidad de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrahams, siguiendo la norma ASTM C 143.

#### a) *Ensayo de trabajabilidad*

Para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica, tal como se muestra en la figura:

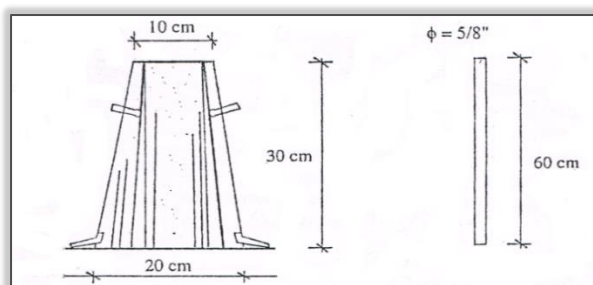


Figura 2. Equipo para prueba de consistencia  
Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 48

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.

La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.

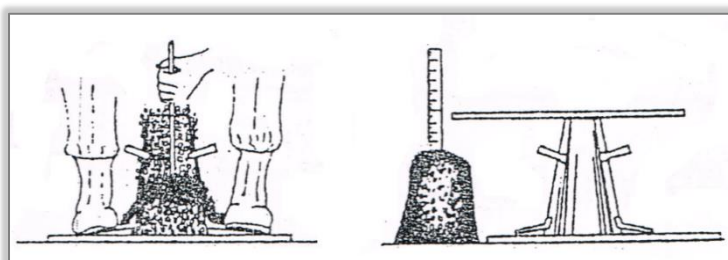


Figura 3. Prueba de consistencia

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49

## 2.8 CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### 2.8.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto, 1994).

La resistencia a la compresión de la briqueta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} (kg/cm^2); A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Donde

$f'c$  : Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto.

$P$ : Carga de Rotura (kg)

$\phi$ : Diámetro de la briqueta cilíndrica (cm)

Los moldes para realizar estas briquetas de concreto deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se

construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.

### 2.8.2 DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

En la tabla 5 se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días: (Harmsen, 1995)

Tabla 5. Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

**Fuente:** (Harmsen, 1995, p.22).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 PROCEDENCIA Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 CANTERA

Los agregados usados para la elaboración del concreto en la investigación fueron obtenidos de la cantera de rio Uyuni, ubicada a 30 Km., de la ciudad de Putina rumbo a la distrito de Ananea.

El material obtenido en cantera fue transportado al Laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería civil donde se realizó la división de agregado fino y agregado grueso.



Figura 4. Extracción del material de la Cantera del rio Uyuni

##### 3.1.2 AGREGADO FINO

Para la presente investigación, se utilizó el tamiz N°4 para separar el agregado en grueso y fino con ambos materiales provenientes de la cantera de rio Uyuni.

El tamizado se realizó de la siguiente manera:

- Primero se realizó el extendido del material al intemperie para realizar el secado de



dicho material permitiendo así que las partículas del agregado fino no se adhieran al agregado grueso.

- Luego se realizó la separación de Agregado Fino y Agregado Grueso con el Material (ya seco) con ayuda de la malla N°4 proporcionada por el laboratorio de Construcciones.



Figura 5. Colocado Selección del tamaño máximo del Agregado Grueso 1”.

### 3.1.2.1 GRANULOMETRÍA (NTP 400.012)

- El tamizado en laboratorio se realizó siguiendo el siguiente procedimiento:
- Tomar una muestra por cuarteo no menor que 500 gr, secarlo hasta peso constante, dejar enfriar.
- Limpiar los tamices y verificar el orden de colocación de estas en orden decreciente según tamaño de abertura: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200
- Se procede a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprime movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular) no se debe forzar con la mano el paso de una partícula a través de los tamices.
- Se da por finalizada la operación de tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una de ellas y anotar los resultados.
- Luego realizar los cálculos, como las que se muestran en los cuadros siguientes, así mismo para su mejor interpretación y verificación de los (usos) establecidos.

El máximo error respecto del peso total inicial con el peso obtenido en la sumatoria de los pesos retenidos será de  $\pm 1\%$ .



Figura 6. Se observa el cuarteo del agregado fino.



Figura 7. Se puede apreciar el tamizado del agregado fino.



Figura 8. Se observa el material pasante del agregado fino.

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en el Anexo, donde se podemos observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los parámetros establecidos por la norma NTP 400.037, como se observa en la siguiente figura.

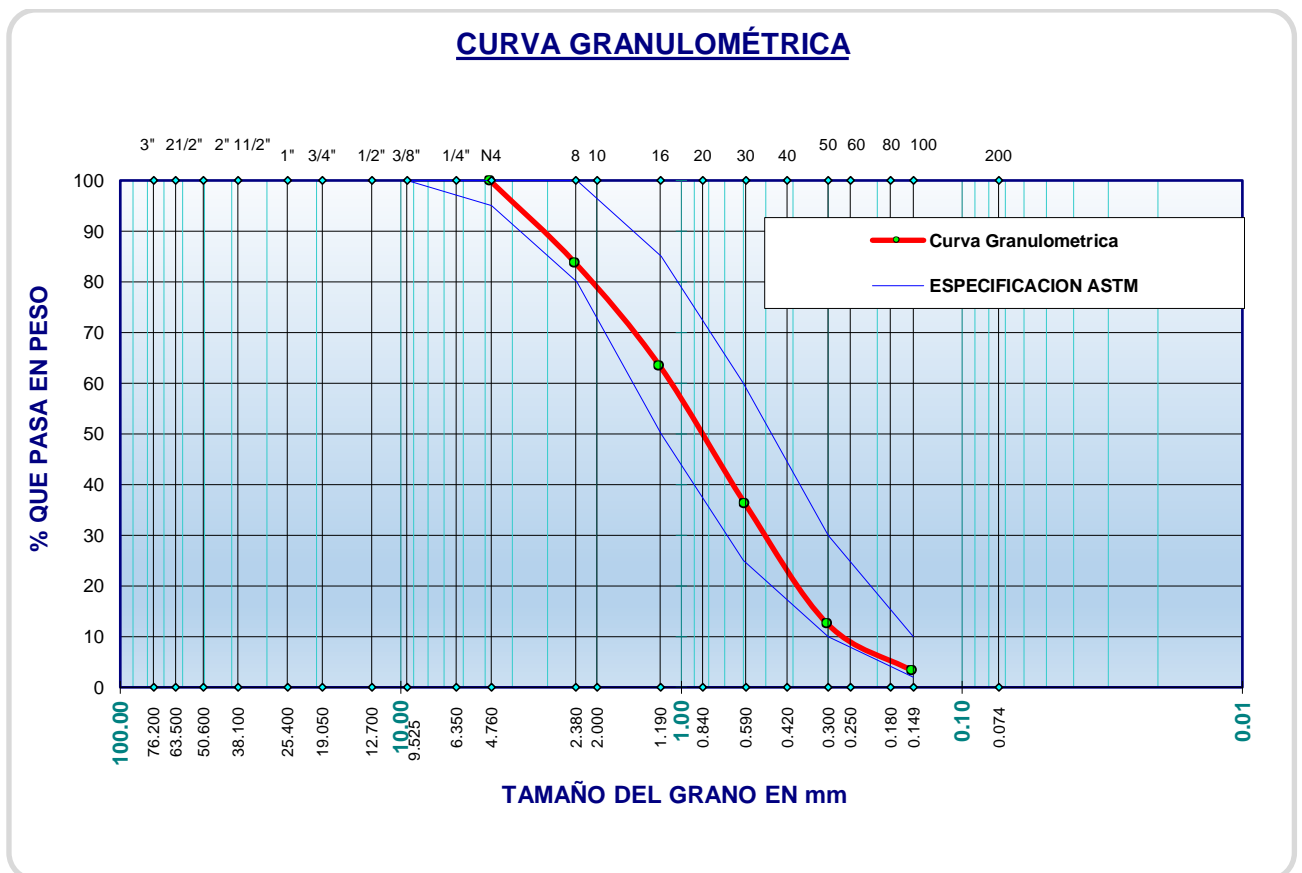


Figura 9. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2 MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)

El módulo de finura se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

De donde el módulo de fineza del agregado fino ensayado es: **3.02** (ver Anexo)

### 3.1.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)

Para el contenido de humedad del agregado fino se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de Humedad del Agregado Fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

- Tomamos pequeñas cantidades en tres taras el agregado fino natural.
- Secamos las muestras en el horno durante  $24 \pm 4$ Hrs a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  a  $110^{\circ}\text{C}$
- Procedemos a pesar las cantidades de las muestras secadas al horno en una balanza con aproximación de 0.1 gr.
- Realizamos los cálculos de acuerdo a la anterior ecuación

El contenido de humedad de un agregado varía constantemente de acuerdo al medio ambiente por eso es necesario hallar el contenido de humedad cada vez que se haga un diseño. (Calla, 2013)

En el caso de la investigación se realizó el contenido de humedad 2 días antes de la elaboración de las briquetas.



Figura 10. Contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Tabla 6. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino.

Nro. De Tara	A-7	A-15	W-2
Peso de Tara	34.17	31.96	31.29
Peso de Tara + M. Humedad	199.56	179.04	188.20
Peso de Tara + M. Seca	196.08	175.90	184.92
Peso de Agua	3.48	3.14	3.28
Peso Muestra Seca	161.91	143.94	153.63
Contenido de humedad W%	2.15	2.18	2.13
Promedio Cont. Humedad W%	<b>2.16</b>		

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2.4 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022)

Se siguió el presente procedimiento:

- Pesar la muestra aproximadamente 500 a 1000 gr.
- Saturar por  $24 \pm 4$  horas el material.
- Al día siguiente escurrir el agua y esparcir sobre una bandeja y secarlo empleando una hornilla para calentar la bandeja moviendo continuamente la muestra (tostado de la muestra).
- Para comprobar si la muestra está superficialmente seca (SSS), echar en el cono truncado con el material que se estuvo secando, apisonando con 25 golpes sin compactar el material (altura de caída 0.5cm), si al levantar el molde la muestra queda exacta al molde, entonces aún falta secar superficialmente, si queda desmoronado parcialmente y de punta, significa que la muestra está saturado superficialmente seco

- (SSS).
- e) Pesar 500 gr de la muestra saturado superficialmente seco (SSS) e introducir la muestra al picnómetro.
  - f) Luego de colocar la muestra en el picnómetro lo llenamos con agua a temperatura de 21°C a 25°C hasta aproximado 70% de la capacidad del picnómetro.
  - g) Agitamos el picnómetro por un periodo de 15 a 20 minutos, con el fin de eliminar los aires atrapados.
  - h) Colocamos el picnómetro con la muestra, sobre una superficie plana y remover con una cucharilla para eliminar los vacíos (aire), sacarlo luego de verificar de que no exista aire dentro de la muestra cuando lo agitamos.
  - i) Llenamos en su totalidad el picnómetro con agua a temperatura de 21°C a 25°C y luego lo cubrimos con tapa de vidrio sin ninguna burbuja.
  - j) Pesar el conjunto: (picnómetro +tapa de enrase) + agua + agregado SSS a este peso lo podemos representar ( $W_{m+w+a}$ ).
  - k) Sacamos el agregado SSS del picnómetro, para secarlo en el horno a temperatura constante de 100°C a 110°C, para obtener el peso seca de la muestra ( $W_s$ ).
  - l) Llenamos el frasco hasta su máxima capacidad con agua, esta última a una temperatura de 21°C a 25°C, luego lo pesamos.
  - m) Finalmente pesamos el frasco vacío.



Figura 11. Agregado fino en estado (SSS) después del apisonado.



Figura 12. Sometiendo el picnómetro a baño maria.



Figura 13. Control de temperatura del agua.

Tabla 7. Datos obtenidos en laboratorio para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino.

<b>I.- DATOS</b>		
A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA ( $W_{sss}$ )	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + TAPA + AGUA	706.73
C	$W_{sss}$ + PESO DEL PICNOMETRO + TAPA + AGUA	1013.48
D	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	478.15
E	PESO DE LA MUESTRA ( $W_{muestra}$ ) ( $C - B$ )	306.75
F	VOLUMEN DE LA MUESTRA. ( $A + B - C$ )	193.25

**Fuente: Elaboración propia**

**PESO ESPECÍFICO DE LOS SOLIDOS**

$$P. e. s = \frac{W_s}{(W_m - V)}$$

Donde

$P. e. s$  : Peso específico de sólidos.

$W_s$  : Peso seco de la muestra.

$W_m$  : Peso de la muestra.

$V$  : Volumen de la muestra.

**PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS SATURADO CON SUPERFICIE SECA**

$$P. e. SSS = \frac{500}{(W_m - V)}$$

**PESO ESPECÍFICO APARENTE**

$$P. e. a = \frac{W_s}{(W_m - V) - (W_{SSS} - W_s)}$$

**ABSORCIÓN**

$$\%Abs = \frac{500 - W_s}{W_s} \times 100$$

Reemplazando los datos:

$$W_s = 478.15 \text{ gr}, W_m = 306.75 \text{ gr}, V = 193.25 \text{ gr}$$

Tabla 8. Resultados peso específico ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) y % de absorción del agregado fino.

<b>II.- RESULTADOS</b>		
1	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA: P.E.M. $D / (A + B - C)$	2.47
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. $(A / (A + B - C))$	2.59
3	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $D / (D + B - C)$	2.79
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: % Abs $(A - D) / D$	4.57

**Fuente: Elaboración propia**



**3.1.2.5 PESO UNITARIO (NTP 400.017)**

Se procedió a realizar los cálculos de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}, \text{ Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)}$$

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}, \text{ Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)}$$

Procedimiento para el presente ensayo:

- a) Alistar un recipiente seco, limpio, de peso y capacidad conocidos.
- b) Para el Peso Unitario Suelto, llenar el recipiente con el agregado, enrasar y pesar.
- c) Para el Peso Unitario Compactado, llenar el recipiente con el agregado en tres capas aplicando 25 golpes por cada capa con una varilla de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud con punta redondeada, enrasar y pesar.



Figura 14. Enrasado y pesado del recipiente con la muestra para el cálculo del Peso Unitario Suelto.

Tabla 9. Resultados del Peso Unitario Suelto del agregado fino.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (gr)	2019.670	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA (gr)	4850.000	4805.000	4830.000
PESO DE LA MUESTRA (gr)	2830.330	2785.290	2810.290
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	1830.689	1830.689	1830.680
PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.546	1.521	1.535
PESO UNITARIO SUELTO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> )		1534	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resultados del Peso Unitario Compactado del agregado fino.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (gr)	2019.710	2019.670	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA (gr)	5085.000	5130.000	5110.000
PESO DE LA MUESTRA (gr)	3065.290	3110.330	3090.290
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.674	1.699	1.688
PESO UNITARIO COMPACTADO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> )		1687	

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 AGREGADO GRUESO

#### 3.1.3.1 GRANULOMETRÍA

##### TAMAÑO MÁXIMO

De acuerdo a lo explicado en la parte teórica, tomaremos el criterio establecido de la Norma NTP 400.037 siendo este un criterio más utilizado en nuestro medio, respecto al resultado del análisis granulométrico del agregado grueso se observa que el **Tamaño Máximo es de 1"** y el Tamaño Máximo Nominal es de  $\frac{3}{4}$ ".

##### PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO:

- Tomamos una muestra representativa por cuarteo la cantidad de 5.280 Kg.
- Limpiar los tamices y verificar el orden de colocación de estas en orden decreciente.
- Colocamos varios recipientes cerca al lugar donde se hará el ensayo, esto para colocar el material retenido en cada tamiz.
- Se procede a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se aplica giro rotatorio a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular) no se debe forzar con la mano el paso de una partícula a través de los tamices.
- Cuando ya se encuentre lleno de muestras los tamices, colocamos las muestras retenidas de cada tamiz en los recipientes.
- Se da por finalizada la operación de tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una y anotar los resultados.
- Después de culminar el tamizado del material se procede a pesar cada retenido, para

su cálculo respectivo.

El máximo error respecto del peso total inicial con el peso obtenido en la sumatoria de los pesos retenidos será de  $\pm 1\%$ .

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en el Anexo, donde se puede observar que la granulometría del agregado Grueso está dentro de los límites establecidos (Huso 057) por la norma NTP 400.037, como se observa en la siguiente figura.

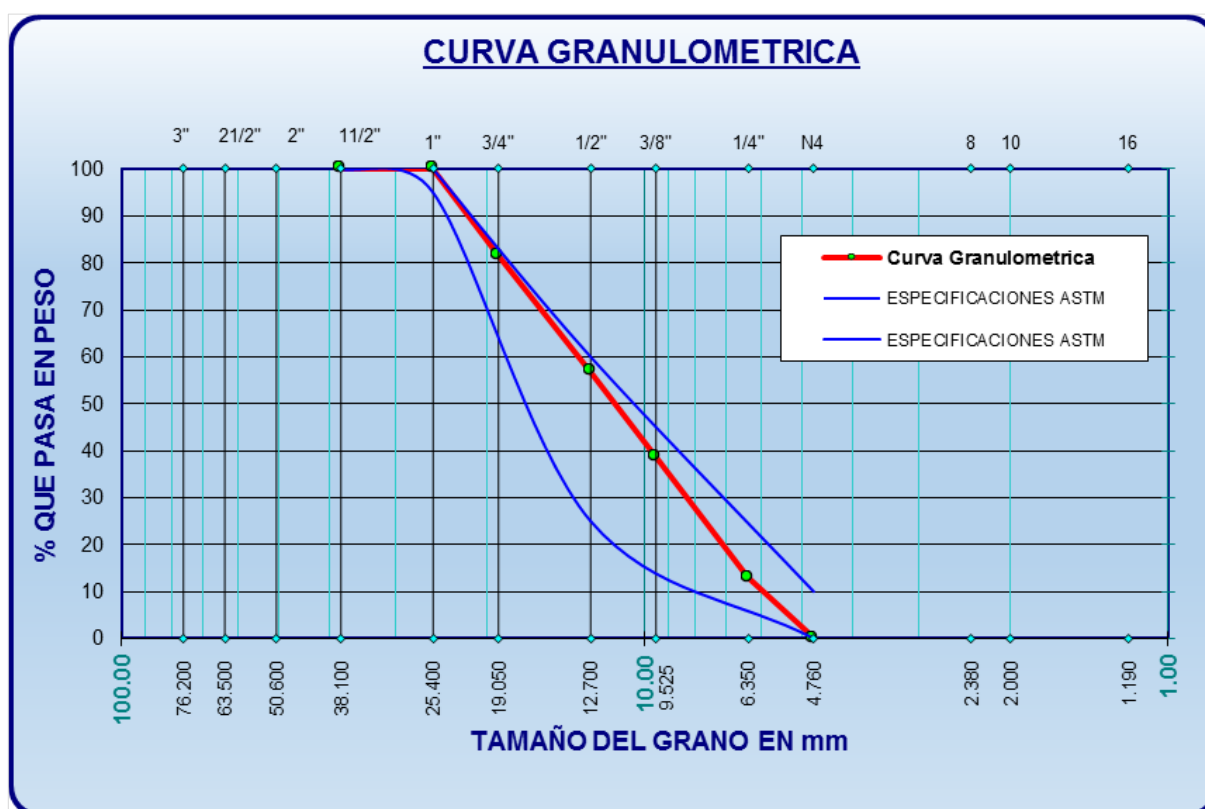


Figura 15. Gráfico de la Curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Tamizado del agregado grueso.



Figura 17. Se observa las cantidades retenidos del tamizado.

### 3.1.3.2 MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el agregado fino, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100.

El módulo de fineza obtenido del agregado grueso ensayado es: **6.80** (Ver Anexo)

### 3.1.3.3 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)

El procedimiento para el cálculo del contenido de humedad es similar a lo realizado anteriormente para el agregado fino.

Tabla 11. Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.

DESCRIPCION DE LAS TARAS	A-8	A-9	B-3
Peso de Tara	32.38	15.21	29.12
Peso de Tara + M. Húmeda	263.63	212.11	220.50
Peso de Tara + M. Seca	257.14	206.88	214.80
Peso de Agua	6.49	5.23	5.70
Peso Muestra Seca	224.76	191.67	185.68
Contenido de humedad W%	2.89	2.73	3.07
Promedio cont. Humedad W%		<b>2.90</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3.4 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021)

Para determinar el peso específico se determinó de acuerdo a las siguientes formulas:

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso Específico SSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

Donde

Pesos específicos en  $\text{gr/cm}^3$ .

*A* : Peso de la muestra seca, en gramos.

*B* : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

*C* : Peso de la muestra sumergida en agua, en gramos.

El porcentaje de absorción se determinó por la siguiente relación:

$$\% \text{ de Absorción del Agregado Grueso} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde

$A$  : Peso de la muestra seca, en gramos.

$B$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

Para este ensayo se realizó los siguientes procedimientos:

- a) Seleccionar aproximadamente 2 kg de muestra, por el método de cuarteo.
- b) Lavar la muestra seleccionada, eliminando el polvo o material adherido y saturar la muestra durante  $24 \pm 4$  horas.
- c) Al día siguiente escurrir el agua y esparcir el material sobre la franela y con la misma secarla a fin de tenerlo en condición saturada superficialmente seco (SSS).
- d) Introducir la muestra SSS a una probeta de 1000ml.
- e) Luego llenar la probeta con agua hasta la marca de 1000ml y después obtener un peso.
- f) Colocar el material ya pesado en un recipiente y llevarlo al horno por  $24 \pm 4$  horas a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- g) Después llenarlo solo de agua la probeta hasta la marca de 1000ml y después pesarlo.
- h) Obtenemos el peso de la muestra seca al horno.
- i) Finalmente realizamos los cálculos.



Figura 18. Se observa cuarteo del agregado grueso.



Figura 19. Se observa el pesado del agregado grueso en SSS .

Tabla 12. Datos obtenidos en laboratorio para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.

<b>I.- DATOS</b>		
A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA ( $W_{sss}$ )	600.00
B	PESO DEL PROBETA + AGUA	1362.07
C	$W_{sss}$ + PESO DEL PROBETA + AGUA	1727.66
D	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	580.17
E	PESO DE LA MUESTRA ( $W_{muestra}$ ) ( $C - B$ )	365.59
F	VOLUMEN DE LA MUESTRA. ( $A + B - C$ )	234.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultados Peso específico (gr/cc) y % de absorción del agregado grueso.

<b>II.- RESULTADOS</b>		
1	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA: P.E.M. $D / ( A + B - C )$	2.48
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. $( A / ( A + B - C )$	2.56
3	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $D / ( D + B - C )$	<b>2.70</b>
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: % Abs $( A - D ) / D )$	<b>3.42</b>

Fuente: Elaboración propia

**3.1.3.5 PESO UNITARIO (NTP 400.017)**

El peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso el procedimiento es similar que del agregado fino, en donde:

**a) Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)**

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

**b) Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)**

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Para ello se siguió el siguiente procedimiento:

- Alistar un recipiente seco, limpio, de peso y capacidad conocidos.
- Para el Peso Unitario Suelto, llenar el recipiente con el agregado, enrasar y pesar.
- Para el Peso Unitario Compactado, llenar el recipiente con el agregado en tres capas aplicando 25 golpes por cada capa con una varilla de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud con punta redondeada, enrasar y pesar.





Figura 20. Colocación del agregado grueso al recipiente para el cálculo del P. U. Suelto y compactado.

Tabla 14. Resultados del Peso Unitario Suelto del agregado Grueso.

DESCRIPCION DE LA TARA	I	II	II
PESO DEL MOLDE (gr)	2019.710	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA (gr)	4750.000	4740.000	4746.000
PESO DE LA MUESTRA (gr)	2730.290	2720.290	2726.290
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.491	1.486	1.489
PESO UNITARIO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> )		<b>1489</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados del Peso Unitario Compactado del agregado grueso.

DESCRIPCION DE LA TARA	I	II	II
PESO DEL MOLDE (gr)	2019.710	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA (gr)	5005.000	5030.000	4995.000
PESO DE LA MUESTRA (gr)	2985.290	3010.290	2975.290
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.63	1.64	1.63
PESO UNITARIO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> )		<b>1633</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4 RELAVE MINERO UTILIZADO

El relave minero o también conocido como desechos fue extraído por los propios tesisistas puesto que algunos relaves mineros son utilizados como sustituto parciales del cemento ya que estos relaves mineros se encuentran en botaderos.

Para ello se fue al distrito de Ananea (Puno) para realizar el recojo del relave minero y posteriormente ser utilizado como sustituto parcial al cemento en porcentajes

de 3%, 6% y 9% y para diferentes resistencias  $F'c=175, 210$  y  $245\text{Kg/cm}^2$ , en el presente proyecto de investigación.



Figura 21. Recojo del relave minero.

Posteriormente se realizó el secado del relave minero al intemperie, después la selección del material para sustituir al cemento y finalmente se realizó el ensayo peso específico del relave minero para el diseño de mezclas.



Figura 22. Secado y tamizado del relave minero.



Figura 23. Ensayo para determinar peso específico del relave.

### 3.1.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE MINERO UTILIZADO.

El relave minero se puede apreciar en forma de lodo el cual son desechos de los minerales y que se encuentran mal almacenados en la mina del distrito de Ananea.

El análisis de la composición química del relave minero se realizó en la ciudad de Arequipa, en Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L., donde los resultados son: (ver Anexo B)

Tabla 16. Análisis químico del relave minero utilizado

As	Ag	Al	B	Ba	Be	BI	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1194.0	2.47	>10000	811.2	72.50	0.84	18.9	4085.0	1.06	9.66	468.63	24.50

Fuente: Certificado de análisis de Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L. (ANEXO-B)

Tabla 17. Análisis químico del relave minero utilizado

Fe	Ga	In	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
>10000	5.18	5.23	2691	32.6	2637	236.8	24.92	5012	35.44	241.35	178.48

Fuente: Certificado de análisis de Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L. (ANEXO-B)

Tabla 18. Análisis químico del relave minero utilizado

Sb	Se	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn	Hg
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
8.99	<sub>a</sub> <0.64	<sub>a</sub> <0.16	26.12	<sub>B</sub> <0.80	678.55	<sub>a</sub> <0.64	14.78	103.12	763.99

Fuente: Certificado de análisis de Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L. (ANEXO-B)

Para el análisis físico del relave minero, solo consideraremos el análisis realizado en el laboratorio de Construcciones de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano.

Tabla 19. Características físicas y químicas del relave minero.

Peso específico	2.703
-----------------	-------

Fuente: Elaborado por los tesisistas, E.P. de ing. Civil UNA-PUNO (Anexo)



Figura 24. Evaluación de la Emisión de Gases al momento de la combustión.

### 3.1.5 CEMENTO UTILIZADO

A partir del 2013, Yura es la encargada de la producción y comercialización de toda la unidad de negocios de cemento, con lo que produce y distribuye la marca “Rumi” de su subsidiaria Cemento Sur S.A. (Aguila P., 2014)

El cemento utilizado es el cemento portland de marca Rumi, el cual es el más utilizado en nuestra Región Puno.

### 3.1.6 AGUA

El agua utilizada para el presente tema de Investigación es Agua no Potable para consumo humano tomada directamente del laboratorio de construcciones de la E.P. Ingeniería Civil de la ciudad Universitaria.

## 3.2 PREPARACIÓN DEL CONCRETO

Para la preparación del concreto se tuvo en consideración las propiedades físicas de los agregados analizado en el laboratorio, los cuales se mencionan en la siguiente tabla 20.

Tabla 20. Características físicas de los materiales para el diseño.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CEMENTO	RELAVE	AGREGADOS	
			MINERO	FINO	GRUESO
Tamaño máximo	Pulg.			N° 4	3/4"
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	3.10	2.703	2.47	2.48
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>			1534	1489
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>			1687	1633
Contenido de humedad	%			2.15	2.9
Absorción	%			4.57	3.42
Módulo de fineza				3.02	6.8

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.2.1 MÉTODO DE DISEÑO DEL ACI.

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas, basándose en algunas Tablas, este método permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presenta en este método es aplicable a concreto de peso normal. (Rivva, 2007)

### 3.2.1.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN

El Diseño de Mezclas de concreto fue realizado según las recomendaciones del comité 211 del ACI, lo cual se muestra en el siguiente procedimiento:

#### A. Selección de la resistencia Promedio

Como no contamos con un registro de resultados de ensayos que nos posibilite el cálculo de desviación estándar, entonces la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla 21.

Tabla 21. Resistencia a la compresión promedio

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 63

El  $f'_c$  requerido es de **175 kg/cm<sup>2</sup>**, sin embargo utilizando la tabla 21 es:

$$f'_{cr} = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

#### B. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

#### C. Selección del Asentamiento

Slump: 3" a 4" (Mezcla plástica)

#### D. Selección de volumen unitario de agua de diseño

Entrando en la tabla 22 se determina el volumen unitario de agua, o agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4".

Tabla 22. Volumen Unitario de agua

Asentamiento	Agua, en $\text{lt}/\text{m}^3$ , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	<b>205</b>	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 82

Para nuestro diseño el agua seleccionada es de 205 litros por metro cúbico.

#### E. Selección del contenido de aire

Tabla 23. Contenido de Aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	<b>2.0%</b>
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 89

El contenido de aire atrapado para un agregado grueso de TMN de 3/4" es de 2.0%.

## F. Selección de la relación agua-cemento

Tabla 24. Relación Agua - Cemento por resistencia

f'cr (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso.	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
	150	0.8
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 95

Utilizando la tabla 24 para una resistencia promedio correspondiente a 294 kg/cm<sup>2</sup> en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de 0.608

## G. Factor cemento

Factor cemento =  $205/0.608 = 337.17 \text{ kg/m}^3 = 7.933 \text{ bolsas/m}^3$ .

## H. Contenido de agregado grueso

Tabla 25. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño Máximo Nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos Módulos de Fineza del Agregado Fino			
	2.4	2.6	2.8	3
	3/8"	0.5	0.48	0.46
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 120



Entrando a la tabla 25, con el módulo de fineza del agregado fino de 3.00 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ ", se encuentra un valor de 0.60 metros cúbicos de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen.

$$\text{Peso del agregado Grueso} = 0.60 \times 1633 = 979.80 \text{ kg/m}^3.$$

### I. Cálculo de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos de estos ingredientes:

Volumen absoluto de:

Cemento:	$337.17 / 3.10 \times 1000$	$= 0.109 \text{ m}^3$
Agua:	$205 / 1 \times 1000$	$= 0.205 \text{ m}^3$
Aire:	$0.02 / 1 \times 1$	$= 0.020 \text{ m}^3$
Agregado Grueso:	$979.80 / 2.48 \times 1000$	$= 0.395 \text{ m}^3$
Suma de volúmenes conocidos:		$= \mathbf{0.729 \text{ m}^3}$

### J. Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto A. Fino} = 1 - 0.729 = 0.271 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del A. Fino Seco} = 0.271 \times 2.47 \times 1000 = 669.75 \text{ kg/m}^3.$$

### K. Cantidad de materiales por $\text{m}^3$ en peso

Cemento:	$337.17 \text{ kg/m}^3$
Agua de diseño	$205.00 \text{ Lt/m}^3$
Agregado Fino seco:	$669.75 \text{ kg/m}^3$
Agregado Grueso seco:	$979.80 \text{ kg/m}^3$
Peso de la mezcla:	$\mathbf{2191.72 \text{ kg/m}^3}$

### L. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

$$\text{Agregado Fino} = 669.75 \times (1 + 0.0215) = 684.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 979.80 \times (1 + 0.0290) = 1008.21 \text{ kg/m}^3$$

**M. Contribución de agua de los agregados****- Humedad superficial de los Agregados**

$$\text{Agregado Fino} = 2.15 - 4.57 = -2.42\%$$

$$\text{Agregado Grueso} = 2.90 - 3.42 = -0.52\%$$

$$\text{Total} = -2.94\%$$

**- Aporte de humedad de los Agregados**

$$\text{Agregado Fino seco:} \quad 669.75 * (-0.0242) = -16.208 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso seco:} \quad 979.80 * (-0.0052) = -5.095 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Aporte de humedad de los Agregados:} \quad -21.303 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva:} \quad 205 - (-21.303) = 226.303 \text{ Lt/m}^3$$

**N. Cantidad de materiales corregidos por m<sup>3</sup> de concreto**

$$\text{Cemento:} \quad 337.171 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva:} \quad 226.303 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino húmedo:} \quad 684.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso húmedo:} \quad 1008.21 \text{ kg/m}^3$$

**O. Proporciones en peso de los materiales corregidos**

$$\text{Cemento} = 337.171 / 337.171 = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = 684.15 / 337.171 = 2.03$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1008.21 / 337.171 = 2.99$$

$$\text{Agua} = 226.303 / 337.171 = 0.67$$

**P. Cantidad de materiales corregidos por Bolsa**

$$\text{Cemento} = 1 \times 42.5 = 42.5 \text{ Kg/Bol}$$

$$\text{Agua efectiva} = 0.67 \times 42.5 = 28.53 \text{ Lt/Bol}$$

$$\text{Agregado Fino} = 2.03 \times 42.5 = 86.24 \text{ Kg/Bol}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 2.99 \times 42.5 = 127.08 \text{ Kg/Bol}$$

### 3.2.1.2 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES Y RESISTENCIAS DE RELAVE MINERO.

Existen diversidades de recomendaciones para porcentajes en el uso de Puzolanas artificiales, pero en esta investigación tomaremos los porcentajes tomados basados en un máximo de 9% (cantidad adoptada por motivos de ultima trabajabilidad) y divididos en cantidades de 0%, 3%, 6% y 9%.

Tabla 26. Resumen de materiales en peso.

DESCRIPCION	PESOS EN Kg/m3, PARA F'c=175 Kg/cm2			
% Cemento	100%	97%	94%	91%
% Relave Minero	0%	3%	6%	9%
Relación a/(c +rm)	0.608	0.608	0.608	0.608
Cemento	337.171	327.056	316.941	306.826
Relave minero	0	10.115	20.230	30.345
Agregado fino	684.15	684.15	684.15	684.15
Agregado grueso	1008.21	1008.21	1008.21	1008.21
Agua	226.303	226.303	226.303	226.303
Material cementante	337.171	337.171	337.171	337.171

*Fuente: Elaboración propia*

El diseño de mezclas para la resistencia de F'c=210 Kg/cm2 es similar al diseño anterior y se utilizan las mismas tablas y cuadros.

Tabla 27. Resumen de materiales en peso.

DESCRIPCION	PESOS EN Kg/m3, PARA F'c=210 Kg/cm2			
% Cemento	100%	97%	94%	91%
% Relave Minero	0%	3%	6%	9%
Relación a/(c +rm)	0.54	0.54	0.54	0.54
Cemento	380.760	369.337	357.914	346.492
Relave minero	0	11.423	22.846	34.268
Agregado fino	655.95	655.95	655.95	655.95
Agregado grueso	1004.85	1004.85	1004.85	1004.85
Agua	225.618	225.618	225.618	225.618
Material cementante	380.76	380.76	380.76	380.76

*Fuente: Elaboración propia*

El diseño de mezclas para la resistencia de  $F'c=245 \text{ Kg/cm}^2$  es similar al diseño anterior y se utilizan las mismas tablas y cuadros.

Tabla 28. Resumen de materiales en peso.

DESCRIPCION	PESOS EN Kg/m <sup>3</sup> , PARA $F'c=245 \text{ Kg/cm}^2$			
% Cemento	100%	97%	94%	91%
% Relave Minero	0%	3%	6%	9%
Relación a/(c +rm)	0.49	0.49	0.49	0.49
Cemento	418.88	406.314	393.747	381.181
Relave minero	0	12.566	25.133	37.699
Agregado fino	621.99	621.99	621.99	621.99
Agregado grueso	1008.21	1008.21	1008.21	1008.21
Agua	224.83	224.83	224.83	224.83
Material cementante	418.88	418.88	418.88	418.88

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.2 ELABORACIÓN DE TESTIGOS

Para el presente trabajo de investigación se utilizó briquetas cilíndricas de 4" x 8" (100 mm x 200 mm) luego se hizo el almacenamiento hasta que endurezcan en las condiciones de curado.

Para comprobar las modificaciones entre briquetas de 6"x12" y las de 4"x8" se realizó una comparación entre ambas llegando a resultados semejantes.

#### Equipos necesarios:

- Mezcladora de concreto tipo trompo de 6 Pie<sup>3</sup>
- Una carretilla buggy para el transporte del concreto fresco.
- Los Moldes usados para formar los especímenes fueron de metal, los primeros fueron de 6"x12" y los demás fueron de 4" x 8"
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud.
- Mazo de goma de 0.5 kg.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería



Figura 25. Preparación de los moldes para el vaciado del concreto.

### Moldeado de los cilindros de prueba

- Se colocó los moldes de cilindros en una superficie nivelada.
- Se engrasó con aceite la pared y la base interior de los moldes cilíndricos.
- Se llenó el molde en tres capas iguales con la cuchara.
- Se compactó la capa apisonando, con una varilla de  $\frac{3}{4}$ " en caso de los moldes de 4"x8" y con una varilla de  $\frac{5}{8}$ " en caso de los moldes de 6"x12", 25 veces uniformemente distribuidas en cada capa.
- Se enrazó la parte superior con la plancha de albañil para obtener una superficie lisa y nivelada.
- Finalmente se le rotulo en la superficie plana la fecha y la resistencia del concreto vaciado.



Figura 26. Pesado de los materiales para el diseño del concreto.



Figura 27. Extracción Mezclado del concreto de diseño



Figura 28. Moldes vaciados con concreto, para su posterior desencofrado luego de 24 horas de vaciado.

### 3.2.3 PROCESO DE CURADO DE TESTIGOS

El curado de las muestras se realizó en las pozas del laboratorio de construcciones y de suelos como se puede apreciar en la figura 29.

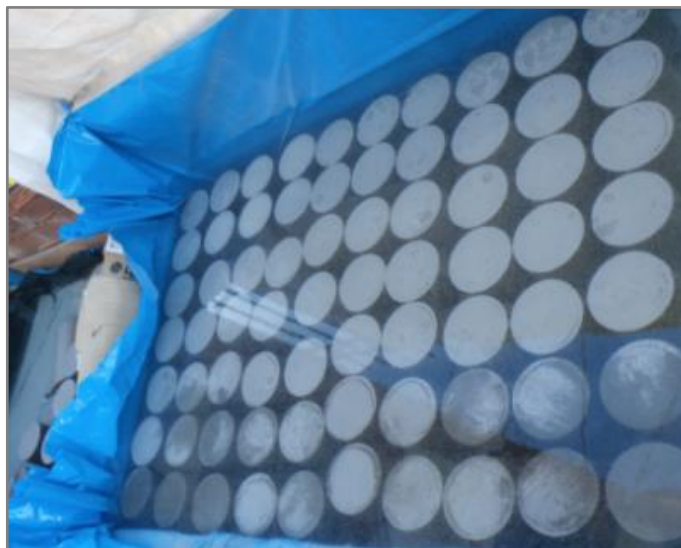


Figura 29. Curado de los testigos.

Respecto al curado, el reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E-60, indica: “El concreto deberá ser curado y mantenido sobre los 10°C por lo menos los 7 primeros días después de su colocación; en el caso de concreto de alta resistencia inicial este tiempo podrá reducirse a 3 días. Si se usa cemento tipo IP o IPM el curado deberá mantenerse como mínimo los primeros 10 días”.

Las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a las 24 horas del vaciado, Según la Norma ASTM C – 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de  $23 \pm 2$  °C. Pero esta condición de la temperatura para efectos del presente trabajo, no se ha cumplido, se ha tomado la decisión que el agua usada en el proceso de curado sea la misma que viene de la red pública. En lo posible se ha tratado de mantener la temperatura del agua de curado a 13°C, ya que estas temperaturas son muy representativo de la realidad tanto en la ciudad de Puno.

Enseguida dichas muestras fueron introducidas en la poza de curado hasta esperar el momento de su rotura y ser sometidas a los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (PRUEBA DE HIPÓTESIS)

La hipótesis a probar es la siguiente:

“La adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento,

mejora las resistencias a la compresión del concreto normal  $f'c=175, 210$  y  $245 \text{ kg/cm}^2$ ".

Para esta situación lo que se va a probar es: Si la resistencia del concreto a compresión mejoran con la adición de relave minero con respecto al peso del cemento, en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%, frente a un concreto patrón (sin adición de relave minero).

### 3.3.1 Prueba de hipótesis a los 7 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, Si la resistencia del concreto mejora con la adición de relave minero con respecto al peso del cemento, en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%, frente a un concreto patrón (sin relave minero).

$H_o$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_o: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

Donde

$\mu x_{RM}$  : Representa a la media aritmética de la resistencia a compresión del concreto con diferentes proporciones de relave minero.

$\mu x_{CP}$ : Representa la media aritmética del concreto patrón (sin relave minero).

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

En la práctica se acostumbra a utilizar niveles de significación del 0.05 ó 0.01, aunque igualmente pueden emplearse otros valores. Si, por ejemplo, se elige un nivel de



significación del 0.05 ó 5 % al diseñar un ensayo de hipótesis, entonces hay aproximadamente 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis cuando debería ser aceptada, es decir, se está con un 95 % de confianza de que se toma la decisión adecuada. En tal caso se dice que la hipótesis ha sido rechazada al nivel de significación del 0.05, lo que significa que se puede cometer error con una probabilidad de 0.05. (Cruz, 2011).

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

### **Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba**

Para la presente investigación se utilizará el t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que tenemos variables independientes cuantitativas, el número de variables es menor a 30.

### **Prueba de hipótesis con la distribución t de student**

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

$$\text{Hipótesis nula: } H_0: \mu_{RM} \leq \mu_{CP} \quad \text{Hipótesis alternativa: } H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$\mu_{RM}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$\mu_{CP}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” ( $97.00_{CP} + 3.00_{RM}$ ).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4 - 1) * 3.98 + (4 - 1) * 1.31}{4 + 4 - 2}} = 1.63t_p = \frac{120.73 - 122.21}{1.63 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -1.28$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 7 días de edad.

Tabla 29. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7 días

Nº de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 7 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	120.24	122.29	119.02	113.74
2	123.23	121.08	121.08	114.65
3	127.28	120.36	121.44	114.04
4	118.09	119.17	116.87	106.35
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{X}_i =$	122.21	120.73	119.60	112.19
$S^2$	3.98	1.31	2.11	3.92
$\bar{X}_{RM} - \bar{X}_{CP} =$		-1.48	-2.61	-10.02
$S_p =$		1.63	1.74	1.98
$t_p =$		-1.28	-2.12	-7.16

Fuente: Elaboración Propia.

#### Paso N° 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{tabla}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda

definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.



Figura 30. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.  
Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

**Paso N° 05: Toma de una decisión**

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 7 días del concreto.

**Edad de 7 días**

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 30. Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a 7 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 7 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91. <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
$t_p=$		-1.28	-2.12	-7.16
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero (97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM) para una resistencia de  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  a una edad de 7 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

### Decisión respecto a la hipótesis de investigación

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero:

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) planteada es:

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 31. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
Concreto con 7 días de edad	$t_p=$		-1.28	-2.12	-7.16
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{tabla}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 30 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 7 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.1 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

### 3.3.2 Prueba de hipótesis a los 14 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

$H_o$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_o: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

#### Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

El número de variables es menor a 30.

#### Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

Hipótesis nula:  $H_o: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$       Hipótesis alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$u_{x_{RM}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$u_{x_{CP}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 14 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” (97.00CP + 3.00RM).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4 - 1) * 2.50 + (4 - 1) * 1.96}{4 + 4 - 2}} = 1.49 t_p = \frac{178.26 - 180.09}{1.69 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -1.53$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 28 días de edad.

Tabla 32. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 14 días

Nº de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 14 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	158.89	157.50	151.89	138.90
2	154.54	153.43	151.05	133.71
3	158.38	155.06	149.12	138.50
4	160.41	157.38	150.78	136.17
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{X}_i$	158.05	155.84	150.71	136.82
$S^2$	2.50	1.96	1.16	2.39
$\bar{X}_{RM} - \bar{X}_{CP} =$		-2.21	-7.34	-21.23
$S_p =$		1.49	1.35	1.56
$t_p =$		-2.09	-7.69	-19.25

Fuente: Elaboración Propia

#### Paso Nº 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.

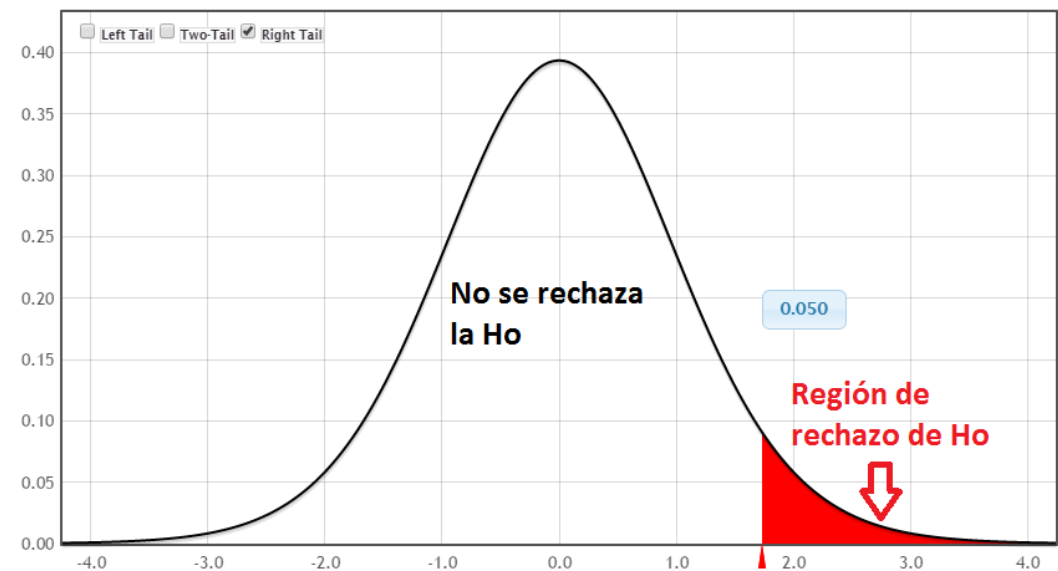


Figura 31. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.

Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

### Paso N° 05: Toma de una decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f^c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 14 días del concreto.

### Edad de 14 días

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 33. Decisión de la hipótesis  $H_o$  con el  $t_p$  para el concreto a 14 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 14 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
$t_p$ =		-2.09	-7.69	-19.25
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1 + n_2 - 2$		6	6	6
$t_{tabla}$ =		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$

*Fuente: Elaboración propia*

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_o$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero (97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM) para una resistencia de  $f'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

### Decisión respecto a la hipótesis de investigación

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero: La hipótesis Nula ( $H_o$ ) planteada es:

$H_o$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.



Tabla 34. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91. <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
Concreto con 14 días de edad	$t_p=$		-2.09	-7.69	-19.25
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 33 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 14 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.1 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

### 3.3.3 Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_0: \mu_{RM} \leq \mu_{CP}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

#### Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

El número de variables es menor a 30.

### Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

$$\text{Hipótesis nula: } H_o: \mu_{RM} \leq \mu_{CP} \quad \text{Hipótesis alternativa: } H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$\mu_{RM}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$\mu_{CP}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” (97.00CP + 3.00RM).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4-1) * 1.45 + (4-1) * 2.19}{4+4-2}} = 1.34 t_p = \frac{171.63 - 180.33}{1.34 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -1.53$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 28 días de edad.

Tabla 35. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 28 días

N° de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 28 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	180.60	174.18	168.23	158.41
2	180.37	168.83	166.39	157.55
3	178.41	171.81	164.16	154.13
4	181.92	171.71	166.65	153.88
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{X}_i$ =	180.33	171.63	166.36	155.99
$S^2$	1.45	2.19	1.68	2.33
$\bar{X}_{RM}-\bar{X}_{CP}$ =		-8.70	-13.97	-24.34
$S_p$ =		1.34	1.25	1.37
$t_p$ =		-9.18	-15.80	-25.13

Fuente: Elaboración Propia

#### Paso N° 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.



Figura 32. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.

Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

**Paso N° 05: Toma de una decisión**

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_o$ , o se rechaza  $H_o$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 28 días del concreto.

**Edad de 28 días**

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 36. Decisión de la hipótesis  $H_o$  con el  $t_p$  para el concreto a 28 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO ( $\text{Kg-f/cm}^2$ ); Edad 28 días			
	$100_{Cp}+0_{RM}$	$97_{Cp}+3.0_{RM}$	$94_{Cp}+6.0_{RM}$	$91_{-Cp}+9.0_{RM}$
$t_p=$		-9.18	-15.80	-25.13
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+ n_2 - 2=$		6	6	6
$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero (97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM) para una resistencia de  $f'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 28 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

**Decisión respecto a la hipótesis de investigación**

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero:

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) planteada es:

$H_0$ : La adición

n de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 37. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
Concreto con 28 días de edad	$t_p=$		-9.18	-15.80	-25.13
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{tabla}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 36 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 28 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.1 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

### 3.3.4 Prueba de hipótesis a los 7 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_0: \mu_{x_{RM}} \leq \mu_{x_{CP}}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu_{x_{RM}} > \mu_{x_{CP}}$

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

#### Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

El número de variables es menor a 30.

#### Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$H_a: \mu_{x_{RM}} > \mu_{x_{CP}}$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

Hipótesis nula:  $H_0: \mu_{x_{RM}} \leq \mu_{x_{CP}}$  Hipótesis alternativa:  $H_a: \mu_{x_{RM}} > \mu_{x_{CP}}$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$u_{x_{RM}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$u_{x_{CP}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” (97.00CP + 3.00RM).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4 - 1) * 1.55 + (4 - 1) * 1.38}{4 + 4 - 2}} = 1.21 t_p = \frac{144.87 - 148.18}{1.21 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -3.87$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 7 días de edad.

Tabla 38. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7 días

Nº de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 7 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	148.06	144.69	141.28	134.34
2	146.45	144.78	138.13	130.62
3	148.02	146.68	140.57	137.90
4	150.22	143.33	136.83	136.60
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{x}_i$ =	148.18	144.87	139.21	134.87
$S^2$	1.55	1.38	2.08	3.19
$\bar{x}_{RM} - \bar{x}_{CP} =$		-3.31	-8.97	-13.31
$S_p$ =		1.21	1.35	1.54
$t_p$ =		-3.87	-9.40	-12.22

Fuente: Elaboración Propia.

#### Paso Nº 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.

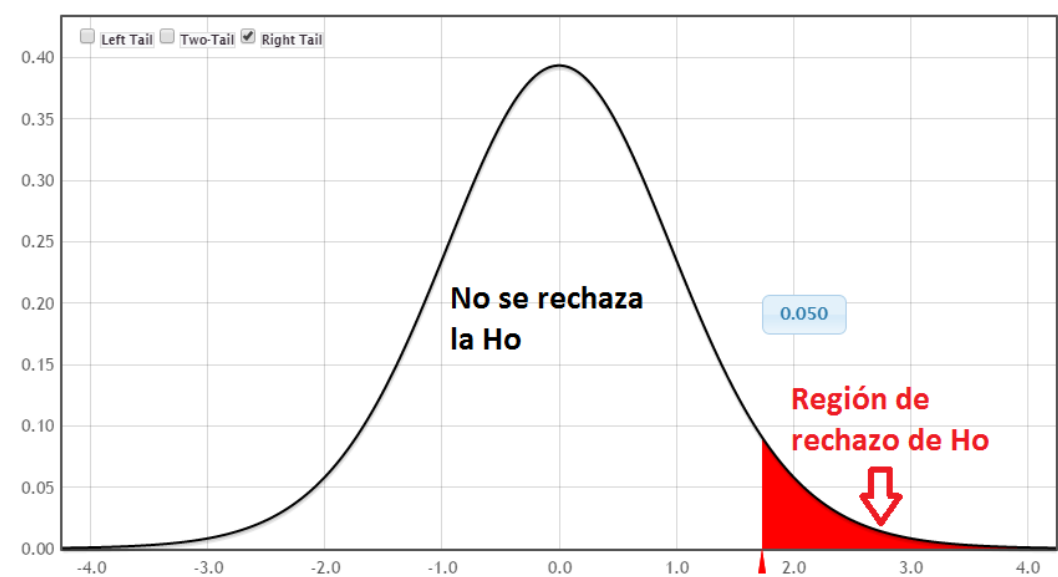


Figura 33. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.

Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

#### Paso N° 05: Toma de una decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 7 días del concreto.



### Edad de 7 días

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 39. Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a 7 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 7 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91. <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
$t_p=$		-3.87	-9.40	-12.22
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+ n_2 - 2=$		6	6	6
$t_{tabla}=$		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho

**Fuente: Elaboración propia**

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero (97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM) para una resistencia de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 7 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

### Decisión respecto a la hipótesis de investigación

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero:

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) planteada es:

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 40. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91. <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
Concreto con 7 días de edad	$t_p=$		-3.87	-9.40	-12.22
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$	No se Rechaza $H_0$

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 39 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 7 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.2 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

### 3.3.5 Prueba de hipótesis a los 14 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_0: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

#### Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

El número de variables es menor a 30.

### Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

$$\text{Hipótesis nula: } H_o: \mu_{RM} \leq \mu_{CP} \quad \text{Hipótesis alternativa: } H_a: \mu_{RM} > \mu_{CP}$$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$\mu_{RM}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$\mu_{CP}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 14 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” (97.00CP + 3.00RM).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4-1) * 1.55 + (4-1) * 1.07}{4+4-2}} = 1.14 t_p = \frac{181.46 - 187.43}{1.14 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -7.41$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 28 días de edad.

Tabla 41. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 14 días

N° de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 14 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	185.82	181.17	176.10	172.22
2	186.63	183.04	181.02	169.47
3	189.37	180.72	175.60	173.50
4	187.90	180.91	176.03	167.31
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{X}_i$ =	187.43	181.46	177.18	170.62
$S^2$	1.55	1.07	2.17	2.78
$\bar{X}_{RM}-\bar{X}_{CP} =$		-5.97	-10.25	-16.81
$S_p$ =		1.14	1.36	1.47
$t_p$ =		-7.41	-10.66	-16.17

Fuente: Elaboración Propia

#### Paso N° 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.



Figura 34. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.  
 Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

**Paso N° 05: Toma de una decisión**

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_o$ , o se rechaza  $H_o$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 14 días del concreto.

**Edad de 14 días**

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 42. Decisión de la hipótesis  $H_o$  con el  $t_p$  para el concreto a 14 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO ( $\text{Kg-f/cm}^2$ ); Edad 14 días			
	$100_{Cp}+0_{RM}$	$97_{Cp}+3.0_{RM}$	$94_{Cp}+6.0_{RM}$	$91_{-Cp}+9.0_{RM}$
$t_p=$		-7.41	-10.66	-16.17
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+ n_2 - 2=$		6	6	6
$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero(97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM)para una resistencia de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

**Decisión respecto a la hipótesis de investigación**

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero:

La hipótesis Nula ( $H_0$ ) planteada es:

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 43. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100CP+0RM	97CP+3.0RM	94CP+6.0RM	91.CP+9.0RM
Concreto con 14 días de edad	$t_p=$		-7.41	-10.66	-16.17
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1+ n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{tabla}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 42 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 14 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.2 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

### 3.3.6 Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> (3, 6 y 9% de relave minero)

#### Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

$H_0$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

$H_a$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_0: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$

La hipótesis Alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

#### Paso N° 02: Nivel de significancia

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de:  $\alpha = 0.05$

#### Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

El número de variables es menor a 30.

#### Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

Hipótesis nula:  $H_0: \mu x_{RM} \leq \mu x_{CP}$       Hipótesis alternativa:  $H_a: \mu x_{RM} > \mu x_{CP}$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} t_p = \frac{X_{RM} - X_C}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$u_{x_{RM}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto con relave minero en distintas proporciones del peso de cemento de 3%, 6% y 9%.

$u_{x_{CP}}$ : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (sin relave minero)

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, con “97.00% Cemento Portland + 3.00% de relave minero” (97.00CP + 3.00RM).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(4 - 1) * 1.84 + (4 - 1) * 3.36}{4 + 4 - 2}} = 1.61t_p = \frac{171.63 - 180.33}{1.34 * \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}} = -12.14$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 28 días de edad.

Tabla 44. Cálculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 28 días

Nº de Ensayo	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 28 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
1	214.36	201.63	196.12	186.42
2	213.71	204.37	199.24	183.77
3	217.61	197.05	187.51	183.05
4	216.58	203.95	198.63	186.05
$n_i$	4	4	4	4
$\bar{x}_i$	215.57	201.75	195.38	184.82
$S^2$	1.84	3.36	5.41	1.67
$\bar{x}_{RM} - \bar{x}_{CP} =$		-13.82	-20.19	-30.75
$S_p =$		1.61	1.90	1.32
$t_p =$		-12.14	-15.03	-32.94

Fuente: Elaboración Propia

#### Paso Nº 04: Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).



Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ También: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 6 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 4+4-2} = t_{0.05, 6} = 1.943$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.943, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.943 no se rechaza la nula.

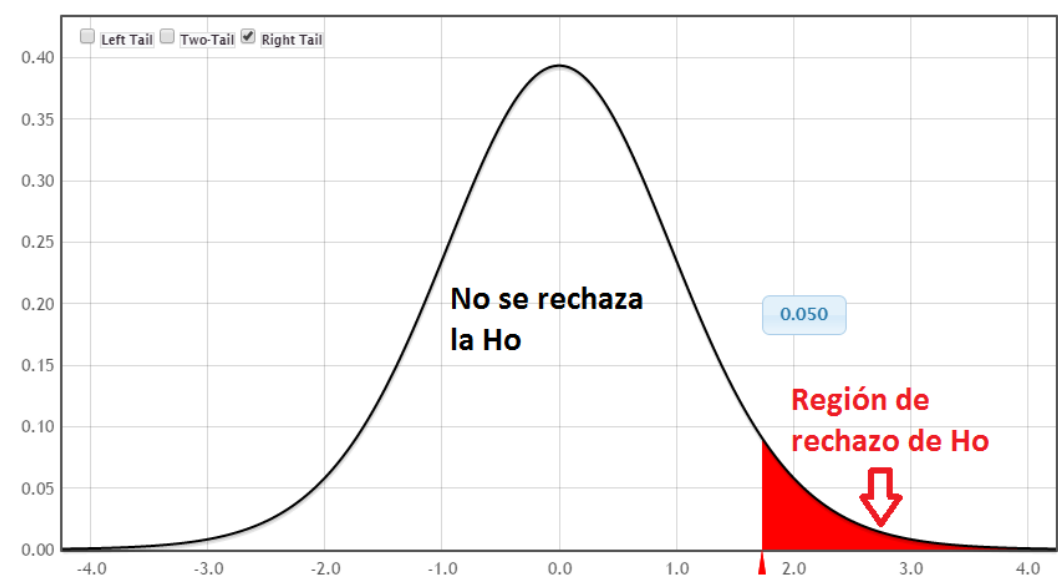


Figura 35. Gráfica de la distribución t para  $\alpha = 0.05$  y 6 grados de libertad.

Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution.

### Paso N° 05: Toma de una decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para una resistencia a compresión  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con relave minero a la edad de 28 días del concreto.

**Edad de 28 días**

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 45. Decisión de la hipótesis  $H_o$  con el  $t_p$  para el concreto a 28 días de edad.

Descripción	RESISTENCIA DEL CONCRETO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ); Edad 28 días			
	100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91 <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
$t_p=$		-12.14	-15.03	-32.94
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1 + n_2 - 2=$		6	6	6
$t_{tabla}=$		1.943	1.943	1.943
Decisión		No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$	No se Rechaza $H_o$

*Fuente: Elaboración propia*

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para el concreto de: 97CP+3.0RM, 94CP+6.0RM y 91CP+9.0RM caen en la región donde “No se Rechaza la  $H_o$ ” de la curva de t student ( $t_p < t_{tabla}$ ). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con relave minero (97C+3RM, 94C+6RM y 91C+9RM) es significativamente menor a la de un concreto sin relave minero (100CP+0RM) para una resistencia de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 28 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

**Decisión respecto a la hipótesis de investigación**

La tabla muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de relave minero:

La hipótesis Nula ( $H_o$ ) planteada es:

$H_o$ : La adición de un porcentaje de relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 46. Resumen de análisis de datos con el estadístico t de student

Descripción		100 <sub>CP</sub> +0 <sub>RM</sub>	97 <sub>CP</sub> +3.0 <sub>RM</sub>	94 <sub>CP</sub> +6.0 <sub>RM</sub>	91. <sub>CP</sub> +9.0 <sub>RM</sub>
Concreto con 28 días de edad	$t_p=$		-12.14	-15.03	-32.94
	$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
	$n_1+ n_2 - 2=$		6	6	6
	$t_{\text{tabla}}=$		1.943	1.943	1.943
	Decisión		No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho	No se Rechaza Ho

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 45 podemos decir que: No se acepta la hipótesis de investigación que afirma; que la adición con relave minero como sustituto del cemento portland puzolánico IP mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 28 días.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 4.1.2 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADO

##### 4.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'c = 175 \text{ KG/CM}^2$

a) **Concreto  $F'c=175 \text{ kgcm}^2$  con 100% contenido de cemento y 0% contenido de relave minero.**

Tabla 47. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.32	184.21	175	22,150	120.24	68.71	67.00	1.71	2.83
7	10.19	81.47	175	10,350	123.23	70.41	67.00	3.41	
7	10.18	81.39	175	10,680	127.28	72.73	67.00	5.73	
7	10.17	81.15	175	9,880	118.09	67.48	67.00	0.48	
14	15.32	184.21	175	29,270	158.89	90.79	86.00	4.79	4.32
14	10.19	81.47	175	12,980	154.54	88.31	86.00	2.31	
14	10.18	81.39	175	13,290	158.38	90.50	86.00	4.50	
14	10.17	81.15	175	13,420	160.41	91.66	86.00	5.66	
28	15.32	184.21	175	33,270	180.60	103.20	100.00	3.20	3.04
28	10.19	81.47	175	15,150	180.37	103.07	100.00	3.07	
28	10.18	81.39	175	14,970	178.41	101.95	100.00	1.95	
28	10.17	81.15	175	15,220	181.92	103.95	100.00	3.95	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de lo ocurrido en la mezcla del concreto sin adiciones de relave minero se observa que la resistencia a la compresión de este es de forma favorable con un ligero 3.04% incremento de la resistencia deseada, con lo que se comprueba el correcto uso del diseño de mezclas por el método ACI.

**b) Concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 97% contenido de cemento y 3% contenido de relave minero.**

Tabla 48. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.38	185.78	175	22,720	122.29	69.88	67.00	2.88	1.99
7	10.21	81.87	175	10,220	121.08	69.19	67.00	2.19	
7	10.16	81.07	175	10,060	120.36	68.78	67.00	1.78	
7	10.17	81.23	175	9,980	119.17	68.10	67.00	1.10	
14	15.38	185.78	175	29,260	157.50	90.00	86.00	4.00	3.05
14	10.21	81.87	175	12,950	153.43	87.67	86.00	1.67	
14	10.16	81.07	175	12,960	155.06	88.61	86.00	2.61	
14	10.17	81.23	175	13,180	157.38	89.93	86.00	3.93	
28	15.38	185.78	175	32,360	174.18	99.53	100.00	-0.47	-1.92
28	10.21	81.87	175	14,250	168.83	96.47	100.00	-3.53	
28	10.16	81.07	175	14,360	171.81	98.18	100.00	-1.82	
28	10.17	81.23	175	14,380	171.71	98.12	100.00	-1.88	

*Fuente: Elaboración propia*

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 3% como sustituto del cemento, se observa un descenso notable de resistencia a los 28 días, lo cual nos indica que está dentro del parámetro de la resistencia a compresión.

**c) Concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 94% contenido de cemento y 6% contenido de relave minero**

Tabla 49. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.29	183.49	175	21,840	119.02	68.01	67.00	1.01	1.34
7	10.15	80.91	175	10,100	121.08	69.19	67.00	2.19	
7	10.13	80.60	175	10,090	121.44	69.39	67.00	2.39	
7	10.14	80.67	175	9,720	116.87	66.78	67.00	-0.22	
14	15.29	183.49	175	27,870	151.89	86.79	86.00	0.79	0.12
14	10.15	80.91	175	12,600	151.05	86.31	86.00	0.31	
14	10.13	80.60	175	12,390	149.12	85.21	86.00	-0.79	
14	10.14	80.67	175	12,540	150.78	86.16	86.00	0.16	
28	15.29	183.49	175	30,870	168.23	96.13	100.00	-3.87	-4.94
28	10.15	80.91	175	13,880	166.39	95.08	100.00	-4.92	
28	10.13	80.60	175	13,640	164.16	93.81	100.00	-6.19	
28	10.14	80.67	175	13,860	166.65	95.23	100.00	-4.77	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 6% como sustituto del cemento, se observa un ligero descenso notable de resistencia a los 28 días, pero aun así se aprecia que el valor obtenido todavía está dentro del parámetro de la resistencia a compresión.

**d) Concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con 91% contenido de cemento y 9% contenido de relave minero**

Tabla 50. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.33	184.46	175	20,980	113.74	64.99	67.00	-2.01	
7	10.18	81.39	175	9,620	114.65	65.51	67.00	-1.49	
7	10.18	81.31	175	9,560	114.04	65.17	67.00	-1.83	-2.89
7	10.20	81.63	175	8,950	106.35	60.77	67.00	-6.23	
14	15.33	184.46	175	25,620	138.90	79.37	86.00	-6.63	
14	10.18	81.39	175	11,220	133.71	76.41	86.00	-9.59	
14	10.18	81.31	175	11,610	138.50	79.14	86.00	-6.86	-7.82
14	10.20	81.63	175	11,460	136.17	77.81	86.00	-8.19	
28	15.33	184.46	175	29,220	158.41	90.52	100.00	-9.48	
28	10.18	81.39	175	13,220	157.55	90.03	100.00	-9.97	
28	10.18	81.31	175	12,920	154.13	88.07	100.00	-11.93	-10.86
28	10.20	81.63	175	12,950	153.88	87.93	100.00	-12.07	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 9% como sustituto del cemento, se observa un descenso notable de -10.86% resistencia a los 28 días, lo cual nos indica que ya no es un porcentaje favorable para el diseño de mezclas.

**4.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$**

**a) Concreto  $f'c=210 \text{ kgcm}^2$  con 100% contenido de cemento y 0% contenido de relave minero.**

Tabla 51. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.28	183.37	210	27,150	148.06	70.50	67.00	3.50	3.56
7	10.11	80.28	210	12,120	146.45	69.74	67.00	2.74	
7	10.18	81.39	210	12,420	148.02	70.48	67.00	3.48	
7	10.17	81.23	210	12,580	150.22	71.53	67.00	4.53	
14	15.25	182.65	210	33,940	185.82	88.48	86.00	2.48	3.25
14	10.18	81.39	210	15,660	186.63	88.87	86.00	2.87	
14	10.18	81.39	210	15,890	189.37	90.18	86.00	4.18	
14	10.17	81.15	210	15,720	187.90	89.47	86.00	3.47	
28	15.29	183.61	210	39,360	214.36	102.08	100.00	2.08	2.65
28	10.19	81.47	210	17,950	213.71	101.77	100.00	1.77	
28	10.18	81.39	210	18,260	217.61	103.63	100.00	3.63	
28	10.17	81.15	210	18,120	216.58	103.13	100.00	3.13	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de lo ocurrido en la mezcla del concreto sin adiciones de relave minero se observa que la resistencia a la compresión de este es de forma favorable con un ligero 2.65% incremento de la resistencia deseada, con lo que se comprueba el correcto uso del diseño de mezclas por el método ACI.



**b) Concreto  $F'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con 97% contenido de cemento y 3% contenido de relave minero.**

Tabla 52. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.51	188.81	210	27,320	144.69	68.90	67.00	1.90	1.99
7	10.21	81.87	210	12,220	144.78	68.94	67.00	1.94	
7	10.16	81.07	210	12,260	146.68	69.85	67.00	2.85	
7	10.16	81.07	210	11,980	143.33	68.25	67.00	1.25	
14	15.33	184.58	210	33,440	181.17	86.27	86.00	0.27	0.41
14	10.21	81.87	210	15,450	183.04	87.16	86.00	1.16	
14	10.15	80.83	210	15,060	180.72	86.06	86.00	0.06	
14	10.17	81.23	210	15,150	180.91	86.15	86.00	0.15	
28	15.38	185.78	210	37,460	201.63	96.02	100.00	-3.98	-3.93
28	10.21	81.87	210	17,250	204.37	97.32	100.00	-2.68	
28	10.16	81.07	210	16,470	197.05	93.84	100.00	-6.16	
28	10.17	81.23	210	17,080	203.95	97.12	100.00	-2.88	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 3% como sustituto del cemento, se observa un descenso notable de resistencia a los 28 días, lo cual nos indica que está dentro del parámetro de la resistencia a compresión.

**c) Concreto  $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con 94% contenido de cemento y 6% contenido de relave minero**

Tabla 53. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.26	182.89	210	25,840	141.28	67.28	67.00	0.28	
7	10.14	80.75	210	11,500	138.13	65.78	67.00	-1.22	
7	10.13	80.60	210	11,680	140.57	66.94	67.00	-0.06	-0.71
7	10.14	80.67	210	11,380	136.83	65.16	67.00	-1.84	
14	15.18	180.98	210	31,870	176.10	83.85	86.00	-2.15	
14	10.15	80.91	210	15,100	181.02	86.20	86.00	0.20	
14	10.13	80.60	210	14,590	175.60	83.62	86.00	-2.38	-1.63
14	10.14	80.67	210	14,640	176.03	83.82	86.00	-2.18	
28	15.26	182.89	210	35,870	196.12	93.39	100.00	-6.61	
28	10.15	80.91	210	16,620	199.24	94.88	100.00	-5.12	
28	10.13	80.60	210	15,580	187.51	89.29	100.00	-10.71	-6.96
28	10.14	80.67	210	16,520	198.63	94.59	100.00	-5.41	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 6% como sustituto del cemento, se observa un ligero descenso de -6.96% resistencia a los 28 días, pero se aprecia que el valor obtenido no está dentro del parámetro de la resistencia deseada a los 28 días.

**d) Concreto F'c=210 Kg/cm<sup>2</sup> con 91% contenido de cemento y 9% contenido de relave minero**

Tabla 54. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.33	184.46	210	24,780	134.34	63.97	67.00	-3.03	
7	10.18	81.39	210	10,960	130.62	62.20	67.00	-4.80	
7	10.18	81.31	210	11,560	137.90	65.67	67.00	-1.33	-2.78
7	10.13	80.60	210	11,350	136.60	65.05	67.00	-1.95	
14	15.27	183.13	210	31,540	172.22	82.01	86.00	-3.99	
14	10.18	81.39	210	14,220	169.47	80.70	86.00	-5.30	
14	10.17	81.23	210	14,530	173.50	82.62	86.00	-3.38	-4.75
14	10.20	81.63	210	14,080	167.31	79.67	86.00	-6.33	
28	15.29	183.61	210	34,230	186.42	88.77	100.00	-11.23	
28	10.18	81.39	210	15,420	183.77	87.51	100.00	-12.49	
28	10.20	81.71	210	15,420	183.05	87.17	100.00	-12.83	-11.99
28	10.16	81.07	210	15,550	186.05	88.59	100.00	-11.41	

*Fuente: Elaboración propia*

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 9% como sustituto del cemento, se observa un descenso notable de -11.99% resistencia a los 28 días, lo cual nos indica que ya no es un porcentaje favorable para el diseño de mezclas.

**4.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C = 245 KG/CM2**

**a) Concreto F'c=245 kgcm2 con 100% contenido de cemento y 0% contenido de relave minero.**

Tabla 55. Resistencia a la compresión 100%(Cemento)+0%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm2)	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm2)	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm2)	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.29	183.49	245	29,260	159.46	65.09	67.00	-1.91	
7	10.17	81.23	245	13,360	159.53	65.11	67.00	-1.89	
7	10.18	81.39	245	13,510	161.01	65.72	67.00	-1.28	-1.63
7	10.17	81.23	245	13,450	160.61	65.55	67.00	-1.45	
14	15.20	181.46	245	37,440	206.33	84.22	86.00	-1.78	
14	10.18	81.39	245	17,470	208.20	84.98	86.00	-1.02	
14	10.19	81.47	245	17,220	205.02	83.68	86.00	-2.32	-1.59
14	10.18	81.31	245	17,410	207.69	84.77	86.00	-1.23	
28	15.29	183.49	245	43,960	239.57	97.78	100.00	-2.22	
28	10.18	81.39	245	20,270	241.57	98.60	100.00	-1.40	
28	10.17	81.15	245	19,960	238.58	97.38	100.00	-2.62	-1.97
28	10.16	80.99	245	20,120	240.96	98.35	100.00	-1.65	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de lo ocurrido en la mezcla del concreto sin adiciones de relave minero se observa que la resistencia a la compresión de este es de forma desfavorable con un ligero descenso -1.97% de la resistencia deseada, con lo que se comprueba que el uso de material canto rodado no es igual que el material piedra triturada.

**b) Concreto  $F'c=245 \text{ Kg/cm}^2$  con 97% contenido de cemento y 3% contenido de relave minero.**

Tabla 56. Resistencia a la compresión 97%(Cemento)+3%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.41	186.39	245	28,650	153.71	62.74	67.00	-4.26	
7	10.18	81.31	245	12,710	151.62	61.89	67.00	-5.11	
7	10.16	81.07	245	12,850	153.74	62.75	67.00	-4.25	-4.61
7	10.17	81.23	245	12,760	152.37	62.19	67.00	-4.81	
14	15.32	184.21	245	37,040	201.07	82.07	86.00	-3.93	
14	10.18	81.39	245	16,730	199.38	81.38	86.00	-4.62	
14	10.17	81.15	245	16,790	200.69	81.91	86.00	-4.09	-4.17
14	10.17	81.23	245	16,820	200.85	81.98	86.00	-4.02	
28	15.34	184.70	245	41,820	226.43	92.42	100.00	-7.58	
28	10.18	81.31	245	19,490	232.50	94.90	100.00	-5.10	
28	10.17	81.15	245	18,880	225.67	92.11	100.00	-7.89	-7.19
28	10.17	81.23	245	18,840	224.97	91.82	100.00	-8.18	

*Fuente: Elaboración propia*

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 3% como sustituto del cemento, se observa un ligero descenso de - 7.19% resistencia a los 28 días, que nos indica valores desfavorables con respecto al material Puzolánico utilizado en la presente investigación.

**c) Concreto  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> con 94% contenido de cemento y 6% contenido de relave minero**

Tabla 57. Resistencia a la compresión 94%(Cemento)+6%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.23	182.18	245	26,430	145.08	59.22	67.00	-7.78	
7	10.17	81.23	245	11,870	141.74	57.85	67.00	-9.15	
7	10.18	81.31	245	12,050	143.75	58.67	67.00	-8.33	-8.25
7	10.16	80.99	245	12,120	145.15	59.25	67.00	-7.75	
14	15.23	182.18	245	35,290	193.71	79.07	86.00	-6.93	
14	10.17	81.15	245	16,400	196.02	80.01	86.00	-5.99	
14	10.17	81.15	245	16,250	194.23	79.28	86.00	-6.72	-6.42
14	10.16	80.99	245	16,360	195.93	79.97	86.00	-6.03	
28	15.26	182.89	245	38,980	213.13	86.99	100.00	-13.01	
28	10.17	81.15	245	18,020	215.39	87.91	100.00	-12.09	
28	10.16	80.99	245	18,210	218.09	89.02	100.00	-10.98	-12.01
28	10.17	81.15	245	18,050	215.75	88.06	100.00	-11.94	

*Fuente: Elaboración propia*

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 6% como sustituto del cemento, se observa un ligero descenso de -12.01% resistencias a los 28 días, lo cual nos indica que no es favorable para el diseño.

**d) Concreto  $F'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$  con 91% contenido de cemento y 9% contenido de relave minero.**

Tabla 58. Resistencia a la compresión 91%(Cemento)+9%(Relave Minero)

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia	% de Resistencia que debe alcanzar	% de incremento (+) o disminución (-)	% Promedio de Resistencia
7	15.29	183.49	245	25,190	137.28	56.03	67.00	-10.97	
7	10.19	81.55	245	11,580	137.73	56.22	67.00	-10.78	
7	10.18	81.31	245	11,650	138.98	56.72	67.00	-10.28	-10.64
7	10.16	80.99	245	11,550	138.33	56.46	67.00	-10.54	
14	15.25	182.65	245	34,450	188.61	76.98	86.00	-9.02	
14	10.17	81.23	245	15,530	185.44	75.69	86.00	-10.31	
14	10.18	81.31	245	15,810	188.60	76.98	86.00	-9.02	-9.52
14	10.18	81.31	245	15,660	186.81	76.25	86.00	-9.75	
28	15.27	183.13	245	38,580	210.67	85.99	100.00	-14.01	
28	10.17	81.23	245	17,440	208.25	85.00	100.00	-15.00	
28	10.18	81.39	245	17,650	210.34	85.85	100.00	-14.15	-14.79
28	10.17	81.15	245	17,220	205.83	84.01	100.00	-15.99	

**Fuente: Elaboración propia**

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 9% como sustituto del cemento, se observa un descenso notable de -14.79% de resistencia a los 28 días, lo cual nos indica que ya no es un porcentaje favorable para el diseño de mezclas.



Figura 36. Rotura de briquetas de 6"x12" y de 4"x8" respectivamente.

## 4.2. DISCUSION

### 4.2.1 GENERALIDADES

Para la presentación de la investigación se realizaron ensayos a los siguientes materiales usados:

- Agregado Fino, procedente del rio Uyuni -Putina.
- Agregado Grueso, procedente del rio Uyuni -Putina.
- Cemento Portland Rumi Tipo IP.
- Relave minero, traído desde la misma mina por los propios testistas.
- Agua potable, de la red de suministro de la ciudad Universitaria (UNA PUNO)

### ENSAYOS PRELIMINARES

Se ensayaron los agregados (Fino y Grueso) para poder hallar sus propiedades físicas. También se hizo el análisis Químico del relave minero, para conocer si cumple los requisitos de la Norma ASTM C618-3 para ser colocado en el concreto.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global



se halló de acuerdo a las tablas indicadas en el método de diseño de mezclas del ACI.

Se utilizó un mismo diseño de mezclas para la elaboración del concreto, cabe indicar que se consideró la misma relación agua/cemento para todas las muestras de concreto (Concreto normal y Concreto con diferentes porcentajes de relave minero).

Las condiciones de curado fueron realizadas a la temperatura de aproximadamente 13°C. (Cabe indicar que esta temperatura representa la temperatura del agua y del medio normal en nuestra zona).

## **4.2.2 AGREGADOS**

### **4.2.2.1 AGREGADO FINO**

El agregado fino usado en la presente investigación es de la cantera “rio Uyuni - Putina”. En la gráfica de la curva granulométrica (ver Anexo) se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por la Norma NTP 400.012.

### **4.2.2.2 AGREGADO GRUESO**

El agregado grueso usado es de la cantera “rio Uyuni - Putina”. En la gráfica de la curva granulométrica (ver Anexo) se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por el Huso 57, determinado por la Norma NTP 400.037.

## **4.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

### **4.2.3.1 TRABAJABILIDAD**

El asentamiento de diseño fue de 3” a 4” (concreto trabajable), considerando así a la mezcla con consistencia plástica, además se trabajó con una misma cantidad de agua para todos los tipos de concreto de las tres diferentes resistencias  $F'c = 175, 210$  y  $245 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se evaluó la trabajabilidad con base en la prueba de revenimiento en el cono de Abrahams, ASTM C 143. En la tabla 59. Se muestran los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 59. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Cemento	Relave Minero	Asentamiento		
		$F'c=175\text{Kg/cm}^2$ , Promedio (pulg.)	% de trabajabilidad	% aumenta la trabajabilidad
100%	0%	3.4 "	100.00%	0.00%
97%	3%	3.45 "	101.47%	1.47%
94%	6%	3.5"	102.94%	2.94%
91%	9%	3.55 "	104.41%	4.41%

Fuente: *Elaboración propia*

Se observa que a medida que se aumenta la sustitución de relave minero, aumenta la trabajabilidad del concreto fresco.

Según estos resultados se puede ver que al incluir el relave minero a las mezclas si mejoró la trabajabilidad, por el contrario se obtuvieron mayores; esto se debe a que el reemplazo del relave minero se realizó en peso, y al tener el relave minero con una densidad menor a la del cemento se tuvo un mayor volumen de cementantes.

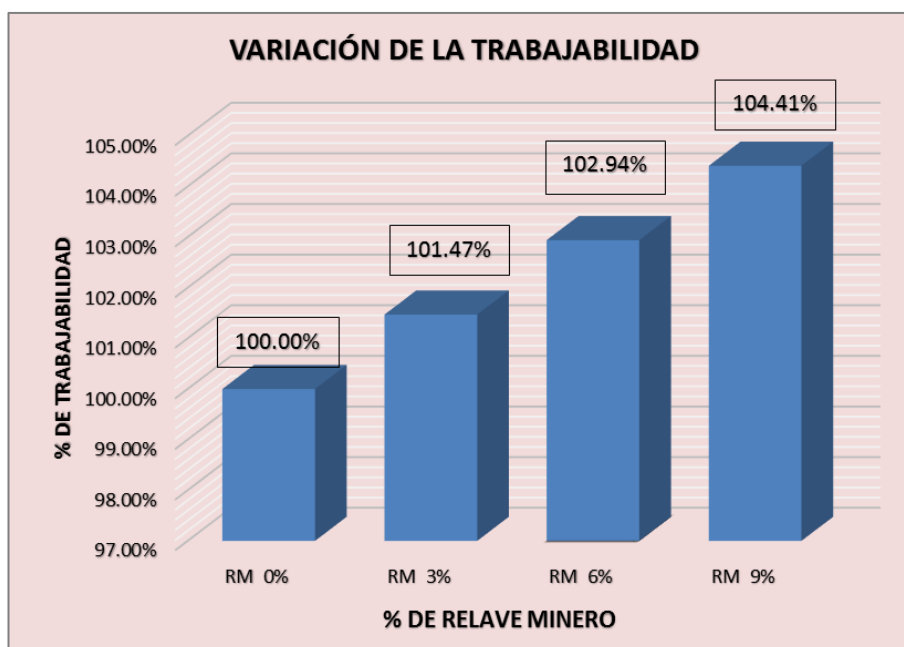


Figura 37. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.

Fuente: *Elaboración Propia*

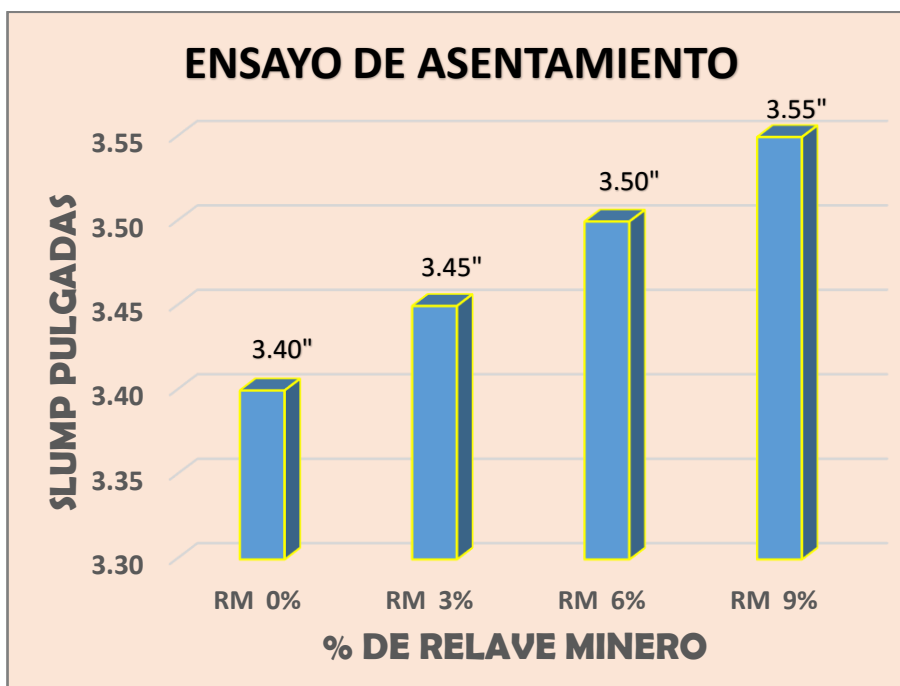


Figura 38. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero

Fuente: *Elaboración Propia*

Se evaluó la trabajabilidad con base en la prueba de revenimiento en el cono de Abrahams, ASTM C 143. En la tabla 60 se muestran los resultados obtenidos en esta prueba

Tabla 60. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Cemento	Relave Minero	Asentamiento $F'c=210\text{Kg/cm}^2$ , Promedio (pulg.)	% de trabajabilidad	% aumenta la trabajabilidad
100%	0%	3.3 "	100.00%	0.00%
97%	3%	3.35 "	101.52%	1.52%
94%	6%	3.40"	103.03%	3.03%
91%	9%	3.50 "	106.06%	6.06%

Fuente: *Elaboración propia*

Se observa que a medida que se aumenta la sustitución de relave minero, aumenta la trabajabilidad del concreto fresco.

Según estos resultados se puede ver que al incluir el relave minero a las mezclas si mejoró la trabajabilidad, por el contrario se obtuvieron mayores; esto se debe a que el reemplazo del relave minero se realizó en peso, y al tener el relave minero con una densidad menor a la del cemento se tuvo un mayor volumen de cementantes.

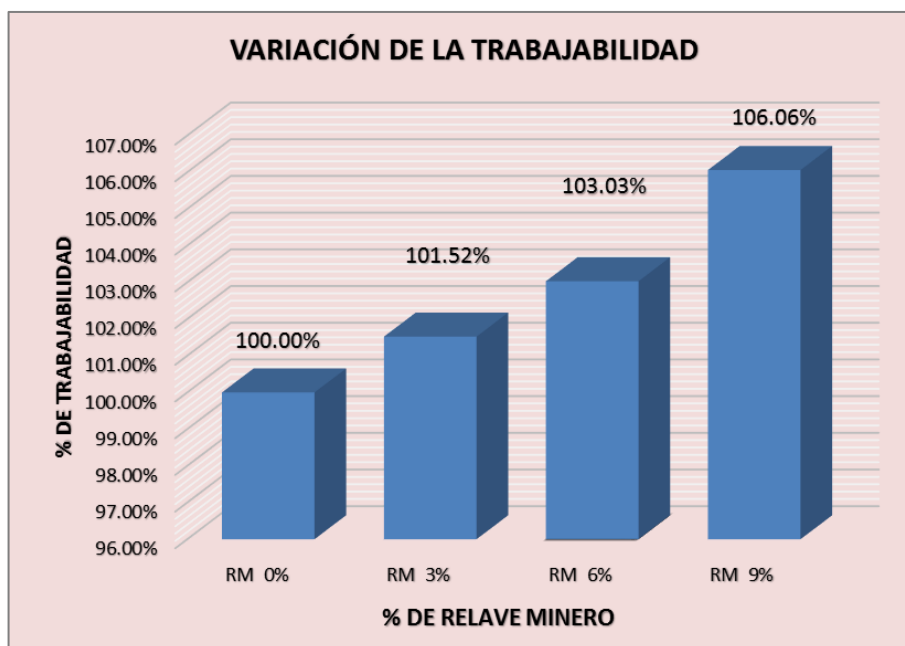


Figura 39. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.  
Fuente: *Elaboración Propia*

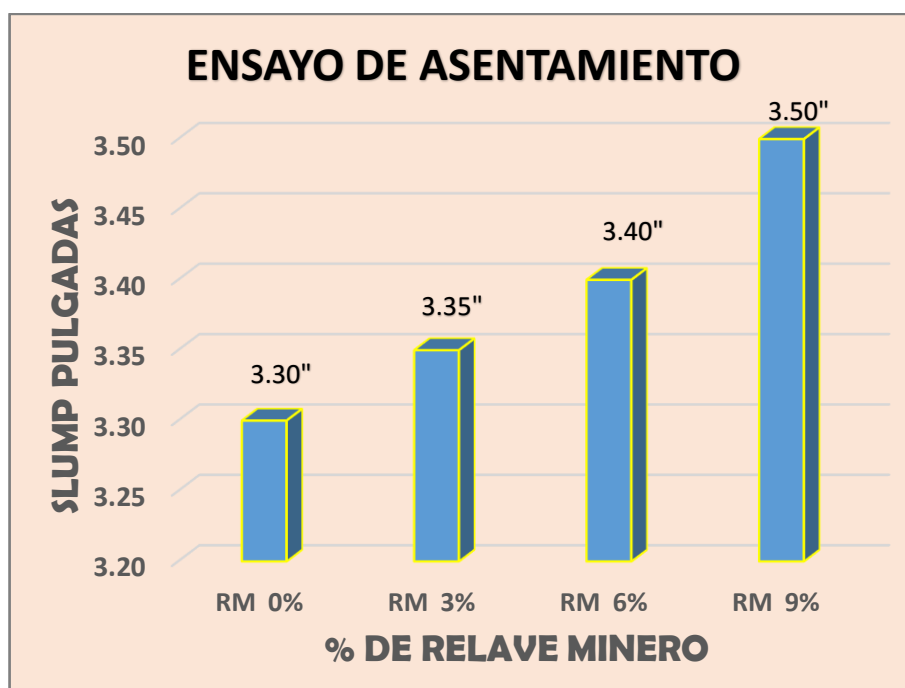


Figura 40. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero  
Fuente: *Elaboración Propia*

Se evaluó la trabajabilidad con base en la prueba de revenimiento en el cono de Abrahams, ASTM C 143. En la tabla 61. Se muestran los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 61. Resumen de resultados de ensayos de Trabajabilidad para  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

Cemento	Relave Minero	Asentamiento $F'c=245\text{Kg/cm}^2$ , Promedio (pulg.)	% de trabajabilidad	% disminución trabajabilidad
100%	0%	3.20"	100.00%	0.00%
97%	3%	3.25 "	101.56%	1.56%
94%	6%	3.35 "	104.69%	4.69%
91%	9%	3.5 "	109.36%	9.36%

Fuente: *Elaboración propia*

Se observa que a medida que se aumenta la sustitución de relave minero, aumenta la trabajabilidad del concreto fresco.

Según estos resultados se puede ver que al incluir el relave minero a las mezclas si mejoró la trabajabilidad, por el contrario se obtuvieron mayores; esto se debe a que el reemplazo del relave minero se realizó en peso, y al tener el relave minero con una densidad menor a la del cemento se tuvo un mayor volumen de cementantes.

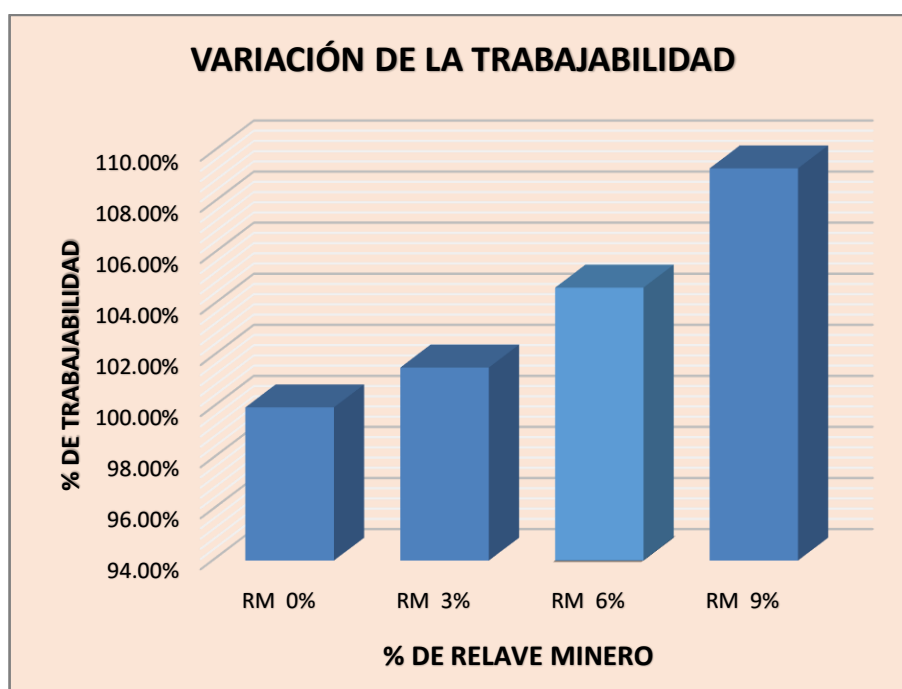


Figura 41. Distribución de Trabajabilidad del concreto Fresco.

Fuente: *Elaboración Propia*

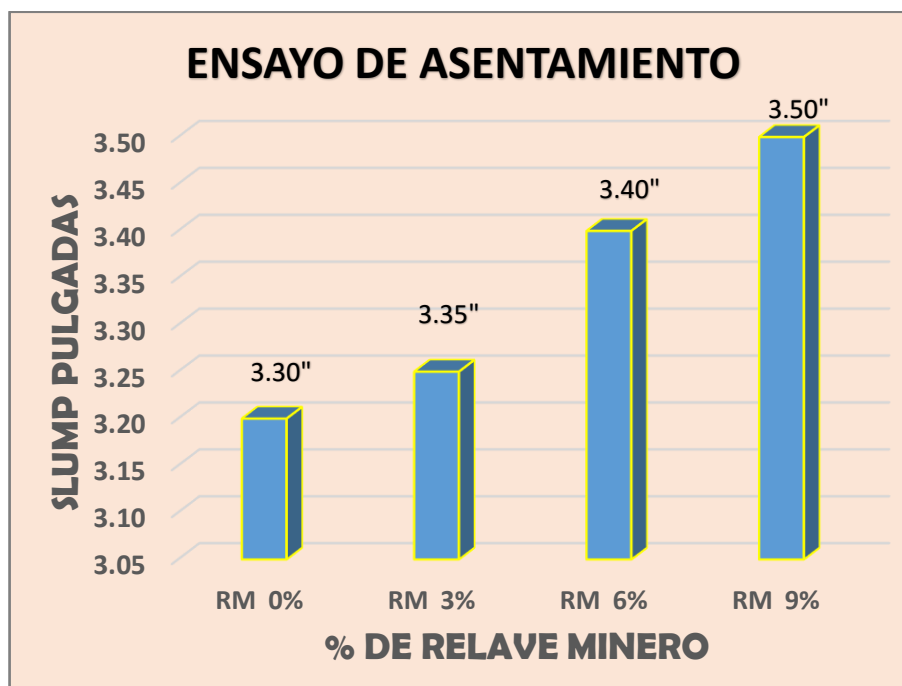


Figura 42. Variación de asentamiento según porcentajes de Relave Minero

Fuente: *Elaboración Propia*

#### 4.2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

##### 4.2.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se muestran los resultados promedios de resistencia final obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con diferentes porcentajes de relave minero a los 7, 14 y 28 días, tal como se muestra en la tabla 62.

Tabla 62. Resistencia a la compresión promedio obtenido de  $f'c=175 \text{ gk/cm}^2$

Concreto con:		Resistencia a la compresión con respecto a $175 \text{ kg/cm}^2$					
Cemento	Relave Minero	7 días		14 días		28 días	
		$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	%
Resistencia teórica ->		117.25	67.00%	150.5	86.00%	175	100.00%
100%	0%	122.21	69.83%	158.05	90.32%	180.33	103.04%
97%	3%	120.73	68.99%	155.84	89.05%	171.63	98.08%
94%	6%	119.60	68.34%	150.71	86.12%	166.36	95.06%
91%	9%	112.19	64.11%	136.82	78.18%	155.99	89.14%

Fuente: *Elaboración Propia*

Con los datos de la tabla 62 se pueden representar gráficamente, como indica en la figura

43.

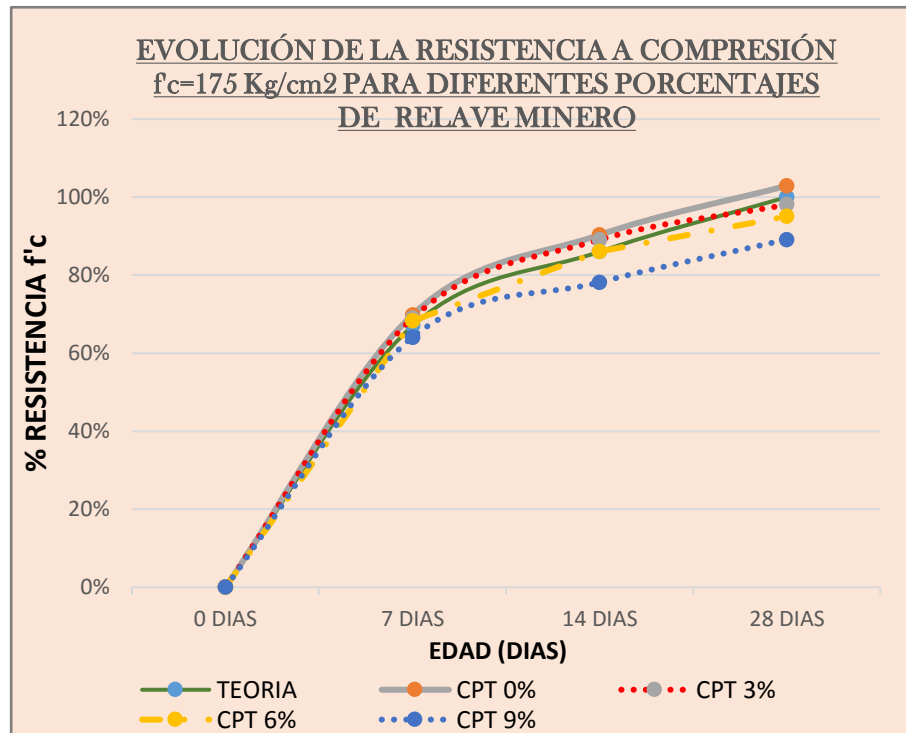


Figura 43. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave minero.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede ver el relave minero utilizada a los 28 días llega dentro del parámetro de la resistencia a la compresión frente al concreto patrón en un máximo de 6% como sustituto del cemento portland Puzolánico IP.

Se muestran los resultados promedios de resistencia final obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con diferentes porcentajes de relave minero a los 7, 14 y 28 días, tal como se muestra en la tabla 63.

Tabla 63. Resistencia a la compresión promedio obtenido de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Concreto con:		Resistencia a la compresión con respecto a $210 \text{ kg/cm}^2$					
Cemento	Relave Minero	7 días		14 días		28 días	
		$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	%
Resistencia teórica ->		140.7	67.00%	180.6	86.00%	210	100.00%
100%	0%	148.18	70.56%	187.43	89.25%	215.57	102.65%
97%	3%	144.87	68.99%	181.46	86.41%	201.75	96.07%
94%	6%	139.21	66.29%	177.18	84.37%	195.38	93.04%
91%	9%	134.87	64.22%	170.62	81.25%	184.82	88.01%

Fuente: *Elaboración Propia*

Con los datos de la tabla 63 se pueden representar gráficamente, como indica en la figura 44.

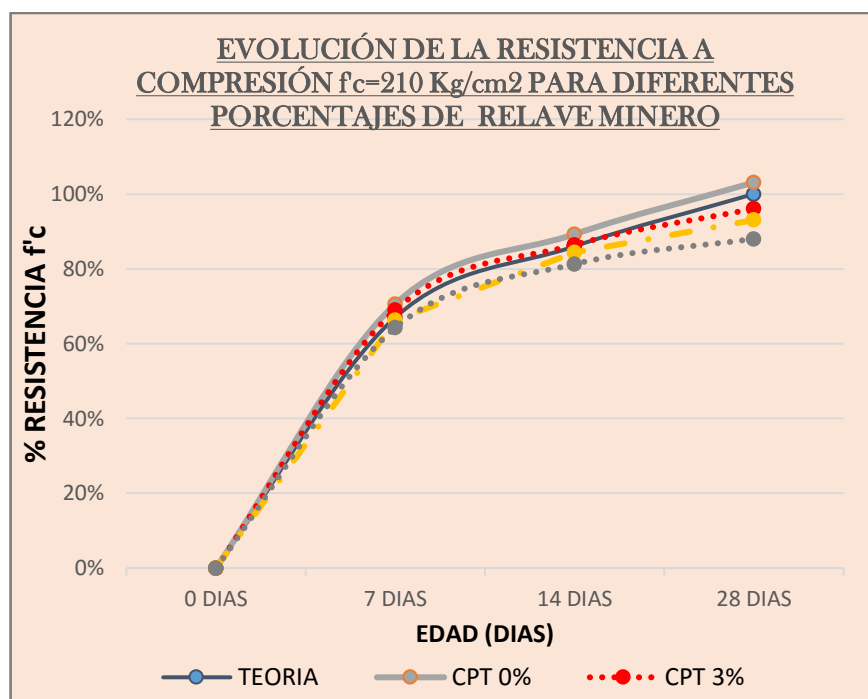


Figura 44. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave minero.

Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede ver el relave minero utilizada a los 28 días llega dentro del parámetro de la resistencia a la compresión frente al concreto patrón en un máximo de 3% como sustituto del cemento portland Puzolánico IP.

Se muestran los resultados promedios de resistencia final obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con diferentes porcentajes de relave minero a los 7, 14 y 28 días, tal como se muestra en la tabla 64.

Tabla 64. Resistencia a la compresión promedio obtenido de  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

Cemento	Relave Minero	Resistencia a la compresión con respecto a $245 \text{ kg/cm}^2$					
		7 días		14 días		28 días	
		kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
Resistencia teórica ->		164.15	67.00%	210.7	86.00%	245	100.00%
100%	0%	160.15	65.37%	206.81	84.41%	241.36	98.51%
97%	3%	152.86	62.39%	200.50	81.83%	227.39	92.81%
94%	6%	143.93	58.75%	194.98	79.58%	215.59	87.99%
91%	9%	138.08	56.36%	187.37	76.48%	208.77	85.21%

Fuente: *Elaboración Propia*



Con los datos de la tabla 64 se pueden representar gráficamente, como indica en la figura 45.

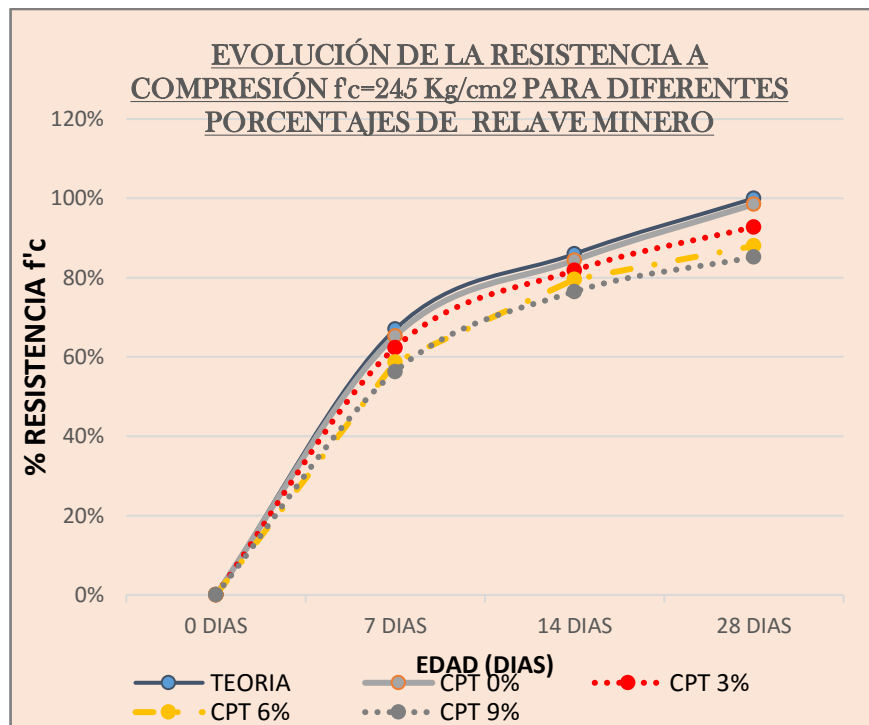


Figura 45. Evolución de la Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de relave minero.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver el relave minero utilizado a los 28 días no llega al parámetro de la resistencia a la compresión frente al concreto patrón en ninguno de los porcentajes del relave minero.

#### 4.2.5 ANÁLISIS DE COSTO:

Pero se podría citar los costos referidos a otro tipo de puzolana artificial tales como son:

- Relave Minero S/. 200 /tonelada

Considerando un costo de traslado de S/1000.00 desde el distrito de Ananea hasta el distrito de Putina por la cantidad de 20 toneladas se tendría que:

Para una tonelada un costo de S/. 50.00, entonces el costo por tonelada incluido transporte sería de: **S/. 250.00** y finalmente el costo por Kg. Sería: **S/. 0.25**

Tabla 65. Costo del concreto patrón de  $f'c=175$  gk/cm<sup>2</sup>

Material	Cantidad Usada para $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 100%	337 kg/(1)m <sup>3</sup>	7.933 bls	S/.22.00	S/.174.54
RM 0%	0 kg/(1)m <sup>3</sup>	0 kg	S/.0.25	S/.0.00
Agregado Fino	684 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.28 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.15.23
Agregado Grueso	1,008 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17
Agua Efectiva	226 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.91
<b>Costo Total para 1 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.213.85</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 66. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0005 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 97%	327 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	7.695 bls	S/.22.00	S/.169.30	S/.169.22
RM 3%	10 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	10 kg	S/.0.25	S/.2.53	S/.2.53
Agregado Fino	684 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.28 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.15.23	S/.15.23
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17	S/.23.16
Agua Efectiva	226 lt/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.91	S/.0.90
<b>Costo Total para 1.0005 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.211.14</b>	<b>S/.211.04</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 67. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0010 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 94%	317 kg/(1.0010)m <sup>3</sup>	7.457 bls	S/.22.00	S/.164.06	S/.163.91
RM 6%	20 kg/(1.0010)m <sup>3</sup>	20 kg	S/.0.25	S/.5.06	S/.5.05
Agregado Fino	684 kg/(1.0010)m <sup>3</sup>	0.28 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.15.23	S/.15.22
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0010)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17	S/.23.15
Agua Efectiva	226.3 lt/(1.0010)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.91	S/.0.90
<b>Costo Total para 1.0010 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.208.43</b>	<b>S/.208.23</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 68. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0014 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 91%	307 kg/(1.0014)m <sup>3</sup>	7.219 bls	S/.22.00	S/.158.83	S/.158.60
RM 9%	30 kg/(1.0014)m <sup>3</sup>	30 kg	S/.0.25	S/.7.59	S/.7.58
Agregado Fino	684 kg/(1.0014)m <sup>3</sup>	0.28 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.15.23	S/.15.21
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0014)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17	S/.23.14
Agua Efectiva	226.3 lt/(1.0014)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.91	S/.0.90
<b>Costo Total para 1.0014 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.205.73</b>	<b>S/.205.43</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:

Concreto con :	Precio	% de costo
Cemento 100% +RM 0%	213.85	100.00%
Cemento 97% +RM 3%	211.04	98.69%
Cemento 94% +RM 6%	208.23	97.37%
Cemento 91% +RM 9%	205.43	96.06%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura muestra el resumen de cada costo por metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de relave minero:

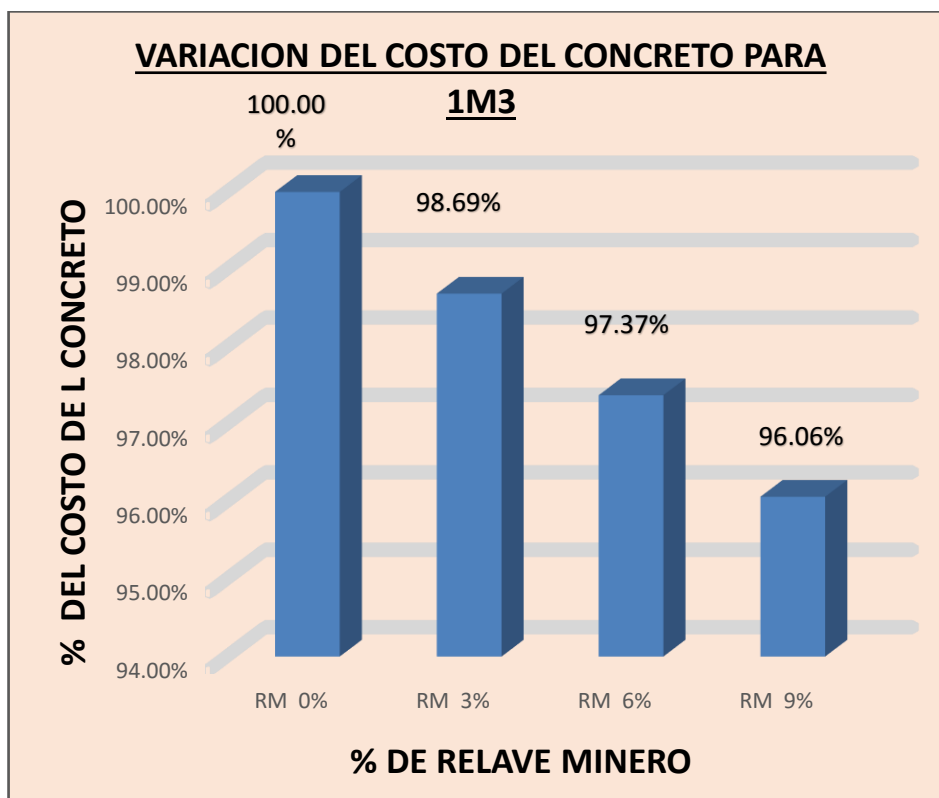


Figura 46. Variación del concreto en porcentajes.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 70. Costo del concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

Material	Cantidad Usada para $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 100%	381 kg/(1)m <sup>3</sup>	8.959 bls	S/.22.00	197.10
RM 0%	0 kg/(1)m <sup>3</sup>	0 kg	S/.0.25	0.00
Agregado Fino	649 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/.55.00	14.44
Agregado Grueso	1,008 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	23.17
Agua Efectiva	225 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	0.90
<b>Costo Total para 1 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>235.62</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 71. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0005 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 97%	369 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	8.690 bls	S/.22.00	191.19	191.08
RM 3%	11 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	11 kg	S/.0.25	2.86	2.85
Agregado Fino	649 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/.55.00	14.44	14.44
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	23.17	23.16
Agua Efectiva	225 lt/(1.0005)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	0.90	0.90
<b>Costo Total para 1.0005 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>232.56</b>	<b>232.43</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 72. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0011 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 94%	358 kg/(1.0011)m <sup>3</sup>	8.421 bls	S/.22.00	185.27	185.07
RM 6%	23 kg/(1.0011)m <sup>3</sup>	23 kg	S/.0.25	5.71	5.71
Agregado Fino	649 kg/(1.0011)m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/.55.00	14.44	14.43
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0011)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	23.17	23.15
Agua Efectiva	225.5 lt/(1.0011)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	0.90	0.90
<b>Costo Total para 1.0011 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>229.50</b>	<b>229.25</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 73. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para f'c=210 kg/cm2	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0016 m3	Precio Para 1 m3
Cemento 91%	346 kg/(1.0016)m <sup>3</sup>	8.153 bls	S/.22.00	179.36	179.07
RM 9%	34 kg/(1.0016)m <sup>3</sup>	34 kg	S/.0.25	8.57	8.55
Agregado Fino	649 kg/(1.0016)m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/.55.00	14.44	14.42
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0016)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	23.17	23.14
Agua Efectiva	225 lt/(1.0016)m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	S/.4.00	0.90	0.90
<b>Costo Total para 1.0016 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>226.45</b>	<b>226.08</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:

Concreto con :	Precio	% de costo
Cemento 100% +RM 0%	235.617	100.00%
Cemento 97% +RM 3%	232.434	98.65%
Cemento 94% +RM 6%	229.254	97.30%
Cemento 91% +RM 9%	226.078	95.95%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura muestra el resumen de cada costo por metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de relave minero:

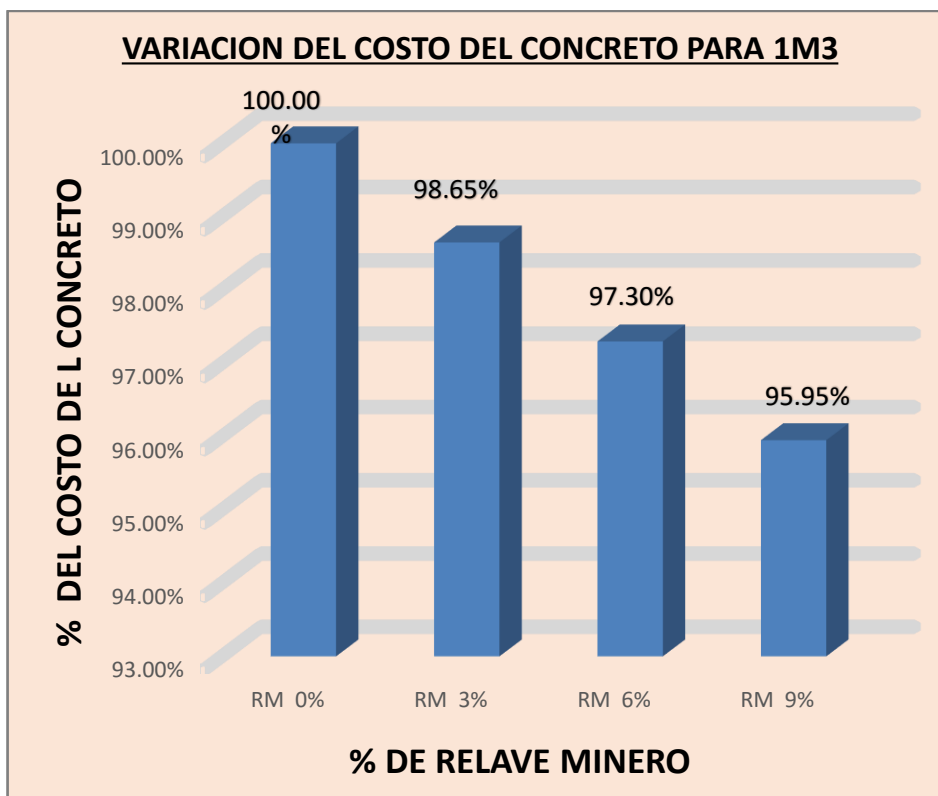


Figura 47. Variación del concreto en porcentajes.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 75. Costo del concreto patrón de  $f'c=245$  gk/cm<sup>2</sup>

Material	Cantidad Usada para $f'c=245$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 100%	419 kg/(1)m <sup>3</sup>	9.856 bls	S/.22.00	S/.216.83
RM 0%	0 kg/(1)m <sup>3</sup>	0 kg	S/.0.25	S/.0.00
Agregado Fino	618 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.25 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.13.75
Agregado Grueso	1,008 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17
Agua Efectiva	225 kg/(1)m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.90
<b>Costo Total para 1 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.254.66</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 76. Costo del concreto: 97% cemento + 3% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=245$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0006 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 97%	406 kg/(1.0006)m <sup>3</sup>	9.56 bls	S/.22.00	S/.210.33	S/.210.20
RM 3%	13 kg/(1.0006)m <sup>3</sup>	13 kg	S/.0.25	S/.3.14	S/.3.14
Agregado Fino	618 kg/(1.0006)m <sup>3</sup>	0.25 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.13.75	S/.13.75
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0006)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17	S/.23.16
Agua Efectiva	225 lt/(1.0006)m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.90	S/.0.90
<b>Costo Total para 1.0006 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.251.29</b>	<b>S/.251.14</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 77. Costo del concreto: 94% cemento + 6% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para $f'c=245$ kg/cm <sup>2</sup>	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0012 m <sup>3</sup>	Precio Para 1 m <sup>3</sup>
Cemento 94%	394 kg/(1.0012)m <sup>3</sup>	9.26 bls	S/.22.00	S/.203.82	S/.203.58
RM 6%	25 kg/(1.0012)m <sup>3</sup>	25 kg	S/.0.25	S/.6.28	S/.6.28
Agregado Fino	618 kg/(1.0012)m <sup>3</sup>	0.25 m <sup>3</sup>	S/.55.00	S/.13.75	S/.13.74
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0012)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/.57.00	S/.23.17	S/.23.15
Agua Efectiva	225 lt/(1.0012)m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	S/.4.00	S/.0.90	S/.0.90
<b>Costo Total para 1.0012 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/.247.93</b>	<b>S/.247.64</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 78. Costo del concreto: 91% cemento + 9% Relave Minero

Material	Cantidad Usada para f'c=245 kg/cm2	Cantidad Equivalente	Costo Unitario	Precio Para 1.0018 m3	Precio Para 1 m3
Cemento 91%	381 kg/(1.0018)m <sup>3</sup>	8.97 bls	S/22.00	S/197.32	S/196.97
RM 9%	38 kg/(1.0018)m <sup>3</sup>	37.70 bls	S/0.25	S/9.42	S/9.41
Agregado Fino	618 kg/(1.0018)m <sup>3</sup>	0.25 m <sup>3</sup>	S/55.00	S/13.75	S/13.73
Agregado Grueso	1,008 kg/(1.0018)m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/57.00	S/23.17	S/23.13
Agua Efectiva	225 lt/(1.0018)m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	S/4.00	S/0.90	S/0.90
<b>Costo Total para 1.0018 m<sup>3</sup> de Concreto en Soles</b>				<b>S/244.57</b>	<b>S/244.13</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Resumen del costo del concreto (Sólo materiales) para diferentes dosificaciones:

Concreto con :	Precio	% de costo
Cemento 100% +RM 0%	S/254.66	100.00%
Cemento 97% +RM 3%	S/251.14	98.62%
Cemento 94% +RM 6%	S/247.64	97.24%
Cemento 91% +RM 9%	S/244.13	95.87%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura muestra el resumen de cada costo por metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de relave minero:

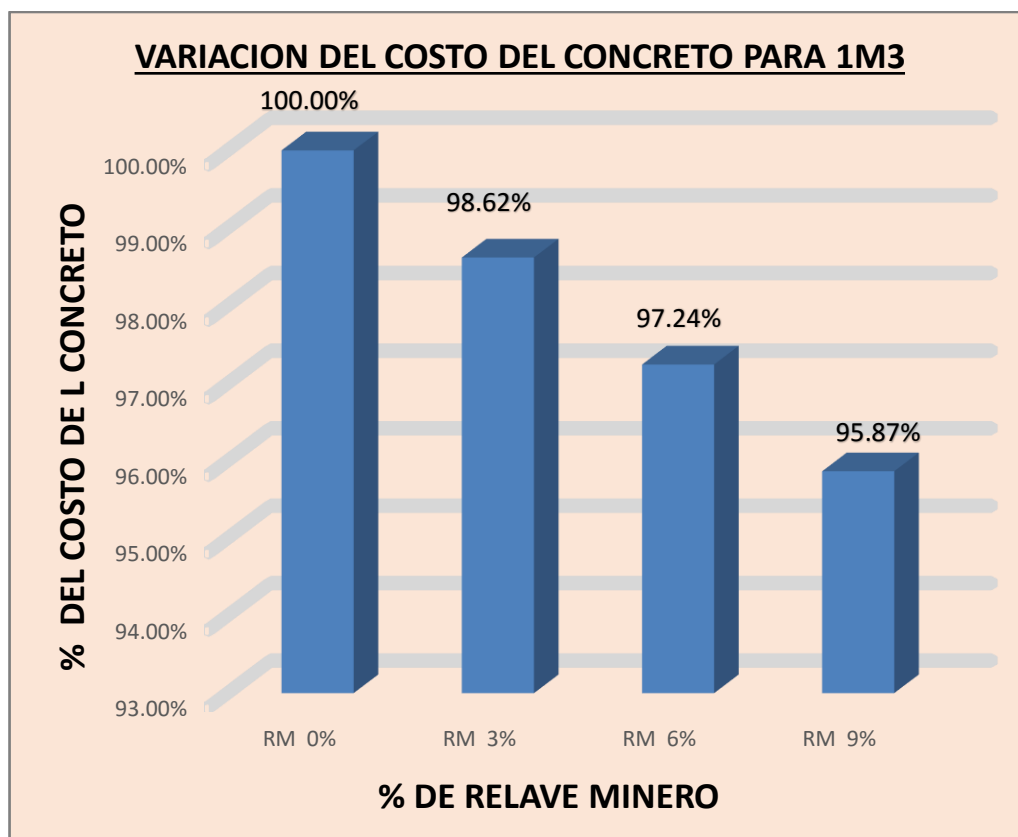


Figura 48. Variación del concreto en porcentajes.

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

#### CONCLUSION GENERAL.

- Incorporando relave minero en porcentajes de 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento, la resistencia a la compresión es inferior al concreto normal, en todos los grupos de control; Se ha logrado demostrar que el concreto con adición de relaves mineros disminuye el costo de producción.

#### CONCLUSIONES ESPECÍFICOS.

- La incorporación de relave minero de 3% y 6% en el concreto normal  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se asemeja a la resistencia y con adición de 9% de relave minero se aleja a la resistencia de diseño; para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al adicionar 3% de relave minero es el que más se asemeja al diseño y para  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> no llegan a la resistencias requeridas.
- El costo de producción por metro cúbico en el concreto normal  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> disminuye más con adición de relave minero de 6% y en concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> disminuye más con adición de relave minero de 3%.



## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

- Para resistencia de  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  se recomienda usar de 3% y 6% de relave minero con respecto al peso de cemento lo cual serán utilizados para actividades de concreto simple.
- Para una resistencia de  $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  se recomienda usar como máximo el 3% de relave minero con respecto al peso del cemento según diseño de mezclas del concreto.
- Se recomienda dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de desechos de las actividades mineras para la construcción ya que puede ser una alternativa de uso en mezclas de concreto sin que afecten negativamente las principales propiedades del concreto.

## CAPITULO VII

### REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (1994). *Tecnología del concreto*. Lima-Perú: San Marcos.
- Aguila P., G. (2014). YURA S.A. - Class & Asociados S.A.
- Calla Salcedo, R. (2013). *Resistencia del concreto utilizando aditivos superplastificante y microsílíce con agregados de la cantera Cutimbo*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Curo O. y Rashuaman B. – 2015 “*diseño de mezcla de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando relave minero de la relavera n° 09 – acchilla – ccochaccasa, para transito ligero (metodo aci), en el distrito de lircay provincia de angaraes - huancavelica*” Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cruz Ramirez, A. P. (2011). *Pruebas de Hipótesis para una muestra*.
- Duran J. y Rodríguez C. – 2009 “*examen de calidad de los agregados para concreto*” Universidad Nacional San Carlos de Guatemala.
- Gómez Gutiérrez, M. (2009). *Límites de consistencia de los agregados para mezclas de concreto*. Tesis, Universidad nacional autónoma de México, División de ingeniería civil y geomatica, México D.F.
- Harmsen, T. E. (1995). *Supervisión de Obras de Concreto*. Lima-Perú: ACI-Perú.
- Hernandez, R. .... (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana editores.
- PCA, P. C. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto* (Primera Edición).
- Quevedo Haro, E. C. (2013). *Granulometría de agregados (grueso y fino)*. Manual de tecnología de materiales, Universidad Nacional del Santa, E. AP, Ingeniería civil, Chimbote - Perú.

- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima-Peru: ACI Capítulo Peruano.
- Rivva López, E. (2007). *Diseño de Mezclas* (Segunda Edición ed., Vol. Segunda Edición). Lima.
- Rivva López, E. (2010). *Materiales para el Concreto* (2da Edición ed.). Lima: ICG.
- Sánchez Muñoz, F. L. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Tufino Santiago, D. R. (2009). *Variación de resistencias vs. edades y relación a/c con cemento pórtland tipo I (sol)*. Tesis para obter el título ptofesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, LIMA.
- Iván A. Oyarzun – 2013 “*Influencia de las Escorias de Cobre en la fabricación de Hormigón*” Universidad Australia de Chile.
- Vargas E. y Chacaliaza Q. – 2011 “*características del agregado (finos y gruesos) de la cantera de tucsipampa – lircay - 2011*” Universidad Nacional de Huancavelica.

## CAPITULO VIII ANEXOS

### ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

#### ANEXO A-1: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



## CERTIFICADO

El que suscribe Jefe de Laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

### CERTIFICA:

Que los Sres. **ISAAC MILTON CACERES PACHARI**, con DNI 45448594, **JOSE LUIS LARICO TITO**, con DNI 45999791, Bachilleres en Ciencias de la Ingeniería Civil, han realizado ensayos de Laboratorio para la investigación del proyecto de Tesis con el tema **“EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F´C=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017”** del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- ✓ **Diseño de mezcla**
  - 01 ensayo de granulometría para agregados (grueso - fino).
  - 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.
  - 01 ensayo de peso unitario de los agregados (grueso – fino).
  - 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.
  - 01 ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso – fino).
- ✓ **Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto:**
  - 12 briquetas: cemento 100% + relave minero 0% (175 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 97% + relave minero 3% (175 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 94% + relave minero 6% (175 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 91% + relave minero 9% (175 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 100% + relave minero 0% (210 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 97% + relave minero 3% (210 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 94% + relave minero 6% (210 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 91% + relave minero 9% (210 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 100% + relave minero 0% (245 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 97% + relave minero 3% (245 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 94% + relave minero 6% (245 kg/cm2)
  - 12 briquetas: cemento 91% + relave minero 9% (245 kg/cm2)

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - P.C.

MSc. Ing. Gino F. Laque Córdoba  
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Gino F. Laque Córdoba  
Jefe de Laboratorio de Construcciones



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.C.

Ing. Guillermo Isidro Perca  
TÉCNICO DE LABORATORIO

ing. Guillermo Isidro Perca  
Encargado del laboratorio de construcciones



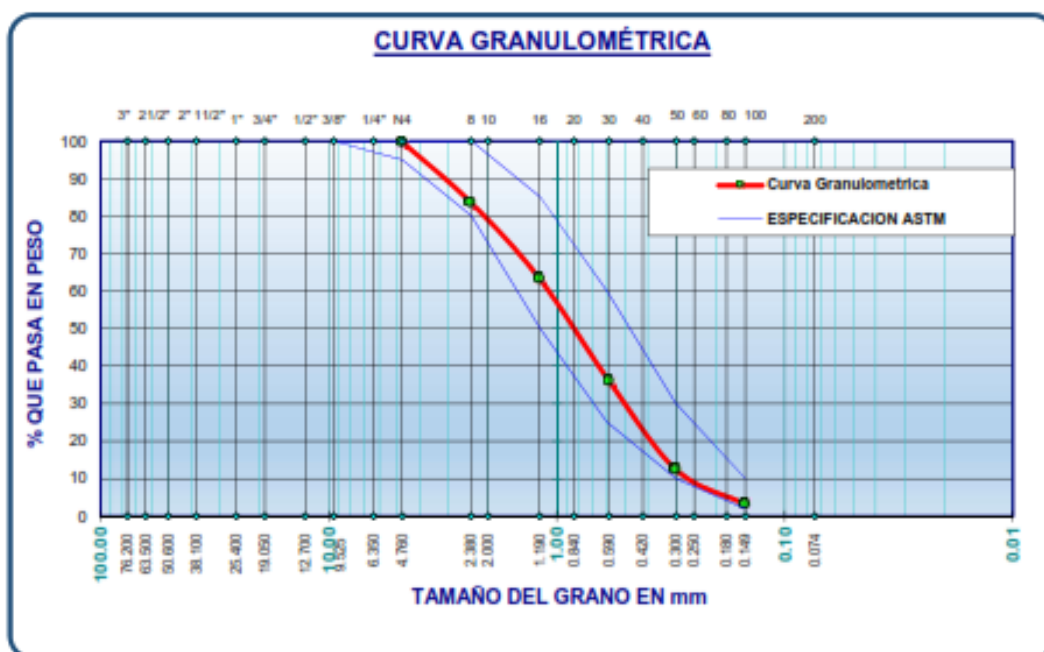
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**

REALIZADO POR	:	CÁCERES PACHARI, ISAAC MILTON LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	:	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	"RIO UYUNI" - PUTINA
DISEÑO	:	F'c = 175, 210 Y 245 Kg/cm2
FECHA	:	27 DE SETIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L. 2647.67 P.S. 2674.91
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	7.36	0.26	0.26	99.74	95 100	
No5	2.360	463.69	16.13	16.36	83.62	80 100	
No10	2.000						MODULO DE FINEZA 3.02
No16	1.190	564.04	20.32	36.70	63.30	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	763.65	27.26	63.96	36.04	25 60	
No40	0.420						
No50	0.300	679.31	23.63	67.59	12.41	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	266.06	9.25	96.84	3.16	2 10	
No200	0.074	63.76	2.22	99.06	0.94		
BASE		27.04	0.94	100.00	0.00		El modulo de fineza debe de estar dentro de los límites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el límite en mas o menos 0.2 Max 3.35
TOTAL		2674.91	100.00				
% PERDIDA							





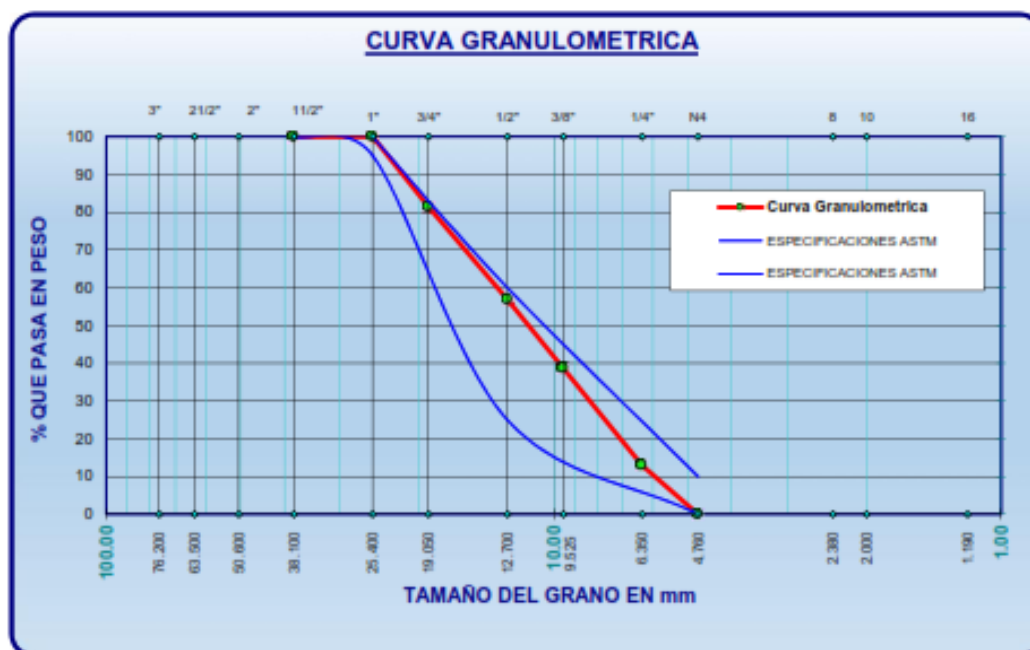
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



## GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

REALIZADO POR	:	CACERES PACHARI, ISAAC MILTON LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	:	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANtera	:	"RIO UYUNI" - PUTINA
DISEÑO	:	Fc = 175, 210 Y 245 Kg/cm2
FECHA	:	27 DE SETIEMBRE DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 1° ASTM C-33-94		ESPECIFICACIONES 1° ASTM C-33			
3"	76.200							P.M 5.26			
2 1/2"	63.500										
2"	50.800										
1 1/2"	38.100	-	0.00	0.00	100.00	100	100				
1"	25.400	-	0.00	0.00	100.00	95	100				
3/4"	19.050	0.961	16.60	16.60	81.40						
1/2"	12.700	1.295	24.55	43.15	56.85	25	60				
3/8"	9.525	0.963	18.26	61.40	38.60						
1/4"	6.350	1.356	25.71	67.11	12.89						
No4	4.750	0.66	12.69	100.00	0.00	0	10				
No6	2.360							MODULO DE FINEZA : 6.80			
No10	2.000										
No16	1.190										
No20	0.840										
No30	0.590										
No40	0.420										
No50	0.300										
No60	0.250										
No80	0.180										
No100	0.149										
No200	0.074							OBS: TAMIZAR POR LA MALLA N° 4 PARA SEPARAR EL AG. GRUESO Y FINO			
BASE											
TOTAL		5.275	100.00								
% PERDIDA											





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN  
 AGREGADOS FINO Y GRUESO**

REALIZADO POR	:	CACERES PACHARI, ISAAC MILTON LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	:	* EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F <sup>c</sup> =175, 210 Y 245 KG/CM <sup>2</sup> CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 *
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	"RIO UYUNI" - PUTINA
DISEÑO	:	F <sup>c</sup> = 175, 210 Y 245 Kg/cm <sup>2</sup>
FECHA	:	04 DE OCTUBRE DEL 2017

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

I.- DATOS		
A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W <sub>sss</sub> )	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + TAPA + AGUA	706.73
C	W <sub>sss</sub> + PESO DEL PICNOMETRO + TAPA + AGUA	1013.48
D	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	478.15
E	PESO DE LA MUESTRA (W <sub>muestra</sub> ) ( C - B )	306.75
F	VOLUMEN DE LA MUESTRA. ( A + B - C )	193.25
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA: P.E.M. $D / ( A + B - C )$	2.47
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S.( $A / ( A + B - C )$ )	2.59
3	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $D / ( D + B - C )$	2.79
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: % Abs ( $A - D ) / D$	4.57

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO**

I.- DATOS		
A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W <sub>sss</sub> )	600.00
B	PESO DEL PROBETA + AGUA	1362.07
C	W <sub>sss</sub> + PESO DEL PROBETA + AGUA	1727.66
D	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	580.17
E	PESO DE LA MUESTRA (W <sub>muestra</sub> ) ( C - B )	365.59
F	VOLUMEN DE LA MUESTRA. ( A + B - C )	234.41
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA: P.E.M. $D / ( A + B - C )$	2.48
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S.( $A / ( A + B - C )$ )	2.56
3	PESO ESPECÍFICO APARENTE P.E.A. : $D / ( D + B - C )$	2.70
4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: % Abs ( $A - D ) / D$	3.42



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO ESPECÍFICO UNITARIO  
AGREGADOS FINO Y GRUESO**

REALIZADO POR	:	CACERES PACHARI, ISAAC MILTON LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	:	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANtera	:	"RIO UYUNI" - PUTINA
DISEÑO	:	F <sub>c</sub> = 175, 210 Y 245 Kg/cm <sup>2</sup>
FECHA	:	05 DE OCTUBRE DEL 2017

**AGREGADO FINO  
PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	2019.670	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	4850.000	4805.000	4830.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	2830.330	2785.290	2810.290
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup> ,	1.546	1.521	1.535
PESO UNITARIO TOTAL KG/M <sup>3</sup> .	<b>1534</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	2019.710	2019.670	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	5085.000	5130.000	5110.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	3065.290	3110.330	3090.290
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup> ,	1.674	1.699	1.668
PESO UNITARIO TOTAL KG/M <sup>3</sup> .	<b>1687</b>		

**AGREGADO GRUESO  
PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	2019.710	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	4750.000	4740.000	4746.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	2730.290	2720.290	2726.290
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup> ,	1.491	1.486	1.489
PESO UNITARIO TOTAL KG/M <sup>3</sup> .	<b>1489</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	2019.710	2019.710	2019.710
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	5005.000	5030.000	4995.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	2985.290	3010.290	2975.290
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup> ,	1830.689	1830.689	1830.689
PESO UNITARIO Gr/Cm <sup>3</sup> ,	1.631	1.644	1.625
PESO UNITARIO TOTAL KG/M <sup>3</sup> .	<b>1633</b>		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 AGREGADOS GRUESO Y FINO**

REALIZADO POR	:	CACERES PACHARI, ISAAC MILTON LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	:	* EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F <sub>c</sub> =175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 *
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	"RIO UYUNI" - PUTINA
DISEÑO	:	F <sub>c</sub> = 175, 210 Y 245 Kg/cm2
FECHA	:	27 DE OCTUBRE DEL 2017

**AGREGADO FINO**

Nro. De Tara	A-7	A-15	W-2
Peso de Tara	34.17	31.96	31.29
Peso de Tara + M. Humeda	199.56	179.04	188.20
Peso de Tara + M. Seca	196.08	175.90	184.92
Peso de Agua	3.48	3.14	3.28
Peso Muestra Seca	161.91	143.94	153.63
Contenido de humedad W%	2.15	2.18	2.13
Promedio Cont. Humedad W%	<b>2.16</b>		

**AGREGADO GRUESO**

Nro. De Tara	A-8	A-9	B-3
Peso de Tara	32.38	15.21	29.12
Peso de Tara + M. Humedad	263.63	212.11	220.50
Peso de Tara + M. Seca	257.14	206.60	215.05
Peso de Agua	6.49	5.51	5.45
Peso Muestra Seca	224.76	191.39	185.93
Contenido de humedad W%	2.89	2.88	2.93
Promedio Cont. Humedad W%	<b>2.90</b>		

**ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA :	Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS
TESES :	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM <sup>2</sup> CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
LUGAR :	LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO
MUESTRA :	BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.
DISEÑO :	F'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>
FECHA DE EMISION :	21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f <sub>c</sub> =kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> =kg/cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
1	Testigo # 01 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	15.32	184.21	22150	120	175	69%
2	Testigo # 02 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.19	81.47	10350	123	175	70%
3	Testigo # 03 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.18	81.39	10680	127	175	73%
4	Testigo # 04 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.17	81.15	9880	118	175	67%
5	Testigo # 05 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	15.38	185.78	22720	122	175	70%
6	Testigo # 06 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.21	81.87	10220	121	175	69%
7	Testigo # 07 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.16	81.07	10060	120	175	69%
8	Testigo # 08 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.17	81.23	9980	119	175	68%
9	Testigo # 09 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	15.29	183.49	21840	119	175	68%
10	Testigo # 10 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.15	80.91	10100	121	175	69%
11	Testigo # 11 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.13	80.60	10090	121	175	69%
12	Testigo # 12 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.14	80.67	9720	117	175	67%
13	Testigo # 13 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	15.33	184.46	20980	114	175	65%
14	Testigo # 14 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.18	81.39	9620	115	175	66%
15	Testigo # 15 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.18	81.31	9560	114	175	65%
16	Testigo # 16 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	06/11/2017	7	10.20	81.63	8950	106	175	61%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testistas.

*[Signature]*  
 MSc. José Gino F. Laque Górdova  
 JEFE DE LABORATORIO



*[Signature]*  
 Ing. Guillermo Isidro Perca  
 TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA : Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON  
 Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS  
 TESIS : " EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "  
 LUGAR : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO  
 MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.  
 DISEÑO : F'c= 175 kg/cm2  
 FECHA DE EMISION : 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA AL CANZADA f'c=kg/cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
17	Testigo # 17 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	15.32	184.21	29270	159	175	91%
18	Testigo # 18 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.19	81.47	12980	155	175	89%
19	Testigo # 19 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.18	81.39	13290	158	175	90%
20	Testigo # 20 con 0% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.17	81.15	13420	160	175	91%
21	Testigo # 21 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	15.38	185.78	29260	157	175	90%
22	Testigo # 22 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.21	81.87	12950	153	175	87%
23	Testigo # 23 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.16	81.07	12960	155	175	89%
24	Testigo # 24 con 3% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.17	81.23	13180	157	175	90%
25	Testigo # 25 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	15.29	183.49	27870	152	175	87%
26	Testigo # 26 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.15	80.91	12600	151	175	86%
27	Testigo # 27 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.13	80.60	12390	149	175	85%
28	Testigo # 28 con 6% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.14	80.67	12540	151	175	86%
29	Testigo # 29 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	15.33	184.46	25620	139	175	79%
30	Testigo # 30 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.18	81.39	11220	134	175	77%
31	Testigo # 31 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.18	81.31	11610	139	175	79%
32	Testigo # 32 con 9% r.m.	3"- 4"	30/10/2017	13/11/2017	14	10.20	81.63	11460	136	175	78%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testistas.

*[Signature]*  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA  
 MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.  
*[Signature]*  
 Ing. Guillermo Isidro Perca  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESTISTA : Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON  
 Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS  
 TESIS : " EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANAMEA - PUTINA - PUNO, 2017 "  
 LUGAR : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO  
 MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.  
 DISEÑO : F'c= 175 kg/cm2  
 FECHA DE EMISION : 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
33	Testigo # 33 con 0% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	15.32	184.21	33270	181	175	103%
34	Testigo # 34 con 0% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.19	81.47	15150	180	175	103%
35	Testigo # 35 con 0% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.18	81.39	14970	178	175	102%
36	Testigo # 36 con 0% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.17	81.15	15220	182	175	104%
37	Testigo # 37 con 3% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	15.38	185.78	32360	174	175	99%
38	Testigo # 38 con 3% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.21	81.87	14250	169	175	97%
39	Testigo # 39 con 3% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.16	81.07	14360	172	175	98%
40	Testigo # 40 con 3% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.17	81.23	14380	172	175	98%
41	Testigo # 41 con 6% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	15.29	183.49	30870	168	175	96%
42	Testigo # 42 con 6% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.15	80.91	13880	166	175	95%
43	Testigo # 43 con 6% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.13	80.60	13640	164	175	94%
44	Testigo # 44 con 6% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.14	80.67	13860	167	175	95%
45	Testigo # 45 con 9% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	15.33	184.46	29220	158	175	90%
46	Testigo # 46 con 9% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.18	81.39	13220	158	175	90%
47	Testigo # 47 con 9% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.18	81.31	12920	154	175	88%
48	Testigo # 48 con 9% r.m.	3"-4"	30/10/2017	27/11/2017	28	10.20	81.63	12950	154	175	88%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testista.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.  
 Ing. Guillermo Sandoval Pérez  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA  
 MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 210 KG/CM<sup>2</sup>.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA	: Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON
	: Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS
TESIS	: " EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F <sub>c</sub> =175, 210 Y 245 KG/CM <sup>2</sup> CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
LUGAR	: LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO
MUESTRA	: BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.
DISEÑO	: F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>
FECHA DE EMISION	: 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f <sub>c</sub> =kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> =kg/cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
1	Testigo # 01 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	15.28	183.37	27150	148	210	70%
2	Testigo # 02 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.11	80.28	12120	146	210	70%
3	Testigo # 03 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.18	81.39	12420	148	210	70%
4	Testigo # 04 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.17	81.23	12580	150	210	71%
5	Testigo # 05 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	15.51	188.81	27320	145	210	69%
6	Testigo # 06 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.21	81.87	12220	145	210	69%
7	Testigo # 07 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.16	81.07	12260	147	210	70%
8	Testigo # 08 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.16	81.07	11980	143	210	68%
9	Testigo # 09 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	15.26	182.89	25840	141	210	67%
10	Testigo # 10 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.14	80.75	11500	138	210	66%
11	Testigo # 11 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.13	80.60	11680	141	210	67%
12	Testigo # 12 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.14	80.67	11380	137	210	65%
13	Testigo # 13 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	15.33	184.46	24780	134	210	64%
14	Testigo # 14 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.18	81.39	10960	131	210	62%
15	Testigo # 15 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.18	81.31	11560	138	210	66%
16	Testigo # 16 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	07/11/2017	7	10.13	80.60	11350	137	210	65%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testistas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.  
 Ing. Guillermo Isidro Perceña  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA  
 MSc. Ing. Gino E. Laque Córdoba  
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA : Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON  
 : Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS  
 TESIS : " EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "  
 LUGAR : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO  
 MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.  
 DISEÑO : F'c= 210 kg/cm2  
 FECHA DE EMISION : 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
17	Testigo # 17 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	15.25	182.65	33940	186	210	89%
18	Testigo # 18 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.18	81.39	15660	187	210	89%
19	Testigo # 19 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.18	81.39	15690	189	210	90%
20	Testigo # 20 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.17	81.15	15720	188	210	90%
21	Testigo # 21 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	15.33	184.58	33440	181	210	86%
22	Testigo # 22 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.21	81.87	15450	183	210	87%
23	Testigo # 23 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.15	80.83	15060	181	210	86%
24	Testigo # 24 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.17	81.23	15150	181	210	86%
25	Testigo # 25 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	15.18	180.98	31870	176	210	84%
26	Testigo # 26 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.15	80.91	15100	181	210	86%
27	Testigo # 27 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.13	80.60	14590	176	210	84%
28	Testigo # 28 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.14	80.67	14640	176	210	84%
29	Testigo # 29 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	15.27	183.13	31540	172	210	82%
30	Testigo # 30 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.18	81.39	14220	169	210	80%
31	Testigo # 31 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.17	81.23	14530	174	210	83%
32	Testigo # 32 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	14/11/2017	14	10.20	81.63	14080	167	210	80%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testistas.

Ing. Guillermo Isidoro Perca  
 TECNICO DE LABORATORIO  
  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC  
  
 MSc. Ing. Gino F. Lavigne Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO  
  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA  
  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
 Laboratorio de Construcciones - PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA :	Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON
TESIS :	Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS
LUGAR :	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
MUESTRA :	LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO
DISEÑO :	BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.
FECHA DE EMISION :	F'C= 210 kg/cm2
	21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
33	Testigo # 33 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	15.29	183.61	39360	214	210	102%
34	Testigo # 34 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.19	81.47	17950	214	210	102%
35	Testigo # 35 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.18	81.39	18260	218	210	104%
36	Testigo # 36 con 0% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.17	81.15	18120	217	210	103%
37	Testigo # 37 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	15.38	185.78	37460	202	210	96%
38	Testigo # 38 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.21	81.87	17250	204	210	97%
39	Testigo # 39 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.16	81.07	16470	197	210	94%
40	Testigo # 40 con 3% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.17	81.23	17080	204	210	97%
41	Testigo # 41 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	15.26	182.89	35870	196	210	93%
42	Testigo # 42 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.15	80.91	16620	199	210	95%
43	Testigo # 43 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.13	80.60	15580	188	210	90%
44	Testigo # 44 con 6% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.14	80.67	16520	199	210	95%
45	Testigo # 45 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	15.29	183.61	34230	186	210	89%
46	Testigo # 46 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.18	81.39	15420	184	210	88%
47	Testigo # 47 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.20	81.71	15420	183	210	87%
48	Testigo # 48 con 9% r.m.	3"- 4"	31/10/2017	28/11/2017	28	10.16	81.07	15550	186	210	89%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el testistas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.  
 Ing. Guillermo Isidro Perica  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA  
 MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO A-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO 245 KG/CM2.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA :	Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON
TESIS :	Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS
LUGAR :	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'c=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
MUESTRA :	LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO
DISEÑO :	BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.
FECHA DE EMISION :	F'c= 245 kg/cm2
	21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
1	Testigo # 01 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	15.29	183.49	29260	159	245	65%
2	Testigo # 02 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.17	81.23	13360	160	245	65%
3	Testigo # 03 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.18	81.39	13510	161	245	66%
4	Testigo # 04 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.17	81.23	13450	161	245	66%
5	Testigo # 05 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	15.41	186.39	28650	154	245	63%
6	Testigo # 06 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.18	81.31	12710	152	245	62%
7	Testigo # 07 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.16	81.07	12850	154	245	63%
8	Testigo # 08 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.17	81.23	12760	152	245	62%
9	Testigo # 09 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	15.23	182.18	26430	145	245	59%
10	Testigo # 10 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.17	81.23	11870	142	245	58%
11	Testigo # 11 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.18	81.31	12050	144	245	59%
12	Testigo # 12 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.16	80.99	12120	145	245	59%
13	Testigo # 13 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	15.29	183.49	25190	137	245	56%
14	Testigo # 14 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.19	81.55	11580	138	245	56%
15	Testigo # 15 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.18	81.31	11650	139	245	57%
16	Testigo # 16 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	13/11/2017	7	10.16	80.99	11550	138	245	56%

OBSERVACIONES : Los respectivos especímenes y datos informativos fueron proporcionados por los testistas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.

Ing. Guillermo Víctor Pacheco  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.

MSc. Ing. Gino F. Leiva Córdoba  
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA : Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON  
 : Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS  
 TESIS : " EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "  
 LUGAR : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO  
 MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.  
 DISEÑO : F'c = 245 kg/cm2  
 FECHA DE EMISION : 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
17	Testigo # 17 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	15.20	181.46	37440	206	245	84%
18	Testigo # 18 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.18	81.39	17470	208	245	85%
19	Testigo # 19 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.19	81.47	17220	205	245	84%
20	Testigo # 20 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.18	81.31	17410	208	245	85%
21	Testigo # 21 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	15.32	184.21	37040	201	245	82%
22	Testigo # 22 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.18	81.39	16730	199	245	81%
23	Testigo # 23 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.17	81.15	16790	201	245	82%
24	Testigo # 24 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.17	81.23	16820	201	245	82%
25	Testigo # 25 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	15.23	182.18	35290	194	245	79%
26	Testigo # 26 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.17	81.15	16400	196	245	80%
27	Testigo # 27 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.17	81.15	16250	194	245	79%
28	Testigo # 28 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.16	80.99	16360	196	245	80%
29	Testigo # 29 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	15.25	182.65	34450	189	245	77%
30	Testigo # 30 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.17	81.23	15530	185	245	76%
31	Testigo # 31 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.18	81.31	15810	189	245	77%
32	Testigo # 32 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	20/11/2017	14	10.18	81.31	15660	187	245	76%

OBSERVACIONES : Los respectivos especímenes y datos informativos fueron proporcionados por los testistas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.  
 Ing. Edilberto Estroza Peres  
 TECNICO DE CUSCARGO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.  
 MSc. Ing. Ghio F. Jaquet Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES  
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

TESISTA :	Bach. CACERES PACHARI, ISAAC MILTON
TESIS :	Bach. LARICO TITO, JOSE LUIS
LUGAR :	" EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F'C=175, 210 Y 245 KG/CM2 CON RELAVE MINERO DEL DISTRITO DE ANANEA - PUTINA - PUNO, 2017 "
MUESTRA :	LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E. P. I. C. - UNA PUNO
DISEÑO :	BRIQUETAS DE CONCRETO AL 0%, 3%, 6% Y 9% DE RELAVE MINERO CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO.
FECHA DE EMISION :	F'c = 245 kg/cm <sup>2</sup> 21 DE DICIEMBRE DEL 2017

Nro DE ENSAYO	DESCRIPCION	SLUMP Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
33	Testigo # 33 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	15.29	183.49	43960	240	245	98%
34	Testigo # 34 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.18	81.39	20270	242	245	99%
35	Testigo # 35 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.15	19960	239	245	98%
36	Testigo # 36 con 0% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.16	80.99	20120	241	245	98%
37	Testigo # 37 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	15.34	184.70	41820	226	245	92%
38	Testigo # 38 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.18	81.31	19490	233	245	95%
39	Testigo # 39 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.15	18880	226	245	92%
40	Testigo # 40 con 3% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.23	18840	225	245	92%
41	Testigo # 41 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	15.26	182.89	38980	213	245	87%
42	Testigo # 42 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.15	18020	215	245	88%
43	Testigo # 43 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.16	80.99	18210	218	245	89%
44	Testigo # 44 con 6% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.15	18050	216	245	88%
45	Testigo # 45 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	15.27	183.13	38580	211	245	86%
46	Testigo # 46 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.23	17440	208	245	85%
47	Testigo # 47 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.18	81.39	17650	210	245	86%
48	Testigo # 48 con 9% r.m.	3"- 4"	06/11/2017	04/12/2017	28	10.17	81.15	17220	206	245	84%

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por los testistas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.  
 PUNO

Ing. Guillermo Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO

MSc. Ing. Guido Laque Córdova  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO B: CERTIFICADO DE LABORATORIOS ANALÍTICOS DEL SUR**

**Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.**

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

**INFORME DE ENSAYO LAS-17-04844**

Fecha de emisión: 20/09/2017 12:00:00

Página: 1 de 3

Señores: ISAAC MILTON CACERES PACHARI  
Dirección: PASAJE GOLFO SIN - JULIACA - PUNO  
Atención: JOSE LUIS LARICO TITO  
Recepción: 09/09/2017  
Realización: 09/09/2017  
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

**Métodos ensayados**

- \*598 Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión multi-ácida
- \*628 Método de Ensayo para Mercurio por ICP-OES
- \*563 Método de Ensayo para Arsénico por ICP-OES

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598																
				*563	As	Ag	Al	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	In	K
MM17010464	Relave Minero - Ananea	Relave Minero - Ananea	PROYECTO: Evaluación de Mezclas de Concreto Fc=175,210 y 245 kg/cm2 con Relave Minero del Distrito de Ananea - Pultira - Puno. 2017.	1194	2,47	>10000	811,2	72,5	0,84	18,9	4085	1,06	9,66	468,63	24,5	>10000	5,18	5,23	2691	32,6

*[Handwritten signature]*  
 Ing. Juan Manuel Sánchez del Sol E.I.R.L.  
 Ing. Liz Nelica  
 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-17-04844

Fecha de emisión: 20/09/2017 12:00:00

Página: 2 de 3

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598														
				Mg ppm	Min ppm	Mo ppm	Na ppm	Ni ppm	P ppm	Pb ppm	Sb ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Te ppm	Ti ppm	V ppm	
MN17010464	Relave Minero - Ananea	PROYECTO: Evaluación de Mezclas de Concreto Fe=175,210 y 245 kg/cm <sup>2</sup> con Relave Minero del Distrito de Ananea - Putina - Puno. 2017.	Relave	2637	236,8	24,92	5012	35,44	241,35	178,48	8,99	<0,64	<16	26,12	<0,80	678,55	<0,64	14,78

*[Firma]*  
Ing. Químico CIP-19474  
Ing. Químico CIP-19474  
Ing. Químico CIP-19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.



**ANEXO C: CERTIFICADO DE LABORATORIO E. P. QUIMICA (peso específico de relave minero)**



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N° 0260

**Certificado de Análisis**

L.Q. - 2017

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: RELAVE MINERO  
**PROCEDENCIA** : Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina - Puno  
**PROYECTO** : Ejecución de Tesis  
**INTERESADO** : Bach. José Luis Larico TiTo  
 Bach. Isaac Milton Caceres Pachari  
**MOTIVO** : Control de calidad  
**MUESTREO** : 25/10/2017, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 25/10/2017  
**COD. MUESTRA** : B - 2144

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

Aspecto : Sólido fino  
 Color : Gris oscuro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

Parámetros	Unidades	Relave Minero	Método Analítico
Peso Específico	---	2.703	ASTM C 188-95
Descripción del método analítico		"Density of Hydraulic Cement"	

**OBSERVACION**

1.- Temperatura promedio de análisis: 20.0 Celsius.

Puno, C.U. 07 de noviembre del 2017.  
 vºbº



*Edith Tello Palma*  
 Ing. M. Sc. Edith Tello Palma  
 DECANA F.I.Q.



*María Rodríguez Melo*  
 M. Sc. María Rodríguez Melo  
 Jefe Laboratorio Control de Calidad  
 FACULTAD INGENIERÍA QUÍMICA  
 UNA - PUNO

**ANEXO D: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		
			OPERACIONALIZACIÓN	INDICADORES	FACTOR A MEDIR
<p><b>GENERAL</b></p> <p>✓ ¿Cómo influye la adición del relave minero en las resistencias a la compresión del concreto normal <math>f'c</math> 175, 210 y 245 kg/cm<sup>2</sup> y costo unitario de producción?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>✓ Determinar la influencia del relave minero en el diseño de mezcla de concreto <math>F'c=175, 210</math> y <math>245</math> Kg/cm<sup>2</sup> y optimización de costo en la elaboración del concreto, en el distrito de Ananea, Provincia de Putina – Puno.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>✓ La adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento, mejora las resistencias a la compresión del concreto normal <math>f'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup>, lo cual permite disminuir la contaminación ambiental y el costo de producción.</p>	<p><b>OPERACIONALIZACIÓN</b></p> <p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Concreto adicionado con relave minero en 3, 6 y 9%.</li> </ul> <p>Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resistencia del concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Porcentaje de relave minero con respecto al peso del cemento.</li> <li>✓ Resistencia a compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Porcentaje de relave minero con respecto al peso del cemento.</li> <li>✓ <math>F'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup>.</li> </ul>
<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ ¿Cómo influye la adición del relave minero en las resistencias del concreto normal <math>f'c</math> 175, 210 y 245 kg/cm<sup>2</sup> en porcentajes de 3%, 6% y 9% como sustituto en peso del cemento puzolánico IP?</p> <p>✓ ¿Cuál es la relación costo beneficio entre el concreto normal y el concreto adicionado con relave minero?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ Determinar la resistencia a compresión del concreto a <math>F'c=175, 210</math> y <math>245</math> Kg/cm<sup>2</sup> con adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento.</p> <p>✓ Determinar los costos de producción del concreto en porcentajes de 0, 3, 6 y 9% con respecto al peso del cemento.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <p>✓ La adición de relave minero en 3%, 6% y 9% con respecto al peso del cemento, mejora la resistencia a la compresión del concreto normal <math>f'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>✓ El costo del concreto normal <math>f'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup> adicionando con relave minero resulta menor al concreto normal.</p>	<p><b>OPERACIONALIZACIÓN</b></p> <p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Concreto adicionado con relave minero en porcentajes</li> </ul> <p>Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resistencia a compresión del Concreto.</li> </ul> <p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo del concreto al adicionar con relave minero en porcentajes.</li> </ul> <p>Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo de producción del concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Porcentaje de relave minero con respecto al peso del cemento.</li> <li>✓ Resistencia a compresión.</li> <li>✓ Costo del concreto adicionado relave respecto al concreto normal.</li> <li>✓ Costo de producción del concreto por m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Porcentaje de relave minero con respecto al peso del cemento.</li> <li>✓ <math>F'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>✓ Porcentaje del costo de producción.</li> <li>✓ <math>F'c=175, 210</math> y <math>245</math> kg/cm<sup>2</sup>.</li> </ul>