

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

Análisis comparativo de técnicas de curados en concretos expuestos  
a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno

Por:

Jhonathan Leonardo Quispe Quispe  
Jose Vladimir Tintaya Turpo

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, junio de 2019

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE CURADOS EN CONCRETOS EXPUESTOS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA REGIÓN DE PUNO" constituye a la memoria que presentan los bachilleres Jhonathan Leonardo Quispe Quispe y Jose Vladimir Tintaya Turpo para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los veintiuno días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

  
Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Análisis comparativo de técnicas de curados en concretos expuestos  
a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno


# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

## JURADO CALIFICADOR



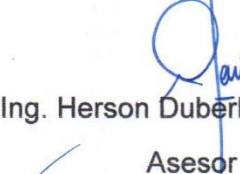
Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari  
Presidenta



Ing. Jorge Llanos Ticona  
Vocal



Ing. Alex Wilbert Condori Mamani  
Secretario



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Asesor

Juliaca, 21 de junio de 2019

### **Dedicatoria**

A Dios, por la vida, salud y el conocimiento.

A nuestros queridos y amados padres, por todo su apoyo, y hacer de nosotros, cada día mejor persona, dejándonos como mejor herencia una profesión.

A nuestros compañeros y amigos que siempre estuvieron compartiendo vida y amistad junto a nosotros.

## **Agradecimientos**

A Dios nuestro señor, por ser nuestro guía y compañía en cada momento a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad, y por brindarnos una vida llena de aprendizaje.

A la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca, Alma Mater que nos ha acogido durante todos los años de nuestra formación académica profesional, enseñándonos aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar, llevándonos una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por compartirnos sus conocimientos, experiencias y amistad durante nuestra etapa universitaria, por su tiempo y dedicación para formar profesionales competentes.

A nuestro Asesor de Tesis, Ingeniero Herson Duberly Pari Cusi, por sus consejos, paciencia, apoyo y colaboración durante el desarrollo del presente proyecto de Tesis.

Al ingeniero Ecler Mamani Chambi, por su aporte y ayuda durante la ejecución del presente proyecto, a la Ingeniero Yesenia Apaza Pinto, por los consejos y la motivación que nos brindó.

A nuestros amigos y compañeros de promoción, por su colaboración y apoyo de forma directa e indirecta durante la ejecución y desarrollo del presente proyecto experimental.

## Índice general

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Índice general.....	vi
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras.....	xv
Índice de anexos.....	xvii
Resumen.....	xviii
Abstract.....	xix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>20</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
1.1. Introducción.....	20
1.2. Planteamiento del problema.....	20
1.3. Formulación del problema.....	21
1.3.1. Problema general.....	21
1.3.2. Problemas específicos.....	21
1.4. Justificación.....	21
1.5. Objetivos de la investigación.....	22
1.5.1. Objetivo general.....	22
1.5.2. Objetivo específico.....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	23
2.1.3. Antecedentes regionales.....	24
2.2. Marco conceptual.....	24
2.2.1. Clima en la región de Puno.....	24
2.2.1.1. Generalidades.....	24
2.2.1.2. Ubicación geográfica.....	25
2.2.1.3. División política.....	26
2.2.1.4. Temperatura y humedad relativa.....	26
2.2.2. Bases teóricas del concreto.....	40
2.2.2.1. Definición.....	40
2.2.2.2. Cemento.....	40

2.2.2.3.	Agregados.....	40
2.2.2.4.	Agua.....	40
2.2.2.5.	Propiedades del concreto.....	41
2.2.2.5.1.	Estado fresco.....	41
2.2.2.5.2.	Estado endurecido.....	43
2.2.2.6.	Mecanismos de congelamiento y deshielo en el concreto.....	45
2.2.2.6.1.	Presión hidráulica.....	45
2.2.2.6.2.	Presión osmótica.....	46
2.2.2.7.	Efecto del congelamiento y deshielo en el concreto.....	47
2.2.3.	Bases teóricas del curado en el concreto.....	49
2.2.3.1.	Definición.....	49
2.2.3.3.	Tipos de curado.....	50
2.2.3.3.1.	Curado con agua.....	50
2.2.3.3.2.	Curado con materiales sellantes.....	51
2.2.3.3.3.	Película plástica.....	51
2.2.3.3.4.	Papel impermeable.....	52
2.2.3.3.5.	Curado a vapor.....	52
2.2.3.3.6.	Curado con polietileno y totora.....	52
2.2.3.4.	Influencia de la temperatura durante el proceso de curado.....	53
2.2.3.5.	Materiales de protección para el curado en climas fríos en la investigación. ...	53
2.2.3.5.1.	Estiércol de ovino.....	53
2.2.3.5.2.	Aserrín.....	55
2.2.3.5.3.	Polietileno.....	56
2.2.4.	Proceso estadístico.....	56
2.2.4.1.	Población y muestra.....	57
2.2.4.2.	Tamaño de la muestra.....	57
2.2.5.	Contrastación de la hipótesis.....	59
2.2.5.1.	Prueba de hipótesis.....	59
2.2.5.2.	Pasos para la realización de una prueba de hipótesis.....	59
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>.....</b>	<b>62</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>.....</b>	<b>62</b>
3.1.	Metodología y tipo de investigación.....	62
3.1.1.	Metodología de investigación.....	62
3.1.2.	Tipo de investigación.....	62
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	62
3.2.	Población y muestra de estudio.....	63
3.3.	Formulación de la hipótesis.....	63

3.3.1. Hipótesis general.....	63
3.3.2. Hipótesis específico.....	64
3.4. Variables de estudio.....	64
3.4.1. Variable dependiente.....	64
3.4.2. Variable independiente.....	64
3.5. Objeto de estudio.....	65
3.6. Análisis de las propiedades de los elementos utilizados.....	65
3.6.1. Cemento.....	65
3.6.2. Agregado.....	65
3.6.2.1. Agregado fino.....	65
3.6.2.2. Agregado grueso.....	65
3.6.2.3. Resumen de las propiedades físicas de los agregados.....	65
3.6.3. Agua.....	66
3.7. Materiales usados en la investigación.....	66
3.7.1. Polietileno.....	66
3.7.2. Aserrín.....	67
3.7.3. Estiércol de ovino.....	67
3.8. Diseño de mezcla.....	68
3.8.1. Selección de la resistencia promedio.....	68
3.8.2. Selección del tamaño máximo nominal.....	68
3.8.3. Selección del asentamiento.....	69
3.8.4. Selección de volumen unitario de agua de diseño.....	69
3.8.5. Selección del contenido de aire.....	69
3.8.6. Selección de la relación agua-cemento.....	70
3.8.7. Factor cemento.....	70
3.8.8. Contenido de agregado grueso.....	70
3.8.9. Calculo de volúmenes absoluto.....	71
3.8.10. Contenido de agregado fino.....	71
3.8.11. Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso.....	71
3.8.12. Corrección por humedad del agregado.....	71
3.8.13. Proporciones en peso.....	72
3.8.14. Proporciones por una tanda de bolsa.....	72
3.9. Equipos e instrumentos.....	73
3.9.1. Mezcladora.....	73

3.9.2. Congeladoras.....	73
3.9.3. Termómetro digital.....	74
3.9.4. Moldes.....	74
3.9.5. Máquina de compresión .....	75
3.10. Procedimiento de la investigación.....	75
3.10.1. Elaboración de especímenes de concreto.....	75
3.10.2. Dosificación de los materiales.....	76
3.10.3. Mezclado y colocado de concreto a los moldes cilíndricos.....	76
3.11. Ensayos del concreto fresco .....	78
3.12. Procesamiento de los especímenes de concreto .....	78
3.12.1. Curado de especímenes .....	78
3.12.1.1. Sumergido.....	79
3.12.1.2. Riego.....	79
3.12.2. Protección de los especímenes de concreto .....	80
3.12.3. Sometimiento de los especímenes a ciclos de congelamiento y deshielo.....	81
3.13. Ensayo al concreto endurecido.....	87
3.13.1. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión primer grupo (P) .....	88
3.13.2. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión segundo grupo (P+A) ...	89
3.13.3. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión tercer grupo (P+EO).....	91
3.13.4. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión cuarto grupo (SP) .....	92
3.13.5. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión quinto grupo (IR) .....	94
3.13.6. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión sexto grupo (IS).....	95
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>98</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>98</b>
4.1. Generalidades.....	98
4.1.1. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los 6 grupos.....	98
4.2. Contrastación de la hipótesis .....	103
4.3. Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión de los 6 grupos.....	121
4.4. Coeficiente de correlación lineal de Pearson.....	124
4.5. Costos por metro cuadrado de concreto por cada tipo de protección .....	129
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>131</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>131</b>
5.1. Conclusiones .....	131

5.1.1. Conclusión general.....	131
5.1.2. Conclusiones específicas.....	131
5.2. Recomendaciones.....	132
Referencias bibliográficas.....	133
Anexos.....	137

## Índice de tablas

Tabla 2.1. Resistencia de probetas de 6"x12" a diferentes altitudes, Puno.....	24
Tabla 2.2. Ubicación geográfica de las provincias dentro de las ocho regiones naturales	25
Tabla 2.3. División política del departamento de Puno. ....	26
Tabla 2.4. Temperatura promedio anual por departamento.....	27
Tabla 2.5. Humedad relativa promedio anual por departamento.....	28
Tabla 2.6. Serie histórica de temperaturas mínima, estación Puno (3812msnm). ....	30
Tabla 2.7. Serie histórica de temperaturas mínima, estación de llave (3871msnm).....	31
Tabla 2.8. Serie histórica de temperaturas mínima, estación Pizacoma (3930msnm). ....	32
Tabla 2.9. Serie histórica de temperaturas mínima, estación de Mazocruz (4003msnm).	33
Tabla 2.10. Serie histórica de temperaturas mínima, estación Laraqueri (3900msnm)...	34
Tabla 2.11. Serie histórica de temperaturas mínima, estación Santa Lucia (4074msnm).	34
Tabla 2.12. Temperaturas máximas y mínimas del 2015 de la región de Puno.....	35
Tabla 2.13. Temperaturas máximas y mínimas del 2016 de la región de Puno.....	36
Tabla 2.14. Temperaturas máximas y mínimas del 2017 de la región de Puno.....	37
Tabla 2.15. Temperaturas máximas y mínimas del 2018 de la región de Puno.....	38
Tabla 2.16. Consistencia de mezcla de concreto. ....	41
Tabla 2.17. Resultados de la resistencia compresión de diferentes técnicas de curado. .	53
Tabla 2.18. Composición del estiércol de ovino. ....	54
Tabla 2.19. Calor específico de los materiales de construcción. ....	55
Tabla 2.20. Contenido de humedad del aserrín .....	56
Tabla 2.21. Valores de t. ....	58
Tabla 2.22. Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm <sup>2</sup> ). ....	58
Tabla 2.23. Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%) .....	58
Tabla 2.24. Tipos de errores en la toma de decisión. ....	61
Tabla 3.1. Cantidad total de briquetas a elaborar. ....	63
Tabla 3.2. Resumen de las propiedades físicas de los agregados.....	66
Tabla 3.3. Características del polietileno de baja densidad. ....	67
Tabla 3.4. Resistencia a la compresión promedio.....	68
Tabla 3.5. Volumen del agua unitario. ....	69
Tabla 3.6. Contenido de aire atrapado .....	69
Tabla 3.7. Relación agua- cemento por resistencia. ....	70
Tabla 3.8. Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto. ....	70
Tabla 3.9. Volumen absoluto de los materiales.....	71
Tabla 3.10. Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso.....	71

Tabla 3.11. Valores corregidos por humedad superficial .....	72
Tabla 3.12. Valores corregidos – por m3 de diseño.....	72
Tabla 3.13. Proporciones por una tanda de bolsa.....	72
Tabla 3.14. Asignación de temperaturas aleatoriamente al azar para los 28 días.....	82
Tabla 3.15. Registro de temperaturas en la congeladora y dentro de las protecciones. .	84
Tabla 3.16. Temperaturas máximas y mínimas registradas durante la ejecución-Juliaca.	86
Tabla 3.17. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con Polietileno a los 7 Días .....	88
Tabla 3.18. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno a los 14 Días .....	89
Tabla 3.19. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno a los 28 Días .....	89
Tabla 3.20. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 7 Días.....	90
Tabla 3.21. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 14 Días.....	90
Tabla 3.22. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 28 Días.....	91
Tabla 3.23. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 7 Días.....	91
Tabla 3.24. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 14 Días.....	92
Tabla 3.25. Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 28 días. ....	92
Tabla 3.26. Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 7 días. ....	93
Tabla 3.27. Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 14 días. ....	93
Tabla 3.28. Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 28 días. ....	94
Tabla 3.29. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 7 días.....	94
Tabla 3.30. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 14 días.....	95
Tabla 3.31. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 28 días.....	95
Tabla 3.32. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 7 días.....	96

Tabla 3.33. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 14 días.....	96
Tabla 3.34. Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 28 días.....	97
Tabla 4.1. Resultados del promedio de la resistencia a compresión del concreto de los 6 grupos a los 7,14 y 28 Días.....	98
Tabla 4.2. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 7 días.	105
Tabla 4.3. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 14 días. ....	106
Tabla 4.4. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 28 días. ....	106
Tabla 4.5. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 7 días.....	107
Tabla 4.6. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 14 días.....	108
Tabla 4.7. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 28 días.....	108
Tabla 4.8. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 7,14 y 28 días. ....	110
Tabla 4.9. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 7,14 y 28 días.	111
Tabla 4.10. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 7 días. ....	113
Tabla 4.11. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 14 días. ....	114
Tabla 4.12. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 28 días. ....	114
Tabla 4.13. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 7 días.....	115
Tabla 4.14. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 14 días.....	115
Tabla 4.15. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 28 días.....	116
Tabla 4.16. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 7 días. ....	118
Tabla 4.17. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 14 días. ....	118
Tabla 4.18. Calculo del estadístico de prueba $t_p$ para el concreto a una edad de 28 días. ....	119
Tabla 4.19. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 7 días.....	120
Tabla 4.20. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 14 días.....	120
Tabla 4.21. Decisión de la hipótesis $H_0$ con el $t_p$ para el concreto a los 28 días.....	120
Tabla 4.22. Resumen de la decisión de la hipótesis .....	121
Tabla 4.23. Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión primer grupo (P) .....	121

Tabla 4.24. Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión segundo grupo (P+A) .....	122
Tabla 4.25. Análisis estadístico de los resultados de compresión tercer grupo (P+EO). 122	
Tabla 4.26. Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión cuarto grupo (SP).....	123
Tabla 4.27. Análisis estadístico de los resultados de la resistencia a compresión quinto grupo (IR).....	123
Tabla 4.28. Análisis estadístico de los resultados de la resistencia de compresión sexto grupo (IS).....	124
Tabla 4.29. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización ..	124
Tabla 4.30. Coeficiente de correlación de los 6 grupos a la edad de 7, 14 y 28 días. ....	125
Tabla 4.31. Costo por metro cuadrado de la protección de pilietileno. ....	129
Tabla 4.32. Costo por metro cuadrado de la protección de polietileno mas aserrin. ....	129
Tabla 4.33. Costo por metro cuadrado de la protección de Polietileno mas estiercol de ovino. ....	130

## Índice de figuras

Figura 2.1. Promedio anual de temperaturas de la región de Puno .....	29
Figura 2.2. Promedio anual de la humedad relativa en la región de Puno.....	29
Figura 2.3. Anomalía mensual de temperatura mínima del mes de Julio 1981-2010, Fuente CENEPRED (2017). .....	39
Figura 2.4. Tipos de fallas (Canovas,2007). .....	44
Figura 2.5. Presión hidráulica (Canovas,2007). .....	46
Figura 2.6. Presión osmótica (Al-Assadi,2009). .....	47
Figura 2.7. Referencia de porcentajes adjudicados a la contribución de varios mecanismos que afectan a la durabilidad del hormigón (Basheer, 1996).....	47
Figura 2.8. Efectos típicos en el concreto por la acción de los ciclos de congelamiento (Menendez, 2005). .....	48
Figura 2.9. Hormigón dañado por ciclo hielo-deshielo. ....	49
Figura 2.10. Etapa de fermentación del compost (Maceda,2015). .....	54
Figura 2.11. Representación del nivel de significación .....	60
Figura 2.12. Región de aceptación y rechazo. ....	61
Figura 3.1. Diseño de variables. ....	64
Figura 3.2. Polietileno (Plástico Negro) .....	66
Figura 3.3. Aserrín de tamaño menos a 4.75mm .....	67
Figura 3.4. Estiércol de ovino de tamaño menor a 9.75mm.....	67
Figura 3.5. Mezcladora modelo 11P3 de capacidad. ....	73
Figura 3.6. Congeladoras MABE 410 lt y 210 lt.....	73
Figura 3.7. Termohigrometro BOECO. ....	74
Figura 3.8. Moldes cilíndricos 4" X 8" .....	74
Figura 3.9. Máquina de compresión digital de la UPeU Juliaca.....	75
Figura 3.10. Materiales para el diseño del concreto .....	77
Figura 3.11. Colocación del desmoldante. ....	77
Figura 3.12. Elaboración del concreto.....	77
Figura 3.13. Llenado de los moldes con concreto.....	77
Figura 3.14. Acabado de las probetas de concreto .....	78
Figura 3.15. Identificación de las probetas .....	78
Figura 3.16. Curado sumergido de especímenes en pozas.....	79
Figura 3.17. Curado del concreto método riego. ....	80
Figura 3.18. Protección con Polietileno .....	81
Figura 3.19. Protección con Polietileno y Aserrín.....	81
Figura 3.20. Concretos sin protección .....	81
Figura 3.21. Polietileno y guano de Ovino.....	81

Figura 3.22. Colocado de las probetas con protecciones a la congeladora. ....	83
Figura 3.23. Probetas con protecciones colocadas en las congeladoras. ....	83
Figura 3.24. Termohigrómetro para registrar las temperaturas .....	83
Figura 3.26. Efecto superficial de las bajas temperatura en los especímenes.....	85
Figura 3.27. Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el periodo de estudio .....	86
Figura 3.28. Colocado de los especímenes de concreto a la maquina compresora. ....	87
Figura 3.29. Registro del ensayo a compresión del concreto. ....	88
Figura 4.1. Resumen de la resistencia a compresión en porcentaje(%) a los 7,14,28 ....	99
Figura 4.2. Comparación de f'c obtenida con diferentes protecciones con un curado por riego para los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo. ....	100
Figura 4.3. Se muestra las comparaciones entre los concretos curados completamente sumergidos con agua y concretos curados a la intemperie con riego. ....	101
Figura 4.4. Se muestra los concretos curados con riego en concretos sometidos a la intemperie y expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo sin protección. ....	102
Figura 4.5. Se muestra los concretos curados con riego, protegidos con diferentes materiales y concretos curados sumergidos a la intemperie.....	103
Figura 4.6. Gráfica del estadístico t para $\alpha=0.2$ y 18 grados de libertad. ....	107
Figura 4.7. Grafico del coeficiente de correlación grupo 1.....	126
Figura 4.8. Grafico del coeficiente de correlación grupo 2.....	126
Figura 4.9. Grafico del coeficiente de correlación grupo 3.....	127
Figura 4.10. Grafico del coeficiente de correlación grupo 4.....	127
Figura 4.11. Grafico del coeficiente de correlación grupo 5.....	128
Figura 4.12. Grafico del coeficiente de correlación grupo 6.....	128

## Índice de anexos

Anexo A. Ensayo de los Agregados.....	137
Anexo B. Diseño de Mezcla.....	143
Anexo C. Resultados de Diámetros, alturas y peso de los especímenes de concreto....	146
Anexo D. Resultados del ensayo a la compresión de los especímenes de concreto.....	152
Anexo E. Panel Fotográfico.....	158
Anexo F. Constancia de ensayos del laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales.....	172
Anexo G. Constancia de Ensayos Físico Químico del Agua.....	173
Anexo H. Ficha técnica del cemento Rumi IP.....	174

## Resumen

La investigación tiene como objetivo comparar las diferentes técnicas de curado en el desarrollo de la resistencia a la compresión de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo, durante su proceso de endurecimiento. La idea principal es incorporar el estiércol de ovino como un material térmico, ecológico y económico, para curar y proteger al concreto en condiciones severas de temperatura en la región de Puno. Para Comprobar la eficiencia del material propuesto, como base de medición se utiliza el curado por riego y sin protección en el concreto expuesto a congelamiento y deshielo. La investigación experimental consistió en elaborar probetas cilíndricas de 4"x8", con una resistencia a la compresión de diseño de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ . La metodología de ejecución se dividió en dos grupos: a) Concreto sometido a congelamiento y deshielo, b) concreto sometido a la intemperie. Los especímenes sometidos a congelamiento y deshielo, se simularon temperaturas al azar entre los  $7.5^{\circ}\text{C}$  hasta los  $-20.2^{\circ}\text{C}$  y en los especímenes sometidos a la intemperie se registró una temperatura mínima y máxima promedio de  $5^{\circ}\text{C}$  y  $18^{\circ}\text{C}$ . De los resultados obtenidos se concluye que, en los especímenes sometidos al congelamiento y deshielo, el curado con polietileno más estiércol de ovino alcanza una resistencia de 88.25% con respecto a la resistencia de diseño, con polietileno más aserrín un 76.40%, con polietileno un 60.94% y sin protección un 57.55%. Los especímenes sometidos a la intemperie, el curado por riego alcanza una resistencia de 78.94% y el curado sumergido un 96.53%. Finalmente se demostró que la incorporación del estiércol de ovino como material de protección para climas con presencia de heladas y friajes en la región de Puno es eficiente.

**Palabras clave:** Curado del concreto, heladas, estiércol de ovino, polietileno, aserrín.

## Abstract

The research aims to compare the different curing techniques in the development of the compressive strength of concrete exposed to freeze and thaw cycles, during its hardening process. The main idea is to incorporate sheep manure as a thermal, ecological and economic material, to cure and protect concrete under severe temperature conditions in the Puno region. To verify the efficiency of the proposed material, irrigation curing and unprotected concrete exposed to freezing and thawing are used as the basis for measurement. The experimental investigation consisted of producing 4 "x8" cylindrical specimens, with a design compression strength of 210. The execution methodology was divided into two groups: a) Concrete subjected to freezing and thawing, b) concrete subjected to weathering. The specimens subjected to freezing and thawing, random temperatures were simulated between 7.5 ° C to -20.2 ° C and in the specimens subjected to the weather an average minimum and maximum temperature of 5 ° C and 18 ° C was recorded. From the results obtained it is concluded that, in the specimens subjected to freezing and thawing, the curing with polyethylene plus sheep manure reaches a resistance of 88.25% with respect to the design resistance, with polyethylene plus sawdust 76.40%, with polyethylene a 60.94% and without protection a 57.55%. The specimens subjected to the weather, the curing by irrigation reaches a resistance of 78.94% and the submerged curing a 96.53%. Finally, it was demonstrated that the incorporation of sheep manure as protection material for climates with the presence of frost and cold in the Puno region is efficient.

**Key words:** Curing of concrete, frost, sheep manure, polyethylene, sawdust.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Introducción.**

La finalidad de la presente investigación, tiene como objetivo comparar las diferentes técnicas de curado y protección en el desarrollo de la resistencia a la compresión de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo, simulados en laboratorio y expuestos a la intemperie, durante el proceso de endurecimiento de un concreto convencional, empleando materiales como: El polietileno, el polietileno más aserrín y polietileno más estiércol de ovino. Con el objetivo de reducir las fisuras por contracción y darle la resistencia mecánica y garantizar la durabilidad de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

Para poder hacer la comparación de las técnicas de curado y protección, se elaboran diez (10) especímenes de concreto por grupo y para edades de 7,14 y 28 días, con el fin de determinar la mejor eficiencia de protección térmica de los diferentes materiales empleados para el curado durante el proceso de endurecimiento del concreto.

En el primer capítulo, describe el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación; en segundo capítulo se dan a conocer los antecedentes de estudio y las bases teóricas correspondientes al tema de investigación; en el tercer capítulo se dará a conocer la metodología y desarrollo de la investigación en el cuarto capítulo se dará a conocer el análisis de los resultados, la contrastación de la hipótesis y finalmente en el quinto capítulo se dará a conocer las conclusiones, recomendaciones y anexos.

#### **1.2. Planteamiento del problema**

En la región de Puno un problema muy notable es la baja capacidad de resistencia del concreto, esto se debe a causa de múltiples factores como: las bajas temperaturas, el congelamiento y deshielo, las técnicas de curado, la dosificación del concreto, entre otros. Como consecuencia el concreto tiene problemas de fisuramiento, desprendimiento y la baja resistencia a compresión.

Mediante la aplicación de las técnicas de curado y protección en el proceso de endurecimiento del concreto, utilizando materiales como: polietileno, el polietileno más aserrín y el polietileno más estiércol de ovino; se pretende desarrollar la resistencia a compresión de diseño.

Debido a la presencia de los fenómenos naturales como las heladas y los friajes en la región altiplánica, resulta complicado lograr un adecuado curado en el concreto, a consecuencia de ello es imprescindible plantear técnicas de curado y protección.

En la región Puno no existe una variedad o técnicas de curado que estén ampliamente estudiados, incluso se deberían implementar técnicas de curado y protección con materiales abundantes y económicos de la zona.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo influye el tipo de curado y protección en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto expuesto a congelamiento, deshielo simulado en laboratorio y curados a la intemperie en la región de Puno?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Es posible proponer una técnica de curado y protección para los concretos sometidos a congelamiento y deshielo?

¿Será posible alcanzar la resistencia de diseño a compresión del concreto, expuestos a congelamiento y deshielo en tres técnicas de curados diferentes, en condiciones simuladas en laboratorio?

¿Será posible que el concreto curado a la intemperie sumergidos desarrolle mejor su resistencia a comparación de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo simulados en laboratorio?

### **1.4. Justificación**

Es de vital importancia conocer cómo influyen las bajas temperaturas en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto. En la presente investigación se simulará el clima en laboratorio de forma constante para producir el ciclo de congelamiento en los especímenes. Por otro lado, también se someterá especímenes a un clima natural expuestos a la intemperie sumergida en agua y en riego; posteriormente se realizará un análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto.

La evaluación de las diferentes técnicas de curado y protección como: el polietileno, polietileno más aserrín y el polietileno más estiércol de ovino, permitirá conocer la importancia del curado y protección en el concreto en su proceso de endurecimiento, expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo. Además, permitirá determinar el material

más adecuado y económico para sustituir al curado tradicional con agua, de tal forma que el concreto pueda desarrollar mejor su resistencia.

En la región altiplánica los fenómenos naturales tienen un impacto negativo en el concreto. Las bajas temperaturas en la zona provocan que muchas de las obras de infraestructura como: edificaciones, carreteras, puentes y entre otros; no llegan a tener un adecuado desempeño durante su vida útil, debido a que no se les dio un adecuado curado al concreto durante su proceso de endurecimiento. A causa de ello, plantear una técnica de curado y protección resulta necesario, puesto que un curado tradicional no garantiza la calidad y un buen desempeño en las obras de concreto.

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque experimental aplicable para losas de concreto como: losas deportivas, veredas y pavimentos de concreto; obras que se ejecutan durante los meses en que se presentan bajas temperaturas en la región de Puno.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Comparar las diferentes técnicas de curado y protección en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, simulados en laboratorio y expuestos a la intemperie durante el proceso de endurecimiento.

### **1.5.2. Objetivo específico**

Proponer una técnica de curado y protección adecuado para la región de Puno, utilizando materiales como el polietileno, el polietileno más aserrín y polietileno más estiércol de ovino.

Analizar el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en tres técnicas de curados y protección diferentes, en condiciones simuladas en laboratorio.

Determinar si el concreto curado a la intemperie sumergido desarrolla mejor su resistencia a comparación de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo simulados en laboratorio.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Los ciclos repetidos de hielo y deshielo en climas fríos provocan graves daños sobre las estructuras y los elementos de concreto, en particular sobre aquellos que tiene una gran superficie expuesta, tales como pavimentos, revestimientos de canales o tableros de puentes, etc. En esos casos, se ve comprometida además su funcionalidad, acelerándose la velocidad de deterioro por otra causas, tales como la abrasión y la erosión (Irassar, 2001).

El daño por hielo y deshielo se manifiesta con el descaramiento exterior o daño microestructural interior. Ambos pueden producirse tanto en las superficies horizontales como en las verticales, pero principalmente donde el agua o la nieve se depositen y la superficie permanezca mojada durante largos periodos. Este fenómeno se observa comúnmente en losas de concreto (Menéndez, 2005).

Se han reportado muchos estudios en los que se ha demostrado que cuando no se realiza acciones de curado en el concreto la resistencia a la compresión, principal indicador de la calidad del concreto, resulta significativamente inferior a la que alcanza cuando el concreto se mantiene húmedo por algún tiempo (Price, 1951; Gonnerman y Shuman, 1928).

##### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Pasquel (1998), afirma que no se puede pensar que solo con los incorporadores de aire se soluciona el problema, pues si no le damos al concreto la posibilidad de desarrollar la resistencia, de nada servirá la precaución anterior ante la fatiga que va produciendo la alternancia de esfuerzos en los ciclos de hielo y deshielo. Por lo que se debe procurar mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierda calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que haya desarrollado al menos 35kg/cm<sup>2</sup>.

Rodriguez (2009), en su tesis de grado titulada “concreto en climas fríos, con uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire” investiga el comportamiento del uso de fibras

de polipropileno conjuntamente al ser mezclada con un incorporador de aire, con el objetivo de reducir las fisuras por contracción y darle resistencia necesaria al concreto expuesto al hielo y deshielo, concluyendo que el concreto con fibra de polipropileno en resistencia a la compresión en promedio se incrementa aproximadamente un 4.00%.

Medina y Quispe (2017), en su tesis de grado titulado “Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo” afirma que los ciclos de congelamiento y deshielo disminuyen la resistencia en un 42.06% en caso de curado por aspersión y en un 21.30% en el caso de un curado sumergido sin ningún tipo de protección.

### 2.1.3. Antecedentes regionales

Apaza (2004), Afirma que el concreto no desarrolla resistencia a un 100% en los meses más fríos del año, debido a que la velocidad de hidratación se vuelve lenta, el tiempo de fraguado se prolonga, por el intenso frío que se produce en la ciudad de Puno y Juliaca.

Quispe et al. (2016), Afirma que a medida que varía las alturas también varían las temperaturas, este comportamiento hace que a mayor altura es menor la resistencia del concreto endurecido. Por lo que podemos concluir que la altura influye negativamente en el desarrollo del concreto en Puno; como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1.

*Resistencia de probetas de 6"x12" a diferentes altitudes, Puno.*

Localidad	Altitud (msnm)	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Obra Laraqueri	4530	159
Obra Pichacani	4300	162
Obra Salcedo	3840	211
Obra San Jose	3810	213

Nota: Fuente, Registro de la compresión simple del concreto en probetas.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Clima en la región de Puno

#### 2.2.1.1. Generalidades

El Perú está formado por ocho regiones naturales: Chala o costa, yunga, quechua, suni, puna, janca o cordillera, selva alta y selva baja. En éstas se presentan una diversidad de climas y microclimas que van desde lo costero árido y cálido, pasando por los valles

interandinos de tipo templado, frígido y polar hasta los de tipo cálido y lluvioso de la selva (SENAMHI, 2018).

La zona Suni que se ubica entre los 3 400 y 3 800 msnm. Suni es palabra quechua que significa «largo, alto». Se extiende en las laderas (algunas acondicionadas en terrazas) de todos los valles interandinos, encima de la zona Quechua. *El clima es más bien frío*, con precipitaciones que varían desde 600 hasta más de 1 200 mm según los años. Una zona diferenciada es la Suni altiplano que circunda tanto el lago de Sunin o Junín como el lago Titicaca en Puno y Bolivia. El altiplano alrededor del lago Titicaca puede diferenciarse en: una zona alrededor del mismo lago, denominada zona Suni circunlacustre con un clima algo benigno; el altiplano norte más húmedo, diferenciado en una zona Suni A o de relativa influencia del lago y una zona Suni B más alejada, con mayor número de *noches con heladas* (Tapia y Fries, 2007).

Según la Tabla 2.2 el departamento de Puno se divide en 13 provincias, de los cuales 11 pertenecen a la región Suni, 01 a la región Janka y 01 a la región Yunga.

Tabla 2.2.

*Ubicación geográfica de las provincias dentro de las ocho regiones naturales*

<b>Provincias</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Región</b>
Puno	3848	Suni
Azángaro	3865	Suni
Chucuito	3868	Suni
El Collao	3862	Suni
Huancané	3848	Suni
Lampa	3873	Suni
Melgar	3918	Suni
Moho	3889	Suni
San Antonio De Putína	3861	Suni
San Román	3832	Suni
Yunguyo	3839	Suni
Carabaya	4315	Janka
Sandia	2179	Yunga Fluvial

Nota: Fuente, datos extraídos del SENAMHI (2018).

### **2.2.1.2. Ubicación geográfica.**

El departamento de Puno, geográficamente se ubica en el centro de la meseta del collao en las coordenadas 13°00'00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Sus límites son: por el norte con Madre de Dios, por el este con el país de Bolivia, por el sur con Tacna y Bolivia, por el oeste con Cuzco, Arequipa y Moquegua.

### 2.2.1.3. División política.

El departamento de Puno se subdivide en 13 provincias y 110 distritos, distribuidos de la siguiente manera: Puno 15 distritos, Yunguyo 7, Carabaya 10, Azángaro 15, Chucuito 7, El Collao 5, Huancané 8, Melgar 9, Lampa 10, San Antonio de Putina 5, Moho 4, San Román 5 y Sandía 10 (ver Tabla 2.3).

Tabla 2.3.  
*División política del departamento de Puno.*

N°	PROVINCIA	Número de Distritos	Superficie Total	
			km2	%
1	Puno	15	6492.60	9.70
2	Azángaro	15	4970.01	7.40
3	Carabaya	10	12266.40	18.30
4	Chucuito	7	3978.13	5.90
5	El Collao	5	5600.51	8.40
6	Huancané	8	2805.85	4.20
7	Lampa	10	5791.73	8.70
8	Melgar	9	6446.85	9.60
9	Moho	4	1000.41	1.50
10	San Antonio de Putina	5	3207.38	4.80
11	San Román	5	2277.63	3.40
12	Sandía	10	11862.41	17.70
13	Yunguyo	7	288.31	0.40
	Total	110	66988.22	100.00

Nota: Fuente, datos extraídos del INEI (2015).

### 2.2.1.4. Temperatura y humedad relativa.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, en la región de Puno la temperatura media anual oscila entre los 7°C y 12°C, las temperaturas máximas son superiores a 20°C y las temperaturas mínimas oscilan entre -1°C a -16°C.

En la Tabla 2.4 se presenta los valores promedio de temperatura anual por departamento registrados por el SENAMHI, en el departamento de Puno la temperatura promedio mínimo y máxima oscila ente 9.4°C y 11.5°C, entre los años 2007 al 2016.

Tabla 2.4.  
*Temperatura promedio anual por departamento.*

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amazonas	14.7	14.8	14.8	15.4	14.9	14.7	15.0	14.9	15.1	15.6
Áncash	12.6	12.4	12.5	12.7	12.2	12.4	12.5	12.5	12.8	13.1
Apurímac	15.8	16.2	16.0	16.2	15.7	14.0	14.1	14.1	14.5	14.9
Arequipa	15.9	15	16.4	16.4	15.6	15.6	15.6	16.1	17.1	17.3
Ayacucho	18.1	19.4	19.0	18.8	18.0	18.0	18.2	18.4	18.3	...
Cajamarca	14.4	14.4	14.7	14.9	14.4	14.6	14.9	15.0	15.4	15.6
Cusco	12.4	12.3	12.4	12.6	12.1	12.3	12.3	12.5	12.6	13.3
Huancavelica	10.3	10	10.6	10.4	9.5	9.6	10.3	10.3	10.4	...
Huánuco	20.5	20.4	20.5	20.9	20.2	20.3	20.7	20.6	20.8	21.4
Ica	20.6	21.6	21.8	21.4	22.2	20.7	21.5	21.0	21.6	22.9
Junín	12.4	12.1	12.4	12.7	12.1	12.1	12.4	12.4	12.6	13.0
La Libertad	18.9	20.8	20.5	19.8	19.9	21.2	19.3	21.0	22.2	21.2
Lambayeque	19.9	21.5	21.2	20.5	20.7	22.0	20.2	21.7	22.8	22.4
Lima	18.1	19.5	19.5	18.8	19.1	19.8	18.7	19.5	20.8	20.3
Loreto	27.4	27.3	27.4	27.6	27.5	26.8	27.4	26.9	27.3	27.5
Madre de Dios	27.1	26.5	26.1	...	26.6	26.9	26.6	26.5	27.1	27.0
Moquegua	19.7	18.8	19.8	19.2	19.4	19.7	19.3	19.4	19.9	...
Pasco	5.0	5.3	5.2	5.7	5.2	5.0	5.3	5.2	5.5	6.0
Piura	24.0	24.8	24.8	24.2	24.6	25.2	23.9	25.3	26.1	...
Puno	10.7	9.4	10.9	11.5	10.8	10.5	10.2	10.5	10.3	...
San Martín	22.6	23.2	22.7	23.4	23.1	22.8	23.0	22.8	22.9	23.6
Tacna	16.7	18.3	18.1	17.5	17.6	18.2	17.7	18.0	18.8	18.8
Tumbes	24.9	26.2	25.7	25.5	25.5	25.6	25.1	26.0	27.2	...
Ucayali	26.2	26.1	25.7	26.1	25.5	25.5	25.6	25.5	26.0	26.0

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-2016.

En la región de Puno las temperaturas mínimas son muy perceptibles durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre; debido a la presencia de los fenómenos meteorológicos como las heladas y friajes.

Las heladas meteorológicas ocurren cuando la temperatura del aire desciende a 0°C o valores menores este. Las heladas se dan con cielo despejado o escasa nubosidad. El descenso de la temperatura se registra en horas de la noche o madrugada y el parámetro meteorológico para seguimiento es la Temperatura Mínima (SENAMHI, 2018).

Se define como humedad relativa al porcentaje de vapor de agua que se encuentra suspendido en el aire. Según al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología este valor varía según a la ubicación de cada departamento tal como se muestra en la Tabla 2.5. El departamento de Puno registra un promedio de 61.2% de humedad relativa entre los años de 2007 hasta el 2015.

Tabla 2.5.  
*Humedad relativa promedio anual por departamento.*

<b>Departamento</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Amazonas	85	88	83	77	77	81	87	83	81	78
Áncash	77	75	78	81	85	80	77	78	76	75
Apurímac	95	93	91	91	93	87	83	79	82	80
Arequipa	58	52	57	47	50	54	51	49	48	47
Ayacucho	75	70	86	84	78	73	77	77	79	...
Cajamarca	66	63	69	65	65	65	64	63	63	64
Cusco	72	64	71	74	76	67	74	68	69	64
Huancavelica	78	75	77	76	81	84	84	86	85	...
Huánuco	63	67	65	64	67	65	66	65	64	62
Ica	80	76	86	84	75	70	68	74	73	67
Junín	62	60	67	64	65	63	62	59	59	56
La Libertad	89	86	89	91	91	87	92	91	85	85
Lambayeque	86	82	83	83	82	81	82	80	81	82
Lima	87	84	86	85	85	86	86	87	86	85
Loreto	86	83	84	84	83	85	85	84	92	90
Madre de Dios	85	81	86	...	83	83	85	90	93	92
Moquegua	57	55	57	62	63	61	62	63	65	...
Pasco	84	79	81	75	82	84	86	85	86	85
Piura	74	71	75	76	73	70	75	74	76	...
Puno	63	56	55	56	63	61	64	65	68	...
San Martín	84	74	83	81	82	82	82	83	83	81
Tacna	80	73	75	77	75	75	76	78	80	76
Tumbes	88	87	91	91	90	85	91	91	78	...
Ucayali	88	84	89	90	90	90	88	90	88	87

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-2016.

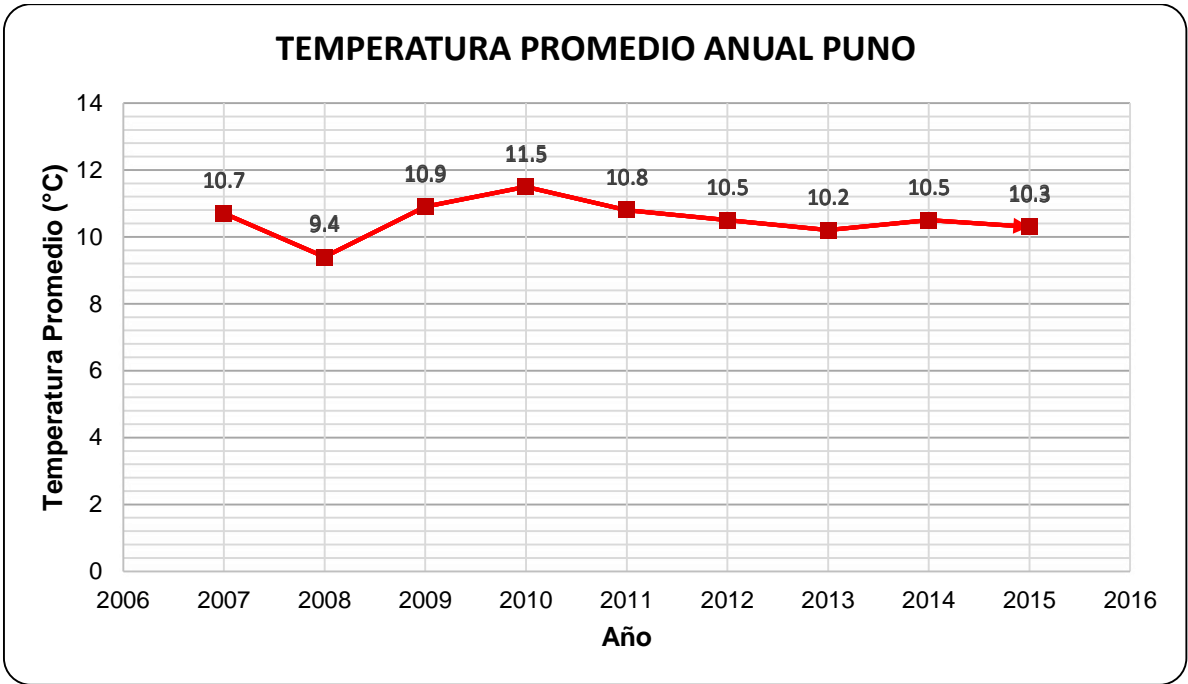


Figura 2.1. Promedio anual de temperaturas de la región de Puno.

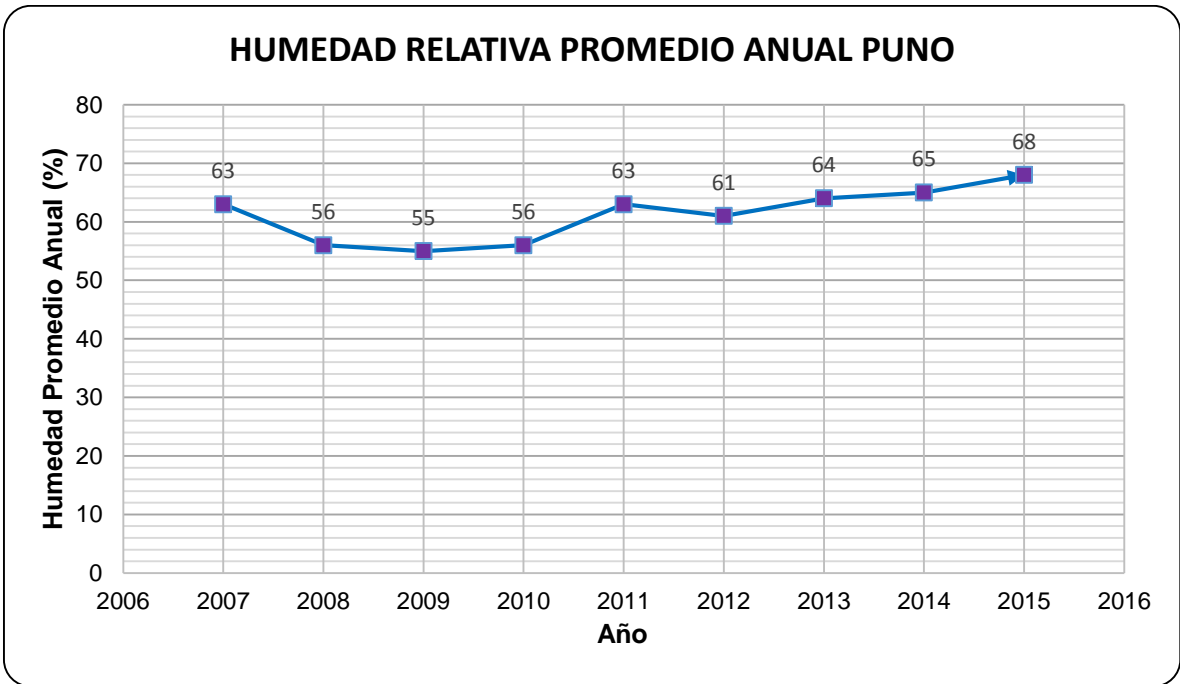


Figura 2.2. Promedio anual de la humedad relativa en la región de Puno

En las Tablas del 2.6 al 2.11, se muestran las series históricas de temperaturas mínimas, que fueron registradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI); los valores varían significativamente según a la ubicación de las estaciones de registro.

Tabla 2.6.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación Puno (3812msnm).*

<b>AÑO</b>	<b>EN.</b>	<b>FEBR.</b>	<b>MZO.</b>	<b>ABR.</b>	<b>MY.</b>	<b>JUN.</b>	<b>JUL.</b>	<b>AGTO.</b>	<b>SEPT.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DIC.</b>	<b>PROM.</b>
1970	5.40	4.80	3.90	3.60	0.90	0.00	-1.10	-0.10	1.80	3.10	3.80	4.60	2.56
1971	5.00	4.20	4.70	2.70	-0.6	-0.80	-2.30	-0.40	1.00	1.20	2.80	4.20	1.81
1972	4.10	4.00	4.70	3.10	0.00	-2.30	-1.00	-0.30	2.00	3.30	5.20	5.00	2.32
1973	6.30	6.00	5.70	4.50	1.80	-1.30	-1.50	0.50	2.60	4.50	4.90	4.80	3.23
1974	5.00	5.20	4.60	3.70	0.40	-0.60	0.00	0.30	2.10	3.20	3.70	4.60	2.68
1975	4.60	5.50	5.40	3.60	1.80	-0.60	-2.20	0.10	2.70	2.50	3.30	4.90	2.63
1976	4.80	5.10	4.80	2.70	0.40	-1.00	-0.40	-0.20	1.90	2.20	2.80	0.90	2.00
1977	5.50	5.50	5.20	2.90	0.50	-2.10	-0.20	-0.40	2.50	3.50	5.20	5.20	2.78
1978	5.20	5.60	4.40	3.80	0.60	0.10	-1.80	0.60	1.20	3.10	4.30	5.50	2.72
1979	5.30	5.70	5.80	3.00	0.30	0.40	-1.00	-0.40	2.10	4.00	5.20	5.40	2.98
1980	5.60	5.40	5.40	3.10	0.10	-0.70	0.30	0.50	2.20	4.50	4.30	4.00	2.89
1981	6.00	5.10	4.70	2.60	0.20	-2.70	-1.90	-0.10	0.70	3.40	5.30	5.90	2.43
1982	5.40	5.40	5.40	2.70	-1.2	-1.90	-1.90	-0.60	1.60	3.70	5.10	4.80	2.38
1983	6.10	5.80	5.60	4.80	1.10	-0.60	-0.70	0.40	1.70	2.20	2.70	4.80	2.83
1984	4.70	4.70	5.30	3.10	1.30	0.20	-1.60	-0.60	0.10	4.60	4.70	4.90	2.62
1985	5.20	5.20	5.30	4.40	2.20	0.40	-1.70	0.20	2.20	2.30	3.80	4.70	2.85
1986	5.00	4.90	5.00	4.10	-0.4	-1.20	-2.40	0.10	1.60	2.10	3.70	5.30	2.32
1987	5.80	4.40	4.00	3.10	1.20	-0.80	-1.20	0.00	1.90	3.10	5.60	5.40	2.71
1988	6.00	5.00	5.50	4.20	1.60	-1.70	-1.30	0.00	2.50	3.00	4.40	5.00	2.85
1989	5.00	5.00	4.90	3.50	1.10	0.00	-1.60	0.50	1.90	3.90	3.30	4.80	2.69
1990	5.30	4.00	3.90	2.90	1.20	-0.30	-1.40	-0.30	0.80	4.20	4.60	5.90	2.57
1991	5.40	5.50	5.20	3.50	0.10	-2.00	-2.00	-0.90	1.40	3.20	3.50	4.20	2.26
1992	4.90	4.50	3.70	2.50	0.60	-0.40	-1.70	-0.90	1.00	2.50	3.10	4.70	2.04
1993	5.00	4.20	5.00	4.10	1.30	-2.00	-1.10	-0.30	1.30	3.60	5.00	6.00	2.68
1994	5.70	5.30	4.40	4.10	0.80	-1.60	-1.80	-0.60	2.00	2.70	4.60	5.10	2.56
1995	5.50	5.00	5.00	3.10	0.30	-1.70	-1.40	0.00	2.30	3.30	4.50	3.90	2.48
1996	4.60	5.20	4.60	3.80	0.80	-1.50	-1.30	-1.30	1.50	3.60	3.40	4.70	2.34
1997	4.90	4.30	3.90	1.50	-0.1	-2.30	-1.60	-0.50	1.80	2.40	3.80	5.30	1.95
1998	6.70	6.40	5.50	3.40	-0.4	-0.20	-1.80	0.20	1.00	3.10	4.20	7.20	2.94
1999	5.40	5.70	5.40	4.30	1.20	-1.70	-0.20	1.00	2.10	4.00	3.90	5.50	3.05
2000	5.90	5.50	5.10	3.50	1.60	-0.70	-1.90	0.60	1.70	3.20	3.00	4.10	2.63
2001	5.20	5.80	5.10	4.10	1.30	0.60	-1.00	0.00	2.80	3.90	5.30	5.00	3.18
2002	5.70	6.30	5.90	4.80	2.30	0.70	-0.60	0.60	2.70	4.20	4.80	5.70	3.59
2003	6.40	6.40	5.90	3.50	1.50	-1.30	-1.10	-0.10	1.30	3.40	4.40	5.70	3.00
2004	6.40	6.10	5.90	4.10	0.00	-1.10	-0.60	0.80	2.40	3.90	4.80	6.30	3.25
2005	6.40	5.90	5.70	4.20	0.80	-2.00	-0.50	-0.70	2.20	3.80	4.60	6.30	3.06
2006	5.70	6.00	6.20	4.30	-0.3	-0.50	-1.90	1.00	1.70	4.00	5.60	5.80	3.13
2007	6.20	6.20	5.60	4.60	2.10	0.40	-0.40	0.70	3.20	3.70	3.60	5.10	3.42
2008	6.10	5.30	5.10	2.40	-0.5	-0.80	-1.50	-0.50	0.80	3.90	5.10	5.30	2.56
2009	5.50	6.20	5.00	3.60	-2.1	-2.10	-0.50	-1.10	2.20	3.80	6.30	6.10	2.74
2010	6.80	6.80	6.80	4.70	1.60	1.40	-1.20	0.80	2.10	3.90	4.00	6.00	3.64
2011	6.10	6.30	6.00	4.20	1.50	-0.30	0.00	0.14	1.85	3.07	3.90	4.31	3.09
2012	5.50	5.50	5.20	4.90	1.10	-0.10	-0.50	0.00	2.80	5.00	6.10	6.50	3.50
2013	6.57	7.60	5.75	5.17	2.13	1.21	0.67	1.32	3.63	5.20	6.25	6.72	4.35
2014	6.38	6.60	6.29	5.44	3.16	2.52	1.83	2.64	4.46	5.40	6.40	6.94	4.84

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 2.7.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación de llave (3871msnm).*

AÑO	EN.	FEBR.	MZO.	ABR.	MY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	3.60	3.30	4.40	4.60	0.40	-5.90	-6.70	-4.30	-1.50	-0.30	1.00	2.50	0.09
1965	3.90	3.90	3.60	2.10	-1.40	-6.80	-4.80	-5.40	-3.10	-0.90	-1.30	-2.60	-1.07
1966	3.10	3.80	2.80	1.50	-2.30	-5.00	-6.40	-4.00	-0.80	1.70	1.80	3.00	-0.07
1967	2.80	3.60	4.60	0.90	-0.40	-0.60	-4.90	-2.70	1.50	2.50	1.80	3.10	1.02
1968	3.90	4.60	3.70	1.10	-0.50	-3.40	-2.10	-1.80	-1.00	0.80	1.00	1.60	0.66
1969	2.10	4.30	3.50	1.60	-1.00	-3.60	-3.20	-2.60	-0.60	0.20	3.60	4.20	0.71
1970	4.50	4.10	3.30	2.00	-1.40	-3.80	-4.40	-3.30	-0.10	1.10	1.70	4.30	0.67
1971	4.30	3.80	3.70	1.50	-2.60	-3.10	-4.90	-2.40	-1.60	-0.70	1.80	4.00	0.32
1972	3.60	3.30	4.10	1.90	-2.90	-5.00	-3.50	-3.30	1.30	1.60	4.20	4.50	0.82
1973	5.10	5.40	5.20	3.90	0.00	-4.40	-4.60	-2.20	0.80	3.30	4.00	3.80	1.69
1974	4.60	4.60	3.40	2.70	-1.40	-3.40	-2.30	-2.20	0.50	1.80	1.90	3.50	1.14
1975	3.80	5.00	4.80	2.20	0.40	-2.30	-5.60	-3.90	0.70	0.90	1.70	7.80	1.29
1976	3.30	3.40	3.80	0.70	-2.70	-3.90	-3.50	-2.80	0.50	0.40	1.20	3.40	0.32
1977	4.00	4.40	4.30	1.00	-1.60	-4.40	-3.00	-3.70	1.10	1.60	3.50	3.70	0.91
1978	4.20	3.90	3.10	2.10	-1.70	-2.50	-4.50	-0.90	-0.90	1.10	3.40	1.35	0.72
1979	3.36	3.79	3.78	2.33	-0.85	-4.73	-5.18	-3.90	-1.25	0.47	0.88	1.82	0.04
1980	3.46	3.86	3.80	2.25	-0.94	-4.54	-4.98	-3.71	-1.02	0.59	1.15	2.13	0.17
1981	3.52	3.90	3.82	2.20	-1.01	-4.41	-4.85	-3.58	-0.86	0.67	1.33	2.33	0.26
1982	3.56	3.93	3.83	2.17	-1.05	-4.32	-4.76	-3.49	-0.76	0.72	1.45	2.48	0.31
1983	3.61	4.11	3.72	1.58	-1.43	-3.86	-4.22	-3.20	-0.46	1.02	1.70	2.65	0.44
1984	5.00	5.30	5.90	4.10	2.00	-0.50	-2.40	-1.40	-0.10	4.70	5.00	4.90	2.71
1985	5.20	5.50	5.20	4.00	2.10	-0.20	-2.90	-0.20	2.90	2.20	4.00	4.90	2.73
1986	5.40	4.80	5.00	3.80	-1.70	-2.20	-3.90	-1.60	0.90	1.20	3.40	5.10	1.68
1987	5.50	4.00	3.50	2.50	-0.30	-2.50	-2.30	-1.70	0.10	2.80	5.40	5.00	1.83
1988	5.90	4.50	5.50	3.80	0.50	-3.30	-3.00	-1.60	1.00	2.20	3.20	4.50	1.93
1989	4.70	4.60	4.20	3.40	0.40	-1.30	-2.40	-1.00	0.40	2.60	1.80	4.30	1.81
1990	4.60	3.40	3.10	2.40	-0.10	-1.00	-2.90	-1.10	0.10	4.00	4.60	4.50	1.80
1991	4.70	4.70	4.90	3.20	0.20	-3.50	-3.20	-2.30	-0.10	2.00	2.50	3.40	1.38
1992	4.30	3.90	3.10	0.90	-0.70	-0.80	-2.80	-2.20	-0.50	1.80	2.40	4.00	1.12
1993	4.40	3.50	4.20	3.00	0.50	-3.00	-2.60	-1.20	0.80	3.20	4.40	5.30	1.88
1994	4.90	4.70	3.80	3.70	0.30	-2.50	-3.40	-0.70	0.70	1.50	4.40	4.70	1.84
1995	5.30	4.40	5.00	2.80	-0.40	-2.60	-2.20	-0.80	1.30	2.20	3.80	4.00	1.90
1996	4.50	5.20	4.00	3.40	0.40	-2.60	-2.80	0.20	0.40	2.60	3.60	4.90	1.98
1997	5.10	4.90	4.30	2.10	-0.70	-3.80	-1.50	-0.70	2.60	2.80	4.50	5.80	2.12
1998	6.80	6.50	5.70	3.90	-0.30	-0.10	-1.50	-0.50	-0.10	2.60	3.40	4.60	2.58
1999	4.70	5.40	4.90	3.40	0.50	-2.80	-1.90	0.00	0.70	2.70	2.60	4.40	2.05
2000	5.10	5.20	4.70	2.90	0.70	-2.10	-2.60	0.00	0.60	2.80	2.80	4.10	2.02
2001	5.10	5.50	4.90	3.30	1.00	-0.20	-1.80	-0.30	2.00	3.60	4.70	4.50	2.69
2002	5.30	5.90	5.50	3.90	1.60	0.30	-1.40	0.00	1.80	4.20	4.20	5.20	3.04
2003	5.80	5.70	5.40	2.80	0.90	-1.60	-2.20	-0.60	0.40	2.50	3.80	5.00	2.33
2004	5.40	5.00	5.00	3.60	-2.90	-2.40	-0.80	0.60	1.70	2.80	3.40	3.40	2.07
2005	4.10	4.30	4.60	3.30	-0.60	-3.40	-2.00	-2.30	-0.30	3.00	4.10	5.20	1.67
2006	4.90	4.90	5.30	2.60	-1.90	-1.80	-4.60	-0.50	0.10	3.40	4.60	5.60	1.88
2007	5.70	4.90	5.10	3.70	0.30	-2.10	-4.80	-3.40	1.10	1.30	1.00	2.80	1.30
2008	4.70	3.90	3.20	-0.90	-4.90	-5.80	-6.50	-5.10	-3.20	1.00	2.50	2.30	-0.73
2009	3.90	4.40	3.30	1.40	-3.80	-7.90	-5.40	-6.20	-2.30	0.60	3.80	3.50	-0.39
2010	3.80	5.60	3.90	1.40	-1.80	-3.00	-5.00	-3.70	-1.50	0.00	-0.60	3.20	0.19
2011	3.59	3.84	3.80	2.20	-0.40	-3.00	-2.90	-3.15	-0.27	0.87	1.87	2.90	0.78
2012	4.40	4.60	4.10	3.00	-2.00	-4.30	-4.90	-4.50	0.60	2.00	3.70	5.30	1.00
2013	4.76	5.49	4.26	0.17	0.45	-2.56	-1.62	-2.48	-1.14	2.62	3.53	4.66	1.51
2014	5.08	4.81	3.75	2.62	-0.97	-3.17	-3.32	-0.82	2.26	2.92	3.32	4.66	1.76

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 2.8.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación Pizacoma (3930msnm).*

AÑO	EN.	FEBR.	MZO.	ABR.	MY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1967	1.20	2.70	2.50	-0.20	-0.70	-5.10	-3.60	-3.70	-1.60	-0.90	-1.70	2.00	-0.76
1968	2.20	3.50	1.70	-1.20	-3.10	-4.60	-5.50	-6.40	-2.80	1.10	1.40	0.90	-1.07
1969	3.30	3.80	1.80	-1.70	-4.80	-6.50	-5.50	-7.20	-2.10	-1.70	1.20	1.40	-1.50
1970	3.30	2.20	1.70	-0.20	-3.80	-5.70	-6.60	-5.00	-3.20	-0.60	0.80	3.20	-1.16
1971	2.90	3.70	2.10	0.10	-5.80	-7.80	-8.60	-6.50	-5.00	-5.60	-1.20	3.20	-2.38
1972	3.60	2.60	2.40	-1.00	-8.00	-8.50	-8.00	-6.00	-1.80	-1.90	2.30	3.40	-1.74
1973	3.70	3.90	2.80	2.10	-1.30	-7.00	-7.60	-5.20	-0.60	-0.10	2.10	1.60	-0.47
1974	2.70	3.90	1.70	0.00	-5.80	-7.20	-4.70	-3.70	-3.50	-2.00	-0.10	1.20	-1.46
1975	2.00	4.00	2.60	0.30	-2.80	-5.70	-8.60	-5.40	-2.30	-3.00	-1.00	2.90	-1.42
1976	3.90	2.50	2.60	-2.80	-3.80	-5.60	-6.20	-6.20	-1.00	-5.40	-5.10	2.50	-2.05
1977	2.00	3.30	2.90	-2.00	-5.40	-9.20	-5.70	-5.60	-3.40	-4.10	3.00	2.50	-1.81
1978	3.80	2.80	1.40	-0.10	-4.30	-7.60	-8.60	-4.20	-4.80	-1.30	1.10	3.60	-1.52
1979	3.80	2.40	2.90	-1.30	-4.60	-5.50	-7.30	-5.40	-5.00	-0.30	-0.10	2.70	-1.48
1980	1.10	1.80	0.90	0.10	-3.30	-6.90	-6.20	-5.90	-2.70	-1.10	-0.70	0.50	-1.87
1981	1.63	2.29	1.11	-0.04	-3.47	-6.92	-6.31	-5.77	-2.75	-1.27	-0.53	0.79	-1.77
1982	1.81	2.39	1.26	-0.13	-3.59	-6.91	-6.40	-5.72	-2.80	-1.39	-0.44	1.02	-1.74
1983	1.94	2.45	1.36	-0.19	-3.67	-6.90	-6.46	-5.68	-2.83	-1.48	-0.37	1.18	-1.72
1984	2.03	2.50	1.44	-0.23	-3.73	-6.90	-6.51	-5.66	-2.85	-1.54	-0.33	1.29	-1.71
1985	2.09	2.54	1.49	-0.26	-3.77	-6.89	-6.54	-5.64	-2.87	-1.58	-0.30	1.38	-1.70
1986	2.14	2.56	1.53	-0.28	-3.81	-6.89	-6.56	-5.62	-2.88	-1.62	-0.28	1.44	-1.69
1987	2.18	2.58	1.56	-0.30	-3.83	-6.89	-6.58	-5.61	-2.89	-1.64	-0.26	1.48	-1.68
1988	2.20	2.59	1.58	-0.31	-3.85	-6.89	-6.59	-5.60	-2.90	-1.66	-0.24	1.52	-1.68
1989	2.22	2.60	1.60	-0.32	-3.86	-6.89	-6.60	-5.60	-2.90	-1.67	-0.23	1.54	-1.68
1990	2.24	2.61	1.61	-0.32	-3.87	-6.89	-6.61	-5.59	-2.91	-1.69	-0.23	1.56	-1.67
1991	2.25	2.62	1.62	-0.33	-3.88	-6.89	-6.62	-5.59	-2.91	-1.69	-0.22	1.58	-1.67
1992	-0.10	-0.80	-1.30	-4.30	-7.10	-7.80	-7.20	-6.30	-4.20	-1.70	-1.70	-0.60	-3.59
1993	2.00	1.80	3.60	0.10	-4.80	-7.00	-7.10	-6.20	-4.90	-1.80	2.40	4.40	-1.46
1994	4.20	4.40	1.90	1.40	-4.30	-6.30	-5.80	-3.30	-2.10	0.10	1.70	3.70	-0.37
1995	4.00	2.40	3.20	-2.00	-4.00	-7.70	-6.60	-4.20	-1.80	-2.30	-4.80	-0.20	-2.00
1996	3.20	3.80	1.50	0.70	-3.50	-7.00	-7.40	-3.10	-4.10	-1.50	1.60	3.30	-1.04
1997	4.90	4.60	2.60	-0.40	-5.00	-8.20	-5.80	-3.80	0.00	-1.50	2.30	3.00	-0.61
1998	5.50	4.00	3.00	-0.80	-5.50	-4.20	-5.00	-5.40	-4.50	-0.80	1.30	2.80	-0.80
1999	2.60	4.90	4.50	1.10	-3.10	-7.20	-6.20	-4.50	-3.10	0.10	-1.80	2.20	-0.88
2000	4.40	4.50	2.90	-0.10	-4.00	-7.30	-7.90	-5.20	-3.70	0.00	-1.40	2.40	-1.28
2001	3.90	4.40	3.70	0.90	-3.50	-4.60	-7.20	-4.30	-2.20	-0.40	1.40	2.10	-0.48
2002	3.10	4.80	3.80	1.40	-2.20	-4.60	-5.00	-4.80	-2.00	0.80	1.20	2.40	-0.09
2003	4.30	4.00	3.30	0.00	-3.10	-6.20	-6.40	-5.90	-3.90	-1.70	0.10	2.70	-1.07
2004	4.70	3.90	2.60	0.30	-7.20	-6.40	-3.90	-2.40	-1.90	-0.80	-0.20	2.40	-0.74
2005	4.40	4.00	2.40	0.40	-5.10	-7.20	-5.60	-4.70	-3.00	-2.10	-1.70	0.30	-1.49
2006	1.10	0.40	0.30	-0.40	-6.00	-5.20	-7.00	-4.10	-4.60	-1.30	2.20	2.30	-1.86
2007	3.70	2.60	2.50	1.10	-4.60	-3.80	-8.30	-4.20	0.20	0.90	-2.10	0.90	-0.93
2008	3.30	1.50	1.50	-2.40	-7.50	-7.90	-6.90	-5.00	-3.40	-0.80	0.20	0.70	-2.23
2009	2.50	1.80	1.30	-0.80	-4.50	-7.60	-5.10	-6.70	-4.00	-2.70	0.00	0.50	-2.11
2010	0.80	0.80	1.60	-0.80	-2.80	-4.90	-7.90	-4.60	-3.10	-1.10	-1.20	4.30	-1.58
2011	3.00	4.70	2.90	-0.60	-3.10	-4.70	-5.30	-5.84	-2.95	-1.97	-0.19	1.56	-1.04
2012	4.03	3.94	2.51	1.21	-4.64	-6.32	-6.41	-5.27	-2.63	-0.06	2.28	4.34	-0.59
2013	3.52	3.79	1.45	-1.99	-1.99	-4.57	-4.57	-4.52	-4.73	-0.37	1.27	3.75	-0.75
2014	3.99	3.11	0.88	-0.56	-4.33	-6.52	-6.64	-3.72	-0.32	1.20	1.23	3.41	-0.69

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 2.9.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación de Mazocruz (4003msnm).*

AÑO	EN.	FEBR.	MZO.	ABR.	MY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	-2.7	1.2	-3.3	-8.9	-13.9	-17	-17.1	-12.7	-11.2	-10.4	-7.3	-1.5	-8.73
1965	0	0.7	-2.6	-6.2	-11.9	-17	-13.8	-14.5	-7.5	-10.2	-6.7	0.7	-7.42
1966	-1.4	0.3	-2	-7.6	-9	-14.7	-18.0	-13.5	-11.4	-1.5	-0.7	-0.9	-6.7
1967	-2.1	1.3	1.4	-5.7	-9.6	-12.2	-13.6	-11.1	-5.5	-8.1	-9.8	-3.4	-6.53
1968	2.2	2.2	0.3	-6	-7.7	-11.2	-15.4	-14.5	-12.7	-7.5	0.2	-1.6	-5.98
1969	1.9	0.2	-0.9	-5.8	-12.7	-13.6	-15.7	-16	-11.2	-10	-4.6	-3	-7.62
1970	0.8	-0.5	-1.3	-3.8	-11.4	-12.9	-17	-15.4	-11.9	-9.9	-9	0.7	-7.63
1971	0.1	2	-1.1	-7.2	-13	-15.9	-17.5	-15.8	-13.1	-11.8	-4.6	-1.3	-8.27
1972	1.5	1.1	0.2	-6	-12.9	-17.2	-15.1	-15.9	-8.8	-9.2	-3.7	-0.6	-7.22
1973	1.7	3	0.5	-0.4	-8.4	-14.4	-14.9	-12	-6.4	-5.9	-5.4	-4	-5.55
1974	1.7	2.1	-1.4	-6.4	-13.2	-14.3	-13.4	-10.3	-8.4	-9.2	-8.6	-3.6	-7.08
1975	0.1	2.3	1.3	-5.8	-10.4	-13.2	-17.3	-16.1	-11.1	-9.2	-6.7	-0.7	-7.23
1976	1.5	0.7	0.9	-7.6	-10.9	-15.9	-17	-14.2	-10	-11.6	-10.5	-2.2	-8.07
1977	-2.2	0.1	1.4	-7.1	-13.6	-16.5	-15.1	-14.9	-9	-7.9	-4.1	-1.9	-7.57
1978	1.4	1.1	-2	-3.3	-10.4	-12.7	-15.3	-11.5	-12.4	-8.9	-3.3	0.5	-6.4
1979	1.5	-1.8	1	-8.5	-17.6	-12.8	-15.3	-17.7	-13.6	-8	-7.8	-4.1	-8.73
1980	-4.4	-5.7	-4	-5.5	-14.5	-18.5	-14.8	-14.1	-10.9	-7.8	-5.8	-1.2	-8.93
1981	1	-3	7.5	-5.5	-9.4	-15.2	-14.6	-10.5	-8.2	-7.5	-3.9	1.6	-5.64
1982	2.4	-0.4	-0.6	-5.4	-12.6	-15.6	-13.6	-12.8	-8.5	-4.6	-1.5	-5.8	-6.58
1983	-3.2	-2.7	-5.5	-6.7	-11.7	-11.2	-12.5	-8.5	-4.7	-8.2	-9.5	-4.6	-7.42
1984	1.3	3.5	1.4	-4	-9	-9.4	-13.3	-12.1	-13.1	-1.8	-0.5	-1	-4.83
1985	2.6	2.7	1.5	-1.1	-4.8	-6.4	-12.1	-10	-6.6	-9.4	-1.6	1.6	-3.63
1986	1.4	2.4	2.4	-1.8	-6	-9.7	-14.5	-10.6	-9.5	-9.4	-3.7	1.1	-4.83
1987	3.6	-3.8	-2.7	-4.8	-7.8	-11.5	-9.6	-12.7	-11.6	-7.6	-3	-6.1	-6.47
1988	0.5	-2.1	1.6	0	-5.1	-11.9	-12.5	-13.6	-1.1	-4.6	-10	-3.3	-5.18
1989	-0.8	-1.2	-0.7	-2.3	-7.3	-7.2	-9.1	-10.6	-9.9	-10	-2.9	-6.6	-5.72
1990	0.3	-3.8	-3.6	-7.4	-10.6	-8.4	-13.3	-13	-14.3	-5.3	-1.3	-1.1	-6.82
1991	-1.3	-4	-4.9	-7.8	-11.4	-10.5	-13.8	-15.4	-10.3	-6.4	-7.9	-5.8	-8.29
1992	-2.3	-3.3	-6.2	-8.1	-12.3	-12.6	-14.3	-12.8	-13.8	-7.5	-5.1	-4	-8.53
1993	-0.7	-4.6	-2.1	-6	-10.7	-16	-14.8	-9.8	-10.5	-5.9	-4	-1.1	-7.18
1994	-0.2	-1.3	-3.2	-4.5	-16.2	-16.1	-12.6	-13.5	-11	-11	-5.1	-2.4	-8.09
1995	-0.9	-3.1	0.1	-7.7	-13.3	-15.1	-14.8	-12.9	-9.1	-14.2	-7.7	-3.4	-8.51
1996	-1.6	-0.2	-3.9	-5.3	-10.3	-14.9	-15.2	-11	-11.5	-10	-5.3	-1.3	-7.54
1997	0.6	0.6	-1.9	-6.8	-11.4	-15	-14.4	-9	-4.9	-8.4	-4.4	-3.2	-6.52
1998	1.7	0.6	-1.7	-6.5	-13	-11.4	-13.2	-12.3	-12.2	-7.2	-5.7	-3.2	-7.01
1999	-0.7	2.9	3	-0.9	-8.3	-12.7	-10.6	-10.3	-9.4	-3.2	-8.4	-2.2	-5.07
2000	3.1	3.4	1.3	-3.8	-8.4	-11.9	-13.7	-10.6	-9.7	-4.5	-7.5	0.2	-5.18
2001	3.4	4.4	3.4	-0.5	-6.7	-11.2	-14.4	-11.2	-8.9	-7.6	-5.2	-3.6	-4.84
2002	-2	1.5	0.3	-1.8	-5.8	-10.9	-9.8	-10.9	-8.5	-2.8	-4.1	-0.9	-4.64
2003	1.9	1.5	1.7	-4.2	-8.2	-14.9	-13	-12.7	-11.6	-8.6	-7.1	-3.1	-6.53
2004	3.4	0.9	-0.4	-4.2	-13.7	-14.6	-9.8	-7	-8.6	-8.4	-8.1	-3.3	-6.15
2005	0.7	1.9	-0.6	-4.5	-13.8	-18.4	-15.3	-17.7	-10.5	-8.8	-6.2	-0.9	-7.84
2006	2.1	0	1.2	-3.6	-11.1	-14.1	-15.2	-10.4	-9.6	-2.6	0.2	-1.1	-5.35
2007	0.3	1.1	2.1	-2.8	-8	-11	-12.5	-11.7	-5.9	-6.8	-5.9	-0.9	-5.17
2008	2.7	0.3	-1	-8.4	-13.9	-14.4	-15.1	-14.1	-13	-6.4	-6.3	-0.4	-7.5
2009	0.2	2.5	-0.3	-4.5	-11.5	-16.5	-11.6	-15.6	-9.9	-8.8	-0.7	0.5	-6.35
2010	2.4	3.2	-1	-4.7	-7.9	-10.9	-15.6	-13.3	-10.5	-8.3	-9.9	-0.5	-6.42
2011	0.1	3.2	0.4	-3.7	-8.2	-11	-11.2	-13.8	-9.94	-8.67	-5.29	-1.94	-5.84
2012	2.13	2.78	0.95	-0.52	-9.1	-12.7	-13.3	-13	-10.3	-6.61	-4.27	2.1	-5.14
2013	1.82	2.35	-0.95	5.68	-7.46	-9.27	-9.63	-11.3	-11	-5.34	-4.17	1.37	-3.99
2014	2.39	-0.42	-2.17	-4.34	-10.6	-13.7	-13.5	-9.14	-4.21	-4.07	-4.88	-0.48	-5.43

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 2.10.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación Laraqueri (3900msnm).*

AÑO	EN.	FEBR.	MZO.	ABR.	MY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1995	0.61	0.63	0.53	0.26	-2.07	-4.46	-4.67	-1.73	-1.50	-1.90	0.70	1.40	-1.02
1996	2.20	3.10	1.30	0.70	-1.70	-5.40	-6.50	-3.40	-2.60	-0.70	1.10	1.90	-0.83
1997	1.40	1.20	0.70	-0.50	-3.40	-5.60	-5.00	-3.20	-1.10	-0.50	0.80	1.20	-1.17
1998	0.80	0.90	0.90	-0.20	-3.20	-2.80	-4.30	-3.00	-2.80	-0.60	-0.30	0.00	-1.22
1999	0.30	0.10	0.00	-0.10	-1.60	-5.00	-3.90	-2.50	-2.40	-0.20	-0.80	-0.20	-1.36
2000	0.10	0.20	0.60	0.00	-2.30	-4.60	-5.60	-3.20	-2.10	-0.80	-0.40	0.10	-1.50
2001	0.70	0.10	0.10	-0.30	-2.30	-4.30	-5.30	-4.20	-2.10	-0.90	-0.30	-0.20	-1.58
2002	0.20	1.50	1.60	1.30	-1.60	-3.70	-4.80	-3.60	-1.70	0.10	-0.50	0.00	-0.93
2003	2.70	3.40	3.60	-0.70	-2.80	-9.20	-9.30	-7.60	-5.00	-4.20	-5.10	-2.60	-3.07
2004	5.20	3.10	1.90	-1.30	-9.20	-10.3	-7.70	-4.50	-3.90	-1.10	0.60	1.80	-2.12
2005	3.60	3.40	2.20	-0.40	-6.10	-11.2	-8.70	-9.50	-4.50	-0.30	1.20	2.40	-2.33
2006	3.70	2.70	3.40	-0.10	-7.40	-8.50	-10.5	-6.40	-4.40	0.20	1.90	2.60	-1.90
2007	2.80	3.60	3.60	0.50	-3.70	-6.60	-7.30	-6.30	-0.80	-0.50	0.00	2.00	-1.06
2008	3.90	2.60	1.60	-2.90	-8.30	-7.80	-9.30	-9.00	-6.10	-0.60	0.90	2.70	-2.69
2009	3.40	3.60	2.40	-0.60	-5.90	-11.1	-7.70	-9.40	-4.60	-1.30	2.60	3.00	-2.13
2010	4.30	5.10	2.40	-1.20	-4.40	-6.10	-10.6	-7.20	-5.00	-1.20	-1.70	3.30	-1.86
2011	3.50	4.30	3.20	-0.60	-4.50	-7.90	-7.60	-1.80	-1.51	-0.94	-0.09	-0.02	-1.16
2012	3.54	3.71	1.92	1.13	-5.24	-7.62	-9.88	-7.39	-4.00	-0.20	1.53	3.95	-1.54
2013	3.23	3.86	2.34	-3.76	-4.52	-7.07	-6.27	-7.02	-5.40	0.00	0.00	0.00	-2.05
2014	3.60	2.83	1.22	-1.20	-5.00	-7.13	-7.43	-4.02	0.63	0.73	1.66	2.92	-0.93

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 2.11.

*Serie histórica de temperaturas mínima, estación Santa Lucia (4074msnm).*

AÑO	EN.	FEBR.	MZO.	ABR.	MY.	JUN.	JUL.	AGTO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
2001	2.16	2.80	2.28	-0.34	-2.60	-7.50	-9.60	-7.80	-5.20	-3.10	-2.10	-0.80	-2.65
2002	0.50	3.60	2.60	0.70	-2.80	-6.30	-6.40	-6.90	-5.00	-1.30	-0.80	1.50	-1.72
2003	3.00	3.00	2.30	-0.80	-4.70	-10.2	-9.70	-9.10	-7.00	-4.70	-3.10	0.80	-3.35
2004	3.70	2.50	1.70	-0.90	-9.00	-9.80	-8.50	-5.80	-4.60	-4.20	-2.40	0.70	-3.05
2005	1.00	2.80	1.80	-2.10	-7.80	-12.3	-9.80	-11.0	-5.70	-3.70	-1.70	1.70	-3.90
2006	3.00	2.50	2.40	-0.50	-8.10	-9.50	-11.2	-7.50	-6.80	-3.20	0.60	1.10	-3.10
2007	2.30	2.50	2.80	0.60	-3.80	-5.90	-7.50	-7.00	-2.10	-2.60	-2.80	0.80	-1.89
2008	3.80	1.80	0.40	-4.60	-9.70	-9.80	-11.5	-10.5	-9.00	-2.90	-2.70	1.40	-4.44
2009	1.70	2.30	1.00	-1.90	-6.70	-11.5	-8.30	-10.2	-5.50	-4.30	0.40	1.30	-3.48
2010	2.80	3.60	1.90	-1.20	-5.30	-11.2	-7.30	-9.20	-7.30	-3.40	-4.40	1.60	-3.28
2011	1.70	3.70	2.20	-1.20	-5.70	-9.10	-9.30	-7.33	-5.11	-3.08	-1.65	0.39	-2.87
2012	2.02	2.66	1.12	0.96	-5.77	-8.62	-9.92	-9.91	-5.32	-3.01	-0.71	3.10	-2.78
2013	3.07	3.39	1.43	-4.60	-5.08	-6.66	-6.30	-7.91	-8.33	0.00	0.00	0.00	-2.58

Nota: Fuente, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

En las Tablas 2.12 al 2.15, se muestran las temperaturas máximas y mínimas durante los cuatro últimos años, que fueron registradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los valores varían según a la ubicación de las estaciones de registro y el año.

Tabla 2.12.

*Temperaturas máximas y mínimas del 2015 de la región de Puno.*

Estación 2015	Parámetro	ENE.	FEB.	MAR.	ABRI.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
CP. Chuquibambilla	T. Máxima	14,6	15,9	16,3	15,2	16,4	17,4	16,6	17,1	18,1	17,2	18,8	17,2
	T. Mínima	2,9	3,7	3,4	2,7	-3,1	-8,0	-10,1	-8,0	-3,1	-3,8	-0,5	1,1
CP. Puno	T. Máxima	15,2	15,7	15,3	14,6	15,4	15,8	15,1	15,6	17,0	17,3	18,3	17,8
	T. Mínima	5,6	6,4	6,0	5,3	2,7	0,7	0,0	1,2	3,3	4,3	5,9	5,9
CO. Azángaro	T. Máxima	14,9	15,9	16,1	15,3	16,2	17,1	16,6	17,4	18,9	18,4	19,4	17,7
	T. Mínima	4,5	4,0	3,6	2,9	-0,8	-3,9	-4,7	-2,4	1,4	1,4	3,6	3,2
CO. Cabanillas	T. Máxima	15,5	16,1	16,2	15,0	16,9	17,4	17,0	17,5	18,6	18,7	19,8	18,8
	T. Mínima	4,5	4,8	4,4	3,0	0,6	-1,9	-3,4	-0,5	2,7	3,0	5,1	4,9
CO. Capachica	T. Máxima	13,8	14,7	14,1	13,6	14,2	14,3	14,9	15,4	15,2	15,8	16,9	16,6
	T. Mínima	4,5	5,0	5,1	4,1	0,0	-3,3	-4,2	-2,5	0,5	1,0	3,2	3,2
CO. Crucero	T. Máxima	13,9	14,6	14,9	13,7	14,5	14,9	14,0	14,6	15,4	15,3	15,2	14,9
	T. Mínima	2,3	1,8	1,3	1,5	-2,1	-5,6	-8,3	-4,6	-2,1	-1,7	0,3	1,0
CO. Cuyo Cuyo	T. Máxima	12,1	13,2	13,2	13,3	13,6	13,4	14,0	13,7	14,3	14,4	14,8	13,7
	T. Mínima	5,8	5,8	5,7	5,2	3,9	2,4	2,6	3,5	4,3	5,0	6,6	6,5
CO. Desaguadero	T. Máxima	14,5	15,3	15,1	13,9	14,0	14,8	13,6	14,5	15,2	15,9	16,7	16,5
	T. Mínima	4,9	5,9	6,1	5,0	0,1	-1,7	-2,9	-0,6	1,6	2,9	4,4	5,1
CO. Huaraya Moho	T. Máxima	14,1	15,6	15,4	14,0	15,3	15,0	15,3	15,3	16,7	17,1	17,5	16,8
	T. Mínima	4,5	4,3	4,3	3,7	0,5	-1,5	-2,3	-1,1	1,8	1,9	3,9	4,3
CO. Juli	T. Máxima	13,5	13,8	13,7	13,2	13,2	13,5	13,1	13,6	14,2	14,9	16,1	15,6
	T. Mínima	4,9	5,7	5,5	4,9	1,1	0,6	-0,9	0,6	2,8	3,5	5,0	5,4
CO. Juliaca	T. Máxima	15,8	17,0	17,0	1,0	17,0	17,5	17,2	17,5	18,7	19,2	20,4	19,1
	T. Mínima	4,7	4,4	4,3	4,0	-1,2	-5,2	-7,0	-4,7	-0,4	0,4	2,4	3,2
CO. Lampa	T. Máxima	15,5	16,5	16,6	15,6	16,5	17,3	17,1	17,3	18,5	19,4	19,8	18,8
	T. Mínima	3,3	4,1	3,6	3,0	-1,7	-4,5	-6,8	-5,1	-2,1	-1,2	1,6	2,1
CO. Macusani	T. Máxima	10,5	11,6	11,7	10,9	11,4	12,5	12,5	12,2	13,0	13,2	14,0	12,4
	T. Mínima	0,0	0,1	-0,1	-0,8	-3,0	-6,3	-9,0	-8,1	-4,7	-3,9	-1,7	-1,3
CO. Mañazo	T. Máxima	14,6	15,6	15,5	14,6	16,6	16,7	16,2	16,3	17,8	18,2	19,4	19,2
	T. Mínima	3,9	4,6	4,2	2,9	0,1	-2,1	-3,2	-1,3	1,4	1,6	3,7	3,2
CO. Mazocruz	T. Máxima	16,2	16,7	16,3	15,9	16,8	17,7	16,5	17,2	18,6	18,8	20,6	20,4
	T. Mínima	0,9	1,5	1,5	-0,3	-8,5	-12,4	-13,2	-11,0	-8,6	-5,5	-4,2	-3,6
CO. Putina	T. Máxima	14,9	16,1	16,5	15,6	16,6	17,3	17,2	17,5	19,0	18,3	19,2	17,7
	T. Mínima	4,1	4,1	3,5	3,0	-0,8	-4,3	-5,6	-3,6	-0,2	0,2	2,7	3,4
CO. San Gabán	T. Máxima	28,5	28,8	29,9	29,2	27,1	27,6	26,5	28,7	30,2	30,8	29,7	29,2
	T. Mínima	15,5	15,9	18,2	18,4	17,4	17,5	14,9	14,6	16,4	17,1	18,5	18,2

Nota: Fuente, Sistema Estadístico Puno SENAMHI (2016).

Tabla 2.13.

*Temperaturas máximas y mínimas del 2016 de la región de Puno.*

Estación 2016	Parámetro	ENE.	FEB.	MAR.	ABRI.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
CP. Chuquibambilla	T. Máxima	17,2	16,7	28,5	17,0	17,7	17,3	16,2	18,0	19,0	18,1	19,0	17,7
	T. Mínima	2,0	4,8	2,1	1,1	-6,4	-9,7	-9,0	-7,8	-4,9	0,9	-2,0	1,1
CP. Puno	T. Máxima	17,9	16,4	17,8	16,2	16,9	15,9	15,0	16,2	17,0	17,3	18,2	18,2
	T. Mínima	6,7	7,1	6,7	4,9	2,1	0,6	0,7	1,1	2,9	4,5	4,4	6,0
CO. Azángaro	T. Máxima	17,9	17,2	18,9	17,2	17,4	16,9	16,9	17,8	18,4	17,6	18,8	18,4
	T. Mínima	3,8	4,7	2,4	2,9	-1,6	-4,4	-3,7	-2,5	-1,0	3,1	2,8	4,2
CO. Cabanillas	T. Máxima	19,4	17,8	19,6	17,6	18,3	17,4	17,2	18,3	19,0	18,9	20,1	19,5
	T. Mínima	5,6	5,7	3,9	3,3	0,6	-0,2	-0,7	0,1	0,9	3,6	3,5	4,9
CO. Capachica	T. Máxima	16,4	15,3	17,1	15,7	15,7	14,8	15,0	15,7	16,6	15,8	16,6	16,2
	T. Mínima	4,5	5,7	3,4	2,1	-2,8	-5,0	-3,9	-3,2	-1,0	1,9	1,5	3,7
CO. Crucero	T. Máxima	15,6	15,1	15,8	15,1	15,8	15,4	15,4	15,3	15,9	15,0	15,6	15,4
	T. Mínima	1,3	2,8	-0,2	-0,7	-6,8	-9,5	-9,0	-8,5	-6,3	0,9	-1,0	1,4
CO. Cuyo Cuyo	T. Máxima	14,8	14,2	14,9	14,6	14,4	13,6	14,9	13,7	14,0	13,4	13,8	13,2
	T. Mínima	6,4	6,7	5,9	5,6	4,5	1,8	2,4	2,0	2,3	4,4	4,6	5,2
CO. Desaguadero	T. Máxima	17,2	15,9	17,4	15,7	15,0	13,7	14,3	14,9	15,8	15,9	17,0	17,2
	T. Mínima	6,0	6,6	5,7	3,3	-1,4	-3,4	-2,0	-2,6	0,0	2,8	2,7	4,8
CO. Huaray a Moho	T. Máxima	17,3	16,3	17,7	16,2	16,5	15,8	15,1	16,4	17,0	16,5	17,6	16,6
	T. Mínima	4,7	5,6	3,4	2,9	-0,7	-2,4	-1,8	-1,3	-0,1	1,6	2,3	4,6
CO. Juli	T. Máxima	15,6	14,6	15,9	14,8	14,5	13,9	13,8	14,3	15,2	15,3	15,9	15,5
	T. Mínima	6,3	6,7	6,0	4,2	0,7	-1,0	0,0	0,6	2,0	4,1	3,8	5,7
CO. Juliaca	T. Máxima	19,5	17,6	19,8	18,4	18,6	17,9	17,4	18,3	19,6	19,2	20,8	19,6
	T. Mínima	4,2	6,3	2,6	1,8	-4,8	-6,8	-5,6	-5,0	-2,7	0,8	0,4	4,3
CO. Lampa	T. Máxima	19,2	18,0	19,2	17,6	18,1	17,4	17,1	18,2	19,4	18,2	19,9	18,4
	T. Mínima	2,6	5,6	2,0	0,9	-5,3	-7,1	-5,9	-6,1	-4,3	-0,1	-2,0	3,5
CO. Macusani	T. Máxima	13,0	12,3	13,5	12,9	13,1	12,6	11,9	12,7	13,1	11,8	13,6	12,3
	T. Mínima	-0,9	0,2	-1,3	-2,9	-7,3	-8,4	-7,3	-5,9	-4,0	0,6	-0,6	0,8
CO. Mañazo	T. Máxima	19,6	17,5	19,0	17,0	17,7	16,9	16,6	17,7	18,4	18,5	19,6	18,9
	T. Mínima	4,2	5,9	3,6	3,3	-0,2	-1,3	-2,1	-1,3	-0,4	2,1	2,5	4,2
CO. Mazocruz	T. Máxima	21,0	18,0	20,7	17,8	17,8	16,3	16,7	17,7	19,3	19,3	20,3	20,3
	T. Mínima	-1,5	3,2	-2,5	-2,7	-11,0	-13,0	-11,2	-12,7	-10,2	-5,9	-7,9	-1,2
CO. Putina	T. Máxima	17,6	17,4	20,1	18,3	19,3	18,7	18,5	19,4	19,7	18,8	19,5	18,1
	T. Mínima	3,7	6,0	2,9	1,2	-3,6	-5,8	-4,8	-4,2	-2,6	1,4	0,8	3,5
CO. San Gabán	T. Máxima	30,1	28,9	29,0	28,8	26,6	25,1	27,9	28,6	29,1	30,0	29,6	28,6
	T. Mínima	18,7	19,3	19,6	18,4	17,6	12,9	10,3	12,0	10,2	12,7	16,1	15,8

Nota: Fuente, Sistema Estadístico Puno SENAMHI (2017).

Tabla 2.14.

*Temperaturas máximas y mínimas del 2017 de la región de Puno.*

Estación 2017	Parámetro	ENE.	FEB.	MAR.	ABRI.	MAY.	JUN.	JUL.	AGST.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
CP. Chuquibambilla	T. Máxima	15,6	17,1	15,4	16,1	16,0	17,4	17,6	17,8	18,5	18,2	18,3	19,2
	T. Mínima	2,6	2,0	2,8	0,8	-1,4	-8,0	-9,6	-8,3	-2,1	-3,8	-0,8	1,6
CP. Puno	T. Máxima	15,8	16,9	14,8	15,3	15,6	15,5	15,1	14,9	15,9	16,5	16,8	16,6
	T. Mínima	6,1	6,4	6,4	4,8	3,4	0,5	0,1	0	1,7	3,5	4,3	5,3
CO. Azángaro	T. Máxima	16,7	17,6	16,0	16,7	16,4	16,8	17,2	17,3	18,6	19,4	19,1	18,7
	T. Mínima	4,6	4,4	4,8	3,8	2,2	-2,3	-3,9	-3,4	2,4	1,2	3,9	3,5
CO. Cabanillas	T. Máxima	16,4	17,8	16,0	16,8	16,9	17,5	17,3	17,6	18,6	18,6	19,7	18,5
	T. Mínima	4,8	4,5	3,9	2,8	2,7	-0,8	-1,4	-0,9	2,4	3,4	4,9	4,1
CO. Capachica	T. Máxima	14,2	15,2	14,0	15,1	14,6	14,8	14,2	15,3	14,9	16,8	16,5	16,2
	T. Mínima	4,9	4,1	4,1	2,2	1,0	-3,4	-4,5	-2,9	0,6	1,2	3,3	3,5
CO. Crucero	T. Máxima	15,1	15,3	14,8	14,9	15,1	15,7	16,5	14,7	15,1	15,5	15,1	15,9
	T. Mínima	2,4	0,8	1,4	0,0	-1,8	-7,7	-11,5	-3,6	-3,1	-1,5	0,5	1,2
CO. Cuyo Cuyo	T. Máxima	12,9	13,0	13,0	13,3	13,2	13,2	12,7	13,2	14,5	13,9	14,2	13,9
	T. Mínima	4,9	5,3	5,1	5,1	4,1	2,4	1,4	3,3	4,6	5,2	6,7	5,5
CO. Desaguadero	T. Máxima	14,6	15,9	14,6	15,1	14,2	13,9	14,0	14,6	15,1	15,8	16,2	15,9
	T. Mínima	5,3	5,4	5,6	3,7	0,8	-2,2	-3,5	-0,7	2,3	2,5	4,6	5,3
CO. Huaray a Moho	T. Máxima	15,1	16,1	14,3	15,1	15,0	14,6	14,2	15,4	16,6	17,2	17,7	16,9
	T. Mínima	4,6	4,5	4,1	2,7	1,7	-1,3	-3,0	-1,2	2,1	1,8	3,3	4,6
CO. Juli	T. Máxima	13,8	14,8	13,4	14,5	13,9	13,7	13,5	13,5	13,9	14,8	15,1	15,8
	T. Mínima	5,5	5,9	5,7	4,3	2,7	0,3	0,1	0,2	2,7	3,2	5,4	5,3
CO. Juliaca	T. Máxima	16,8	18,6	16,5	17,6	17,4	17,6	17,5	17,4	17,9	18,3	18,5	18,1
	T. Mínima	5,3	4,4	4,4	2,3	-0,3	-5,0	-6,5	4,2	-1,3	3,2	5,8	6,2
CO. Lampa	T. Máxima	16,2	17,7	15,5	17,1	16,2	17,0	17,1	17,2	18,4	19,1	19,2	18,4
	T. Mínima	4,0	3,2	3,5	1,3	-1,2	-5,4	-7,1	-5,2	-2,6	-1,2	2,1	2,5
CO. Macusani	T. Máxima	11,5	11,6	11,4	11,7	11,7	12,4	12,7	12,2	13,6	13,6	13,0	12,9
	T. Mínima	1,1	0,7	1,2	0,6	-0,9	-5,4	-8,2	-8,2	-5,7	-2,9	-1,9	-1,6
CO. Mañazo	T. Máxima	15,3	16,6	15,1	16,4	16,8	17,0	16,5	16,3	17,8	17,9	19,2	19,5
	T. Mínima	4,8	4,3	4,1	2,0	1,5	-2,3	-3,2	-1,5	1,2	1,4	3,1	3,1
CO. Mazocruz	T. Máxima	16,2	18,0	16,0	17,4	17,1	17,1	17,7	17,4	18,7	18,2	20,4	20,2
	T. Mínima	2,8	1,5	2,4	-2,7	-6,2	-11,1	-12,8	-12,6	-8,7	-6,5	-4,9	-3,2
CO. Putina	T. Máxima	16,1	17,1	15,6	16,5	16,4	17,2	17,5	17,9	19,1	19,3	18,2	17,6
	T. Mínima	3,8	4,0	3,6	2,9	0,8	-4,2	-6,1	-3,5	-0,1	0,4	2,9	3,4
CO. San Gabán	T. Máxima	30,4	28,4	27,1	28,5	28,4	25,9	26,8	28,9	30,8	29,8	29,6	29,3
	T. Mínima	15,7	19,3	17,2	17,6	17,6	13,7	11,7	14,7	16,3	17,1	18,2	17,9

Nota: Fuente, Sistema Estadístico Puno SENAMHI (2018).

Tabla 2.15.

*Temperaturas máximas y mínimas del 2018 de la región de Puno.*

Estación 2018	Parámetro	ENE.	FEB.	MAR.	ABRI.	MAY.	JUN.	JUL.	AGST.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
CP. Chuquibambilla	T. Máxima	17.7	17.3	17.3	17.4	17.2	16.8	16.5	15.5	18.1	19.1	19.3	17.5
	T. Mínima	1.7	2.1	1.5	-1.5	-5.8	-11.2	-11.4	-15	-3.9	-2.5	-2.1	1.4
CP. Puno	T. Máxima	15.8	15.3	15	15.3	14.7	14.3	14.2	14.2	15.9	17.2	17.2	16.2
	T. Mínima	3.7	3.9	3.4	2.1	0.3	-2	-2.3	-2	0.6	1.8	2.4	3.3
CO. Azángaro	T. Máxima	16.8	16.2	16.1	16.5	16.1	15.7	15.5	15.6	17.3	18.4	18.4	17
	T. Mínima	3.1	3.3	2.8	0.7	-2.1	-5.9	-6.3	-5.4	-0.9	0.4	0.7	3
CO. Cabanillas	T. Máxima	16.6	16.2	15.9	16.3	15.8	15.5	15.3	16.3	17.2	18.4	18.6	17.2
	T. Mínima	3.3	3.4	3	1.5	-0.7	-3.4	-4.2	1.2	-0.5	0.7	1.5	2.9
CO. Capachica	T. Máxima	13.9	13.3	13.3	13.6	13	12.6	12.7	13.6	14	15.1	14.8	14
	T. Mínima	4.4	4.7	4.3	2.9	1.2	-1.1	-1.4	-5.8	1.5	2.8	3.2	3.8
CO. Crucero	T. Máxima	14.7	14.1	14.3	14.7	14.5	14.2	14	15.4	15.7	16.6	16.5	14.8
	T. Mínima	1.7	2	1.5	-0.6	-3.7	-7.9	-7.8	-6.3	-2.2	-1	-0.6	1.6
CO. Cuyo Cuyo	T. Máxima	17.8	17.5	17.6	18	17.6	17.2	17.3	18.6	18.9	19.6	19.6	18.2
	T. Mínima	6.5	6.7	6.4	4.6	2.4	-0.2	0	1.1	3.8	5.1	5.4	6.6
CO. Desaguadero	T. Máxima	15.6	15.4	15.1	15.1	14.5	14.1	13.6	14.5	15	16.2	16.9	16
	T. Mínima	4.8	5.7	4.9	2.5	0	-3.9	-3.7	-6.3	0.9	2.3	3.7	5
CO. Huaraya Moho	T. Máxima	14.5	13.9	13.8	14.6	14.2	13.7	13.6	13	15	16.3	15.9	14.6
	T. Mínima	5.1	5.5	4.9	3.4	1.8	-0.5	-0.3	-3.8	2.3	3.7	4.1	5
CO. Juli	T. Máxima	14.3	13.8	13.9	14	13.5	13.3	12.8	12.2	14.3	15.3	15.5	14.9
	T. Mínima	4.5	5.1	4.3	2.9	1.2	-0.8	-0.1	-2.6	1.6	3.2	3.6	4.4
CO. Juliaca	T. Máxima	17.1	16.7	16.6	16.9	16.2	15.9	15.7	16.4	17.8	19.3	19.4	17.9
	T. Mínima	4.3	4.3	4.1	2.7	0.4	-1.8	-2.4	-10.7	1.2	2.7	3.3	4.2
CO. Lampa	T. Máxima	17.1	16.5	16.5	16.7	16.3	16.1	15.7	15.4	17.7	19	19.2	17.6
	T. Mínima	3.3	3.4	3.1	1.2	-1.3	-4.2	-5.1	-9.2	-0.7	0.6	1.4	3.1
CO. Macusani	T. Máxima	13.7	13.1	13.4	13.7	13.6	13.4	13.3	12.4	14.7	15.8	15.5	13.8
	T. Mínima	0	0.4	0	-2.3	-5.8	-10.4	-10.2	-12.0	-4.3	-3.1	-2.7	0
CO. Mañazo	T. Máxima	15.7	15.3	15	15.3	14.8	14.4	14.3	15.6	16.1	17.4	17.5	16.3
	T. Mínima	2.6	2.8	2.3	0.8	-1.3	-4	-4.6	-5.6	-1.3	-0.1	0.6	2.1
CO. Mazocruz	T. Máxima	17.1	16.7	16.6	16.8	16.7	16.2	15.9	16.2	17.6	18.6	18.7	17
	T. Mínima	1.5	1.9	1.3	-1.6	-5.8	-11	-11.3	-20.2	-3.9	-2.6	-2.2	1.2
CO. Putina	T. Máxima	15.9	15.3	15.3	15.8	15.3	14.9	14.8	16.1	16.6	17.6	17.5	16.1
	T. Mínima	3.8	4	3.6	1.8	-0.7	-3.8	-3.9	-2.6	0.4	1.7	2.1	3.7
CO. San Gabán	T. Máxima	28.6	28.4	28.7	28.3	27.5	26	25.9	22.5	29.2	29.1	29.5	28.8
	T. Mínima	19.4	19.3	19.1	18.6	18.1	17	16.6	7.5	17.9	18.9	19	19.4

Nota: Fuente, Sistema Estadístico Puno SENAMHI (2019)

Al verificar las Tablas del 2.12 al 2.15, de las temperaturas máximas y mínimas registradas por SENAMHI de la región de Puno, la estación meteorológica de Mazocruz registró  $-20.20^{\circ}\text{C}$  siendo la temperatura más baja de la región; y la estación de San Gabán registró  $22.50^{\circ}\text{C}$  siendo la temperatura más alta.

“La región más afectada por las heladas es la sierra sobre los 3000 msnm; los departamentos en los que son más frecuentes e intensos son: Puno, Arequipa, Tacna, Moquegua, Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Pasco, Junín y Apurímac” (SENAMHI, 2018).

Según el (CENEPRED, 2017) “del periodo promedio 1981 – 2010 del mes de julio, permite conocer como está distribuido en el ámbito nacional los rangos de temperaturas con los valores que se catalogan a esta como “severas” durante la temporada de frío”.

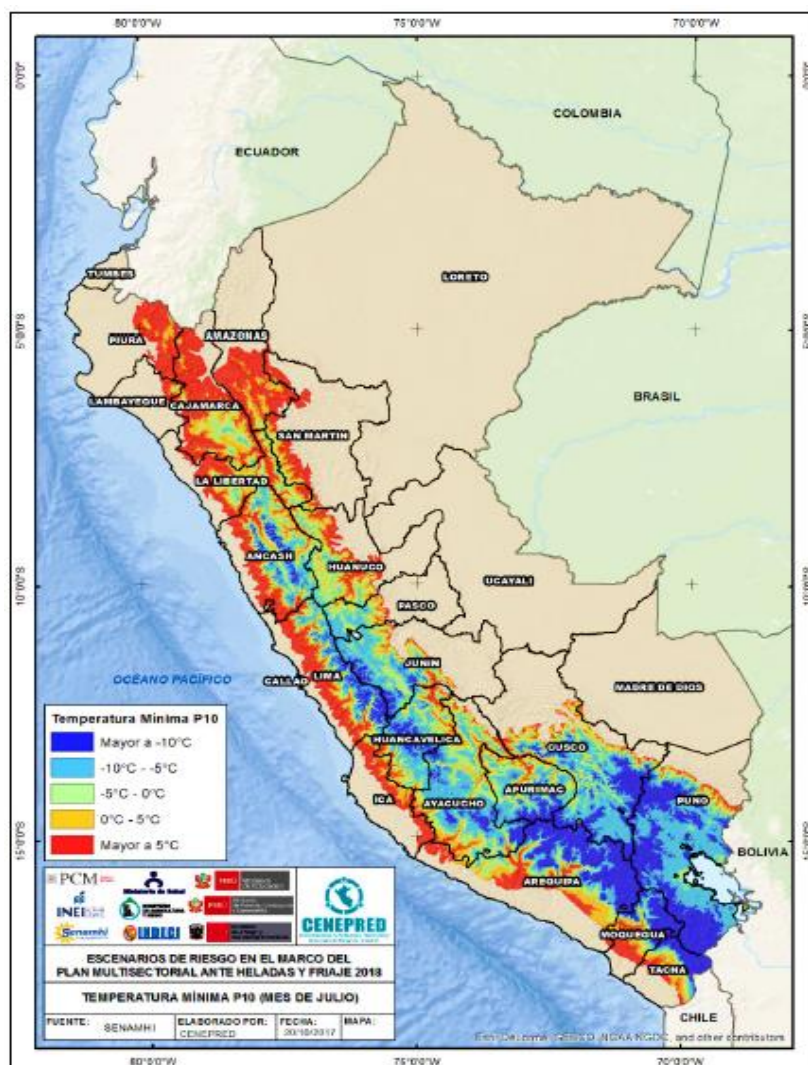


Figura 2.3. Anomalia mensual de temperatura mínima del mes de Julio 1981-2010, Fuente CENEPRED (2017).

## **2.2.2. Bases teóricas del concreto**

### **2.2.2.1. Definición**

“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, 2009).

“La tecnología del concreto moderno define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo” (Pasquel, 1999).

### **2.2.2.2. Cemento**

RNE E0.60 (2018) “El cemento es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, cales aéreas y los yesos”.

### **2.2.2.3. Agregados**

RNE E.060 (2018), “define al agregado como un material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico”.

Los agregados se forman por procesos climáticos o abrasivos, por trituración artificial de una gran masa. Muchas de las características del agregado dependerán de las propiedades de la roca original, como por ejemplo composición química y mineral, estabilidad química y física, clasificación petrográfica, gravedad específica, la dureza, la resistencia, la estabilidad química y física, etc. Además, que el agregado contara con otras propiedades diferentes de la roca original: forma, tamaño, textura de superficie y absorción; las cuales pueden influir en la calidad del concreto (Neville & Brooks, 1998)

### **2.2.2.4. Agua**

El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable puede ser adecuada para la elaboración de concreto. Como regla, cualquier agua con un PH de 6 a 8 que no sepa salada o salobre es útil; el color oscuro o un cierto olor no indican necesariamente la presencia de sustancias deletéreas. Las aguas naturales ligeramente acidas son inofensivas, pero las que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos

pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; estas aguas, así como las alcalinas, deben ser probadas previamente. (Neville & Brooks, 1998, pág. 62).

### **2.2.2.5. Propiedades del concreto.**

#### **2.2.2.5.1. Estado fresco.**

##### **a) Trabajabilidad.**

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido, la cual determina su capacidad para ser manipulado transportado, colocado y consolidado adecuadamente con un mínimo trabajo y máximo de homogeneidad, así como para hacer acabados sin que se presente segregación (Rivva, 2014).

##### **b) Consistencia.**

“Definida como el grado de fluidez y/o plasticidad que presenta una masa de concreto de tal forma que permita una correcta aplicación entre los encofrados respectivos” (Speicher, 2007).

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Rivva, 2014).

Tabla 2.16.

*Consistencia de mezcla de concreto.*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de Compactación</b>
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Nota, fuente: Flavio Abanto Castillo, “Tecnología del concreto”, p. 49.

##### **c) Peso unitario.**

“El peso unitario del concreto es la relación entre el peso compactado de una muestra de concreto y el volumen del recipiente que lo contiene” (NTP 339.046)

Las variaciones en las propiedades de los agregados pueden afectar el peso unitario, es por ello que los concretos se clasifican en:

- *Concretos Livianos*: Son aquellos concretos preparados con agregados livianos cuyo peso unitario varía entre 400-1700 kg/m<sup>3</sup>.
- *Concretos Normales*: Son aquellos concreto cuyo peso unitario varía entre los 1700 -2500 kg/m<sup>3</sup>.
- *Concretos Pesados*: Son aquellos concretos cuyo peso unitario es mayor de 2500 kg/m<sup>3</sup>.

d) Contenido de aire.

“El contenido de aire es aquel que indica la cantidad de vacíos que tiene internamente el concreto en toda su masa” (NTP 339.046).

La presencia de aire en las mezclas tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento con la porosidad del mismo. Ello se aprecia especialmente en mezclas ricas, en las que la reducción de la resistencia puede llegar a ser hasta de 5% por cada 1% de aire incorporado.

En los concretos con aire incorporado, este se incorpora intencionalmente a la mezcla mediante el empleo de aditivos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades del concreto, especialmente su durabilidad frente a los procesos de congelación y deshielo. Las burbujas de aire incorporado se caracterizan por el pequeño diámetro de las burbujas, entre 10 y 1000 micrones, y el perfil esférico de las mismas (Rivva, 2014).

e) Exudación.

La exudación es un tipo de segregación del concreto por el cual parte del agua del diseño de mezcla se separa de la masa y fluye desde el interior de la mezcla hacia a la superficie del concreto recién vaciado.

Uno de los efectos negativos de la exudación en las mezclas de concreto son que una excesiva exudación da como resultado un concreto más poroso y débil debido a los vacíos dejados durante el proceso de flujo del agua y como consecuencia de ello se produce un concreto menos resistente y durable (NTP 339.077).

f) Segregación.

Se puede definir a la segregación como la separación de los constituyentes de una mezcla heterogénea de modo que su distribución ya no es uniforme. En el caso del concreto, las diferencias en el tamaño de las partículas y en el peso específico de los constituyentes de la mezcla son las causas primarias de la segregación, pero su efecto

puede controlarse con la selección de una granulometría adecuada y con el cuidado en el manejo de la mezcla (Neville, 2013).

g) Tiempo de fraguado.

El tiempo de fraguado es la propiedad que representa el tiempo mediante el cual el concreto fresco va cambiando de su consistencia plástica y moldeable a una sólida e indeformable. Se ha definido dos parámetros que controlan estos cambios en el concreto (NTP 339.062)

- *Tiempo de fraguado inicial (TFI)*: Que se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla, así como la pérdida inicial de la plasticidad. El TFI se obtiene cuando se necesita aplicar una presión 500lb/pulg<sup>2</sup> para conseguir una penetración de 1”.
- *Tiempo de fraguado final (TFF)*: Es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, se obtiene para una presión de 4000 lb/pulg<sup>2</sup> para conseguir una penetración de 1”.

2.2.2.5.2. *Estado endurecido.*

a) Resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad (Rivva, 2014).

El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura como también moldes de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura. La norma NTP 339.034 es la que rige los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente.

A continuación, se presentan los aspectos más importantes a tener en cuenta durante los procesos de elaboración, curado y ensayo de los especímenes:

- Se debe garantizar que los moldes para la elaboración de los cilindros produzcan especímenes con las dimensiones establecidas en la norma.
- Antes de colocar el concreto en los moldes, estos se deben impregnar en su interior con un material que evite que el concreto se adhiera a la superficie del molde.

- Los cilindros se deben confeccionar en tres capas iguales o 2 capas si es el de diámetro de 100 mm, apisonando cada capa de acuerdo con los requerimientos de la norma.
- Los cilindros recién elaborados deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración, para ser desencofrados a las 24 horas +/- 8 horas.

a.1) Fallas típicas en probetas de hormigón ensayadas a compresión.

Las fallas típicas producidas en el ensayo a compresión para probetas se presentan en la Figura 2.4.

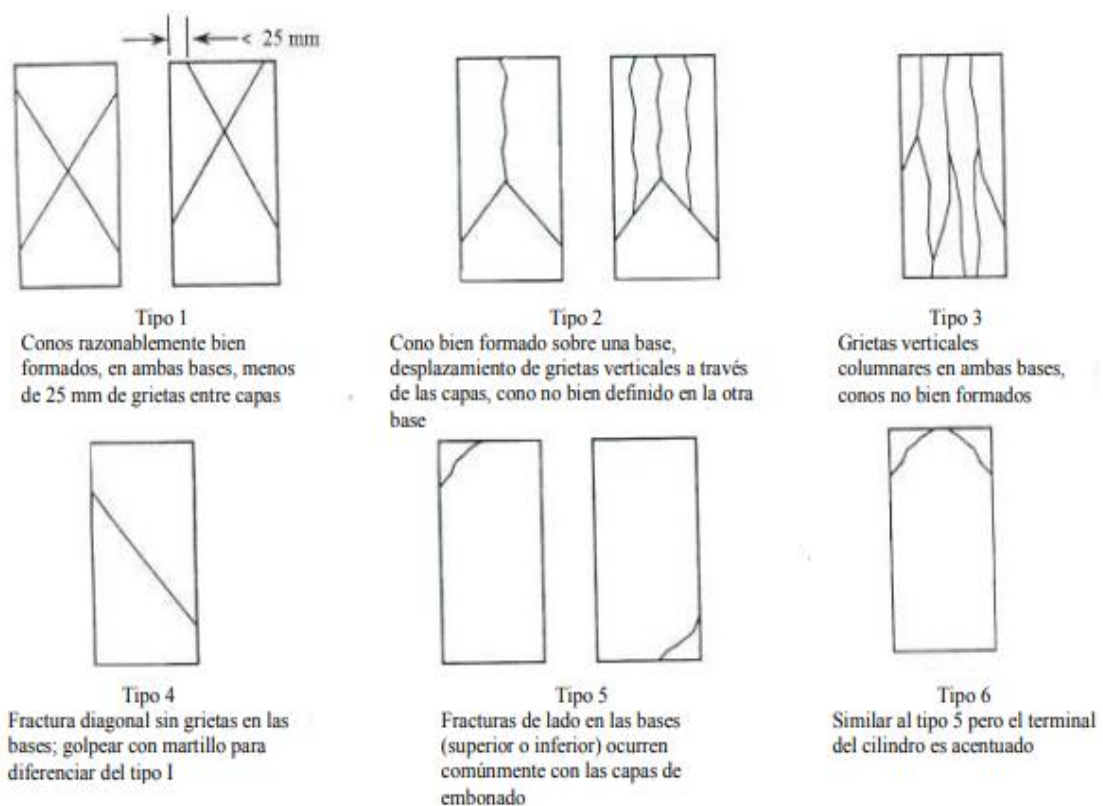


Figura 2.4. Tipos de fallas (NTP 339.034).

b) Durabilidad

La ACI define a la durabilidad del concreto de cemento portland, como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto.

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que

puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales está sometida.

Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; los de calentamiento y enfriamiento; la acción de los agentes químicos, especialmente los cloruros y sulfatos (Rivva, 2014).

#### **2.2.2.6. Mecanismos de congelamiento y deshielo en el concreto.**

Ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares del concreto, induciendo esfuerzos internos en el concreto que puede provocar figuración reiterada y la consiguiente desintegración.

Las hipótesis principales para explicar los daños de la congelación del concreto se basan principalmente en que el agua al congelarse experimenta un incremento de volumen en un 9%, y al no existir espacio libre para absorber la expansión, esta genera unas tensiones de tracción en las paredes de la red capilar que pueden llegar a fisurar y romper el material. Según esto, únicamente el concreto con un grado de saturación superior al 91.7% sufriría el efecto de la helada, aunque también puede verse afectado el concreto con un grado de saturación por encima del 80% (Alaejos, 2003).

##### **2.2.2.6.1. Presión hidráulica.**

El agua en los poros capilares del concreto está sometida a una presión que es tanto mayor cuanto menor es el diámetro de estos y por tanto también se reduce el punto de congelación. Como consecuencia, el agua de los poros de mayor diámetro se hiela antes que la de los poros más finos, con lo cual los cristales de hielo que se han formado en los primeros impiden la expansión del agua al helarse en los más finos, dando lugar a la creación de una presión hidráulica sobre paredes de los poros que pueden llegar a fisurar el concreto (Canovas, 2007).

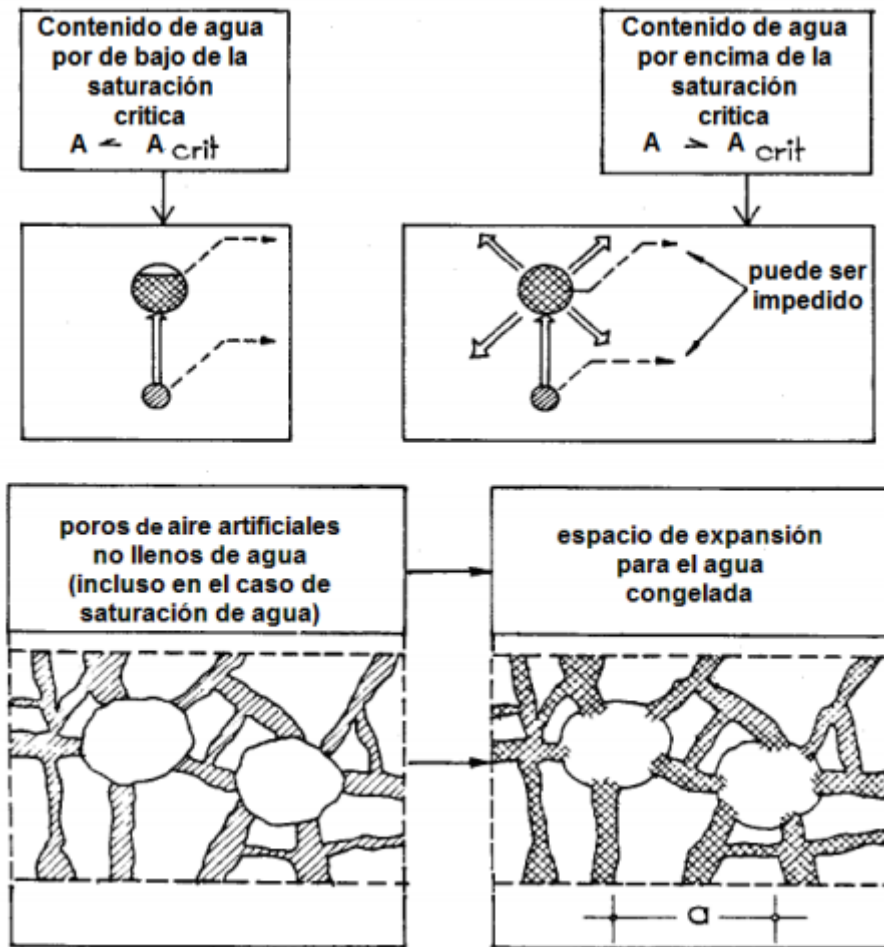


Figura 2.5. Presión hidráulica (Canovas, 2007).

#### 2.2.2.6.2. Presión osmótica.

La teoría de la presión osmótica como un mecanismo de deterioro fue sugerida y discutida por Powers (Litvan & Power, 1976). Como una explicación del crecimiento del hielo a temperatura constante por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ . Esta presión es la que impele a las moléculas de agua desde los poros no helados hacia las cavidades heladas; el proceso se debe a que el agua contenida en los poros del hormigón está en forma de solución alcalina, con lo cual, hasta que no se alcanza el punto de congelación, no tiene lugar la formación de hielo Figura 2.6.

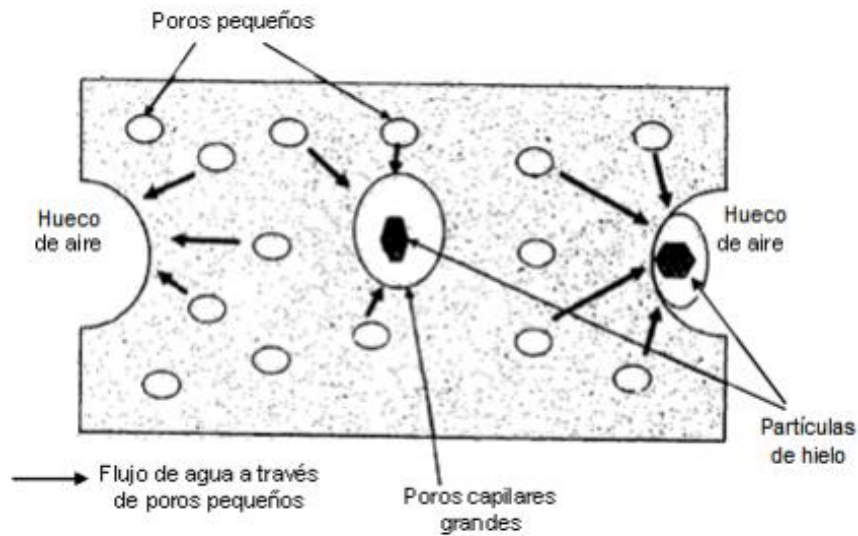


Figura 2.6. Presión osmótica (Al-Assadi, 2009).

### 2.2.2.7. Efecto del congelamiento y deshielo en el concreto.

El deterioro del hormigón como consecuencia del ataque de la helada ha sido ampliamente investigado durante las últimas cinco décadas. La revisión de la bibliografía publicada en los últimos años indica que los mecanismos físicos y químicos del deterioro del hormigón se pueden clasificar como se muestra en el siguiente diagrama.

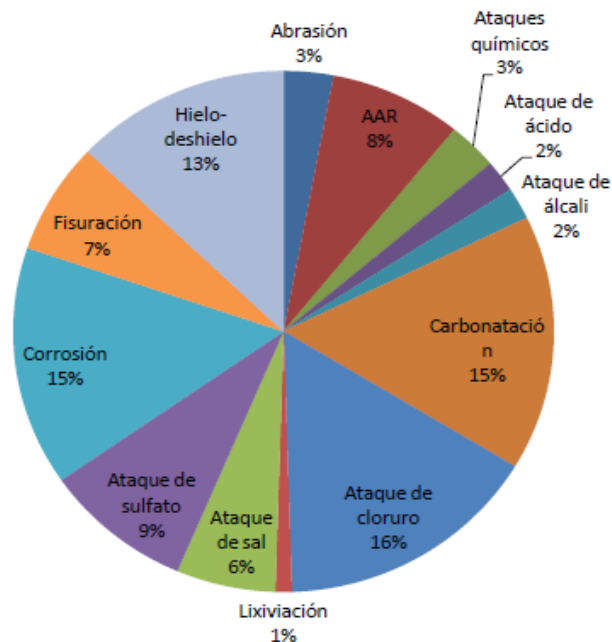
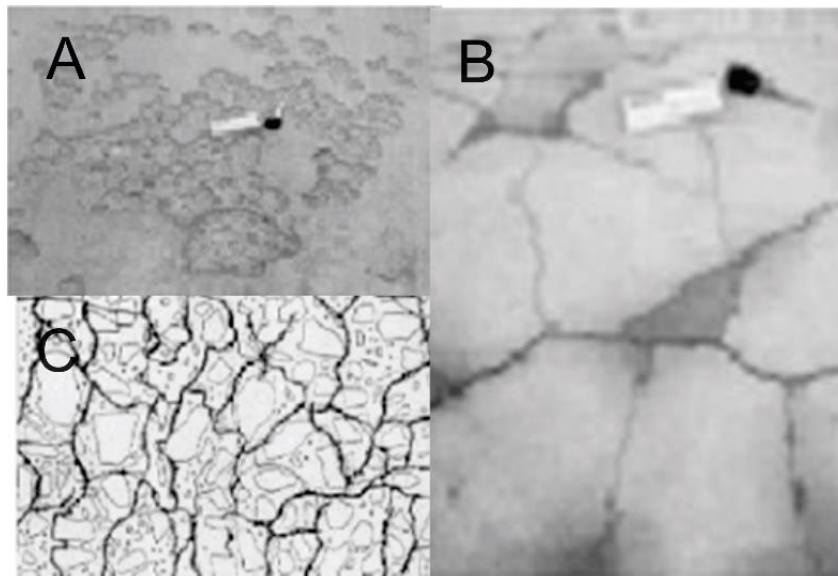


Figura 2.7. Referencia de porcentajes adjudicados a la contribución de varios mecanismos que afectan a la durabilidad del hormigón (Basheer, 1996).

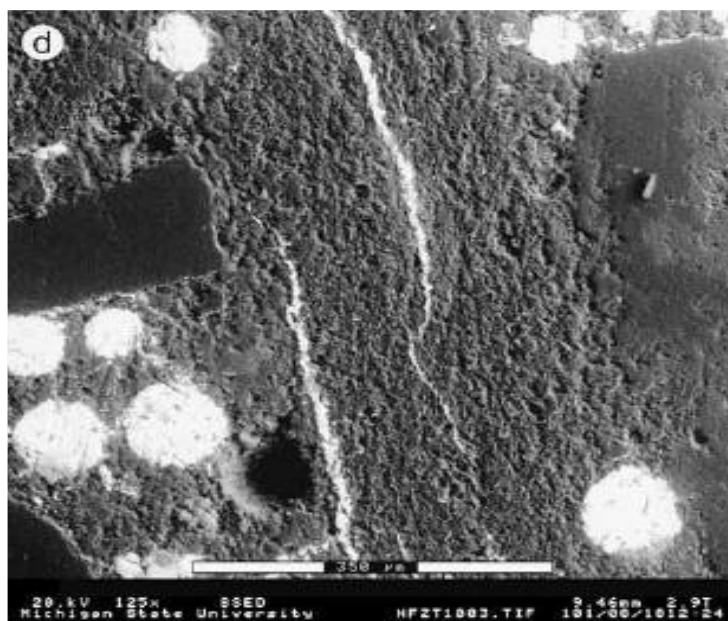
Los ciclos repetidos de hielo-deshielo en climas fríos provocan graves daños sobre las estructuras y los elementos de hormigón, en particular sobre aquellos que tienen una gran superficie expuesta, tales como pavimentos, revestimientos de canales o tableros de puentes. En estos casos, se ve comprometida además de su funcionalidad, acelerándose la velocidad de deterioro por otras causas, tales como la abrasión y la erosión (Irassar, 2001).

El daño por hielo-deshielo se puede manifestar como descascarillado exterior o daño micro estructural interno. Ambos pueden producirse tanto en las superficies horizontales como en las verticales, pero principalmente donde el agua o la nieve se depositen y la superficie permanezca mojada durante largos periodos (Assadi, 2009).



*Figura 2.8.* Efectos típicos en el concreto por la acción de los ciclos de congelamiento (Menendez, 2005).

El descascarillado exterior o el daño micro estructural interior, son ataques progresivos; es decir, el empeoramiento es gradual. El daño producido por la acción de la congelación es superficial, progresando hacia el interior del hormigón según se suceden los ciclos hielo-deshielo (Icold, 1994).



*Figura 2.9.* Hormigón dañado por ciclo hielo-deshielo.

### **2.2.3. Bases teóricas del curado en el concreto**

#### **2.2.3.1. Definición.**

ACI 308 R, define que el curado es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido. El curado puede definirse también como el conjunto de acciones cuyo objetivo es proveerlas condiciones adecuadas para la hidratación del cemento en concretos y morteros.

Así mismo Timms (1952) afirma que el curado aplicado a la fabricación de concreto, cubre todas las condiciones creadas tanto naturales como artificiales que afectan el grado y la tasa de hidratación del cemento. Con respecto al contenido de humedad, en el arte del concreto, la curación se refiere a los diversos medios empleados para controlar el contenido de humedad, la temperatura del concreto o ambos.

El curado óptimo se define como el acto de mantener las condiciones para el concreto recién colocado durante un período definido después de las operaciones de colocación o acabado para asegurar la correcta hidratación del cemento y el endurecimiento adecuado del concreto (Comité ACI 612 1958).

Curado es el nombre dado a los procedimientos utilizados para promover la hidratación del cemento, consiste en controlar la temperatura y la humedad desde y hacia el concreto. Más específicamente, el objetivo del curado es mantener el concreto saturado o tan saturado como sea posible, hasta que el espacio originalmente lleno de agua en la

pasta de cemento fresco sea llenado en la medida deseada por los productos de la hidratación del cemento (Neville 1996).

### **2.2.3.2. Normatividad en el curado.**

La norma del Reglamento Nacional de Edificaciones la E.060 Concreto Armado, en la cual se indican algunos procedimientos a seguir para curar el concreto sin especificar el tipo de estructura, las cuales son:

- La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Además, no deberá ser mayor de 32° C.
- La temperatura de los encofrados metálicos y el acero de refuerzo no deberá ser mayor de 50° C.
- El concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación (excepto para concreto de alta resistencia inicial).
- El concreto de alta resistencia inicial debe mantenerse por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos los 3 primeros días.
- El curado por vía húmeda podrá ser sustituido por cualquier otro medio de curado, siempre que se demuestre que la resistencia a la compresión del concreto, en la etapa de carga considerada, sea por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga. Así mismo, el procedimiento de curado debe ser tal que produzca un concreto con una durabilidad equivalente al menos a la que se obtendría efectuando el curado húmedo.

### **2.2.3.3. Tipos de curado.**

#### *2.2.3.3.1. Curado con agua.*

Cuando se elige este sistema se debe considerar la economía del método particular que se utilizará en cada obra, pues la disponibilidad de agua, mano de obra, materiales de curado, influirán en el costo. El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría.

Ruiz (2006) en su tesis de grado menciona los siguientes métodos de curado:

- Por inundación o inmersión, es aquel que produce los mejores resultados, por lo tanto más eficiente, la desventaja de este método es que solo es aplicable a determinadas estructuras, por ejemplo pavimentos, losas.
- Por el uso de rociadores de agua, se utiliza en estructuras verticales, siendo un método eficiente siempre que se mantenga un curado continuo.
- Utilización de coberturas húmedas, son los tejidos como el yute, el cual se utiliza humedecido para cubrir al concreto, además tiene una alta capacidad para retener agua, se utiliza tanto en superficies verticales como horizontales, este método presenta un inconveniente, necesita ser humedecido periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene un nivel de humedad el curado sería deficiente
- Curado con arena, tierra o aserrín son utilizados en el curado con elementos horizontales exigiendo el control de la desecación para su riego oportuno. Materiales como el aserrín tienen el inconveniente de manchar al concreto.

#### 2.2.3.3.2. *Curado con materiales sellantes.*

Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. El empleo de materiales selladores para el curado representa ventajas que hacen preferible su empleo en muchos casos. Por ejemplo, cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado, existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo debido a un error en el mantenimiento de la cubierta húmeda: Asimismo, los materiales selladores son más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano, a veces sin necesidad de curado inicial.

#### 2.2.3.3.3. *Película plástica.*

La película plástica es de peso ligero y está disponible en hojas transparentes, blancas o negras. La película debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 171 que especifica un espesor mínimo de 0.10mm. Las blancas para climas cálidos y las de color negro para climas fríos.

Cuando la apariencia es de gran importancia, el concreto debe ser curado por otros medios, ya que el empleo de película plástica lisa generalmente da como resultado una superficie moteada.

La película plástica debe colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco lo más pronto posible, sin dañarla y cubriendo todas las partes expuestas. Sobre superficies planas, tales como pavimentos, la película debe extenderse más allá de los bordes de la losa, hasta una distancia de por lo menos el doble del espesor de ésta.

#### 2.2.3.3.4. *Papel impermeable.*

El papel impermeable debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 171. Está compuesto de dos hojas de papel Kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras y debidamente tratados para reducir su grado de expansión y contracción tiene que mojarse y secarse. Las hojas pueden unirse entre sí mediante material bituminoso.

La aplicación del papel impermeable se hace de la misma manera que la de la película plástica

#### 2.2.3.3.5. *Curado a vapor.*

El curado al vapor y curado de agua caliente a veces se adoptaron. Con estos métodos de endurecimiento, el desarrollo de la resistencia del hormigón es muy rápida.

Estos métodos se pueden utilizar mejor en el trabajo previo hormigón colado. En vapor de curado la temperatura del vapor debe limitarse a un máximo de 75°C como en ausencia de humedad adecuado (aproximadamente 90%) del hormigón puede secar demasiado pronto. En caso de curado con agua caliente, la temperatura puede elevarse a cualquier límite.

A esta temperatura, el desarrollo de la fuerza es de aproximadamente 70% de 28 días la fuerza después de 4 a 5 horas. En ambos casos, la temperatura debe ser totalmente controlada para evitar la no uniformidad. El hormigón debe impedirse a un rápido secado y enfriamiento que formaría grietas.

#### 2.2.3.3.6. *Curado con polietileno y totora.*

El principio de curado consiste en aplicar inmediatamente después de vaciado un aditivo curador de membrana transparente del tipo resina, que controlará la fisuración por contracción plástica, pero sin reflejar los rayos solares para concentrar más calor en el concreto. Cuando el concreto endurece lo suficiente se coloca una plástica negra y posteriormente se cubre con totora con un espesor de 2", durante 7 días se retiran en las mañanas la totora para que la plástica negra concentrara calor en el día y transmitirlo al concreto, y al atardecer aproximadamente a las 4 p.m. se vuelve a colocar la totora para conservar durante la noche gran parte del calor acumulado, con este sistema se logró mejores resultados de resistencia (Pasquel, 1998). Ver Tabla 2.17.

Tabla 2.17.

*Resultados de la resistencia compresión de diferentes técnicas de curado.*

<b>N°</b>	<b>Tipo de curado</b>	<b>N° días</b>	<b>Compresión 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>
1	Laboratorio Temp.Promedio 18°C	28	251.46
2	Intemperie solo agua (Tradicional)	28	145.95
3	Curado Optimo (Totorá)	28	244.33

Nota, fuente: Solución al congelamiento del concreto en las zonas altiplánicas (Apaza, 2004).

#### **2.2.3.4. Influencia de la temperatura durante el proceso de curado.**

En cuanto a procesos, cuando en la etapa de fraguado del concreto se alcanza un descenso significativo de temperatura del ambiente, específicamente por debajo de los 4°C de temperatura, se produce la interrupción del fraguado, y con el congelamiento del agua se bloquean los enlaces para la hidratación y reacción del cemento, es decir, se rompen los enlaces establecidos por los geles de cemento hidratado (Menendez, 2005).

La temperatura de curado afecta la velocidad de hidratación del cemento y la reacción de las puzolanas, afectando el desarrollo de la resistencia del concreto. Por lo tanto, la temperatura tiene un efecto importante en la duración de curado requerida para conseguir una característica específica de resistencia o durabilidad. La duración del período de curado dependerá de la historia de temperatura en el lugar.

#### **2.2.3.5. Materiales de protección para el curado en climas fríos en la investigación.**

##### *2.2.3.5.1. Estiércol de ovino.*

*Definición:*

“El estiércol son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen, generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol” (Tellez, 1998).

El estiércol de ovino, son desechos constituidos por estiércol proveniente de la oveja, y que generalmente son usados como abonos orgánicos en la agricultura, una de las ventajas según Farfán (2002) en su enmienda al suelo, ayuda a dar resistencia contra plagas y patógenos debido a que se producen nutrientes que mantiene la fertilidad del suelo y mejorando sus características físicas, químicas y biológicas. *Además no contamina*

el ambiente y no es tóxico para el suelo, obteniéndose cosechas sanas y mejora los rendimientos.

Yagodin (1988), “el abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes”. En la investigación se va aislar las bajas temperaturas, protegiendo con el estiércol de ovino, durante su proceso de endurecimiento del concreto.

Jacob et al., (1973), “indican que la mayoría de los abonos de origen animal, contienen varios elementos nutritivos (particularmente Nitrógeno, Fósforo y Potasio así como pequeñas cantidades de elementos menores”. De los valores mostrados en la Tabla 2.18, generalmente el pH del estiércol de ovino se encuentra entre un rango de 7 a 9 y su directa aplicación en estado fresco resultaría perjudicial para el concreto.

Tabla 2.18.  
Composición del estiércol de ovino.

Descripción	Humedad (%)	PH	kg/tn							Volátiles	Grasa
			N	P	K	Ca	Fe	Mg			
<b>Estiércol de ovino</b>	65.00	8.44	6.0	4.0	3.0	8.5	9.2	1.8	174.00	7.80	

Nota: Fuente: Efecto de compost y estiércol de ovino en el cultivo de quinua (Suquilanda, 1996).

“Al compostarlo puede producir un aumento considerable de la temperatura del montón debido a su riqueza en nitrógeno” Sztem y Pravia (1999), el proceso de compostaje puede dividirse en tres periodos o etapas y las etapas están muy relacionadas con la temperatura.



Figura 2.10. Etapa de fermentación del compost (Maceda,2015).

En la Tabla 2.19, se muestra el calor específico del estiércol de ovino (guano), una propiedad importante para que el compostaje de estiércol de ovino desarrolle temperaturas entre 10°C hasta los 70°C como se muestra en la Figura 2.10.

Tabla 2.19.  
*Calor específico de los materiales de construcción.*

<b>Materiales de construcción</b>	<b>Calor específico (J/KgK)</b>
Piedra (*)	1243.12
Guano (*)	2382.91
Madera (*)	2268.09
Agua (**)	4186.01
Cobre (**)	390.09

Nota: Fuente: Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú (Holguino et al, 2018) (\*), (Young, 2009) (\*\*)

Los valores del calor específico de los materiales tales como piedra, guano y madera cuyos valores medios son 1235,13; 2416,44 y 2212,77 J/kgK respectivamente, que son mayores al calor específico de los metales como el cobre que es muy utilizado en la construcción civil y que tiene un valor de 390,09J/kgK. Esta diferencia es la que permite que los materiales como la piedra, guano y madera tenga alta inercia térmica o son buenos acumuladores de calor (Holguino et al, 2018).

#### 2.2.3.5.2. *Aserrín*

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral (Reyes, 2013).

Levelton (1975) En los residuos industriales, el contenido de humedad depende en gran medida de la fase del proceso en que se extraiga y del secado del producto antes de esa fase. Para el caso del aserrín y de otros residuos madereros se reportan valores de humedad superiores al 10 % y contenido de cenizas superiores a 0,5 %, como se indica en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20.  
*Contenido de humedad del aserrín*

Residuos	Tamaño (mm)	Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)
Lijaduras	<1	02-08	0,1-0,5
Virutas	[1-12]	08-20	0,1-1,0
Aserrín	[1-10]	25-40	0,5-2,0
Corteza desmenuzada	[1-100]	25-75	1,0-2,0
Residuos forestales	-	30-60	3,0-20

Nota: fuente, Caracterización de aserrín de diferentes maderas (Serret et al., 2016).

#### 2.2.3.5.3. Polietileno.

##### *Definición:*

“El polietileno de baja densidad (PEBD) es un polímero sintético derivado del petróleo; entre sus propiedades se destacan la tenacidad, ductilidad, excelente resistencia química y baja permeabilidad al vapor de agua” (Riso y Spodara, 1988).

Los plásticos son materiales poliméricos que se componen de moléculas químicas de gran tamaño en las que se repiten unidades de un compuesto denominado monómero. Dependiendo del método de polimerización y del monómero, los plásticos tienen estructuras químicas variadas que hacen que, en general, se clasifiquen en dos grandes grupos: los termoplásticos y los termoestables (Meneses et al, 2008).

Los termoplásticos son polímeros formados por cadenas lineales con ramificaciones. Esta propiedad les otorga la característica de ser reciclables. Los termoestables, por el contrario, son materiales cuya estructura molecular forma una red que no puede desligarse por medio de temperatura (característica que es posible con los termoplásticos) y que después de ser formados no pueden modificarse ni reciclarse (Meneses et al, 2008).

El polietileno de baja densidad, es un material termoplástico y es el más utilizado en el ámbito de la construcción; así como impermeabilizantes en soleras de hormigón, protección de materiales a la intemperie, protección para el curado del concreto, etc.

#### 2.2.4. Proceso estadístico

El análisis estadístico de datos se realiza con la estadística inferencial que nos permite generalizar los resultados obtenidos de la muestra hacia la población. Los

resultados estadísticos para la muestra se denominan estadígrafos y las estadísticas de la población o Universo se le denominan parámetros. Los parámetros no son calculados sino más bien son inferidos desde los estadígrafos.

#### **2.2.4.1. Población y muestra**

Por lo general, los estudios estadísticos están enfocados a conocer y/o tomar decisiones acerca de una población o universo que, desde el punto de vista estadístico, es el conjunto formado por la totalidad de individuos, especímenes, objetos o medidas de interés sobre los que se realiza un estudio y la muestra representativa viene a ser parte de una población, seleccionada de manera adecuada, que conserva las características más importantes de dicha población (Gutierrez y Salazar, 2009).

#### **2.2.4.2. Tamaño de la muestra**

Si cada uno de los sujetos de estudio de una investigación tuvieran exactamente las mismas características, el tamaño requerido de la muestra sería solamente de uno; pero al no presentarse el caso, se necesita establecer un tamaño de muestra mayor a uno, pero menor que la población total o universo (Borja, 2012).

El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación (Borja, 2012). A continuación, se muestra la ecuación para determinar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{t^2 * S^2}{e^2}$$

**Donde:**

n = Tamaño de la muestra.

S = desviación estándar.

t = Coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia).

e= Error definido por un especialista.

Tabla 2.21.  
Valores de t.

% de Pruebas dentro de los límites	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 341	3.00

Nota: Fuente, Tópicos del concreto (Pasquel, 1998).

Tabla 2.22.  
Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm<sup>2</sup>).

Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.7	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6

Nota: Fuente, Tópicos del concreto (Pasquel, 1998).

Tabla 2.23.  
Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)

Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> a 6
Concreto en laboratorio	< a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> a 5

Nota: Fuente, Tópicos del concreto (Pasquel, 1998).

## 2.2.5. Contrastación de la hipótesis

### 2.2.5.1. Prueba de hipótesis

Los procedimientos de la prueba de hipótesis dependen del uso de la información en una muestra aleatoria de la población de interés. Si esta información es consistente con la hipótesis, entonces concluiríamos que la hipótesis es verdadera; sin embargo, si esta información es inconsistente con la hipótesis, concluiríamos que ésta es falsa.

Para probar una hipótesis, debemos tomar una muestra al azar, calcular una estadística de prueba apropiada a partir de los datos de la muestra, y después utilizar la información contenida en esta estadística de prueba para tomar una decisión.

Un contraste de hipótesis consiste, por tanto, en estudiar dos hipótesis:  $H_0$  (hipótesis nula),  $H_1$  (hipótesis alternativa), de manera que el investigador divide los resultados muestrales en dos zonas; una zona de rechazo y otra de aceptación, de manera que según como obtengamos el resultado, aceptaremos o rechazaremos la hipótesis (Hines y Montgomery, 1996).

### 2.2.5.2. Pasos para la realización de una prueba de hipótesis

1. Defina  $H_0$  y  $H_1$ .
2. Seleccionar el nivel de significancia
3. Calcule un estadístico de prueba. Éste constituye un estadístico que se usa para evaluar la fuerza de la evidencia en contra de  $H_0$ .
4. Formular la regla de decisión
5. Toma de decisión de aceptar o rechazar la hipótesis

#### PASO 01: Definir la hipótesis nula y alterna

La Hipótesis Nula, denotada como  $H_0$  siempre especifica un solo valor del parámetro de la población. Es una hipótesis que se plantea para ser rechazada o no. A la hipótesis nula se le considera cierta hasta tanto no encontremos evidencia para rechazarla. La hipótesis nula siempre es una hipótesis simple.

$$H_0 : \mu = \mu_0 \qquad H_0 : \mu \leq \mu_0 \qquad H_0 : \mu \geq \mu_0$$

La Hipótesis Alternativa, denotada como  $H_1$  es la que responde nuestra pregunta, la que se establece en base a la evidencia que tenemos, La hipótesis alternativa siempre es una hipótesis compuesta (unilateral o bilateral). Puede tener cuatro formas:

$$H_1 : \mu = \mu_1$$

$$H_1 : \mu < \mu_0$$

$$H_1 : \mu > \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

## PASO 02: Seleccionar el nivel de significancia

Se puede definir el “nivel de significación ( $\alpha$ )” como la máxima probabilidad de rechazar la  $H_0$  cuando es cierta. El nivel de significación lo elige el investigador antes de realizar el contraste, para que no influya en su decisión. Por lo tanto, el nivel de significación representa el riesgo máximo admisible al rechazar  $H_0$ .

Establecer el riesgo de cometer un error  $\alpha$  que está dispuesto a aceptar. Habitualmente suele aceptarse un 5%, y preferiblemente con hipótesis bilaterales, ya que son más conservadoras.

Establecer, asimismo, el riesgo que se acepta de cometer un error  $\beta$ . Habitualmente se sitúa entre el 5 y el 20%. A menudo, es más fácil enfrentar esta decisión a partir del concepto de poder o potencia estadística ( $1 - \beta$ ), que es la capacidad del estudio para detectar una determinada diferencia. Aceptar un riesgo de cometer un error  $\beta$  del 20%, significa que, si la diferencia que se busca existe en la realidad, el estudio tiene un 80% de probabilidades de detectarla (Jimenez, 2008).

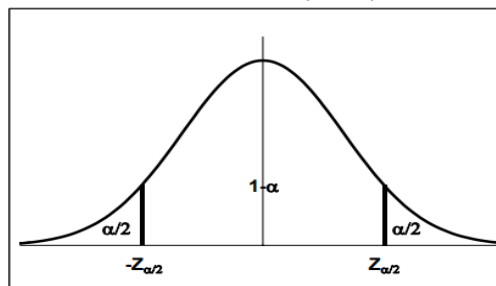


Figura 2.11. Representación del nivel de significación

## PASO 03: Calcule un estadístico de prueba.

Existen diversas pruebas estadísticas paramétricas, entre las más utilizadas son:

- Análisis de varianza unidireccional (ANOVA en un sentido).
- Análisis de varianza factorial (ANOVA).
- Análisis de covarianza (ANCOVA).
- Coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal.
- Prueba t.
- Prueba de contraste de la diferencia de proporciones.

La distribución T o distribución T de Student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeña (número de variables  $< 30$ ).

#### **PASO 04: Formular la regla de decisión**

Una regla de decisión es el criterio utilizado para decidir si aceptamos o rechazamos la hipótesis nula, a partir del espacio muestral de valores del estadístico de contraste y probabilidades asociadas.

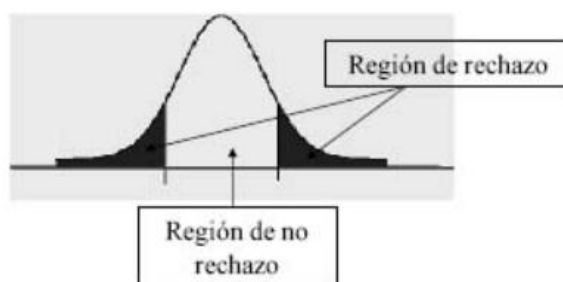


Figura 2.12. Región de aceptación y rechazo.

#### **PASO 05: Toma de decisión de aceptar o rechazar la hipótesis**

En este último paso de la prueba se realiza una comparación el estadístico de prueba con el valor crítico, y se toma la decisión de rechazar o aceptar (no rechazar) la hipótesis nula. Si el valor de tal estadístico cae en la región de rechazo (valor crítico), rechazamos la hipótesis nula y por tanto, aceptamos la hipótesis alternativa.

Cuando se realiza un contraste de hipótesis, siempre debemos tener en cuenta que cuando aceptamos o rechazamos una hipótesis puede que estemos cometiendo un cierto error. Cuando Rechazamos  $H_0$ , significa que  $H_0$  es falsa y cuando aceptamos  $H_0$ , significa que  $H_0$  es verdadera. Por tanto, se pueden considerar, dos tipos de errores que se pueden cometer cuando se realiza un contraste:

Tabla 2.24.

*Tipos de errores en la toma de decisión.*

	<b><math>H_0</math> es verdadera</b>	<b><math>H_0</math> es falsa</b>
<b>Aceptación de <math>H_0</math></b>	Ningún error	Error del tipo II
<b>Rechazo de <math>H_0</math></b>	Error del tipo I	Ningún error

Nota: Fuente, Hines (1996).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Metodología y tipo de investigación**

##### **3.1.1. Metodología de investigación**

La metodología de investigación a usar es de forma cuantitativa

Hernández, Fernández y Baptista (2010) mencionan que el enfoque cuantitativo se caracteriza por plantear un problema, construir un marco teórico, y generar una hipótesis antes de recolectar y analizar los datos, fundamentados en la medición numérica y el análisis mediante métodos estadísticos, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Por otro lado, la investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posible. Los fenómenos que se observan y/o miden no deben ser afectados por el investigador y que tampoco sean alterados por las tendencias de otros.

##### **3.1.2. Tipo de investigación**

Investigación Explicativo

Borja (2012), menciona que los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre variables. Buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o porqué se relaciona entre dos o más variables.

##### **3.1.3. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación será de forma experimental.

Los diseños de investigación sirven para someterlas a prueba las hipótesis. Dentro del diseño de la investigación cuantitativa es posible adoptar investigaciones experimentales y no experimentales. Es necesario recalcar que ningún tipo de diseño es intrínsecamente mejor que la otra, sino que cada uno posee sus características, y la decisión sobre qué clase de investigación y diseño específico a seleccionar o desarrollar depende del planteamiento del problema, los alcances de la investigación y la formulación de las hipótesis (Hernández et al.,2014).

El tipo de diseño experimental se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

### 3.2. Población y muestra de estudio

La población es un conjunto de elementos que contienen ciertas características que se pretenden estudiar. En nuestro campo de investigación se define una cantidad de 10 muestras por edad de rotura en el concreto con respecto a cada grupo, con el objetivo de describir las características en la población. Se elaboran probetas cilíndricas de concreto con dimensiones de 4" de diámetro y 8" de altura, con una resistencia a la compresión de  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ .

$$n = \frac{1.98^2 * 17.6^2}{6.3^2} \approx 30$$

Tabla 3.1.  
Cantidad total de briquetas a elaborar.

Curado	Concreto Expuesto	Tipo de Protección	Resistencia a compresión del concreto			Sub total
			7 Días	14 Días	28 Días	
Riego		Polietileno	10	10	10	30
Riego	Congelamiento y Deshielo	Polietileno más Aserrín	10	10	10	30
Riego		Polietileno más estiercol de ovino	10	10	10	30
Riego		Sin Protección	10	10	10	30
Riego	Intemperie		10	10	10	30
Sumergido		--	10	10	10	30
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>			<b>180</b>			

**Nota:** Según el RNE E.060 menciona: Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación del  $f_c$ .

### 3.3. Formulación de la hipótesis

#### 3.3.1. Hipótesis general.

Las diferentes técnicas de curado propuestas influirán significativamente en el desarrollarlo la resistencia a la compresión del concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, simulados en laboratorio y expuestos a la intemperie durante el proceso de endurecimiento.

### 3.3.2. Hipótesis específicas.

La técnica de curado que presenta un adecuado comportamiento, es el curado con protección de polietileno más estiércol de ovino; debido a la composición química del guano, este desarrolla mejor la capacidad de protección en los especímenes de concreto.

Las técnicas de curado y protección durante los ciclos de congelamiento y deshielo en el proceso de endurecimiento del concreto, tienden a tener un comportamiento favorable para los especímenes del concreto; a comparación de los especímenes no protegidos.

El concreto curado a la intemperie sumergido desarrolla mejor su resistencia a comparación de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo simulados en laboratorio

### 3.4. Variables de estudio

#### 3.4.1. Variable dependiente

- La resistencia a compresión del concreto

#### 3.4.2. Variable independiente

- Técnica de Curado.

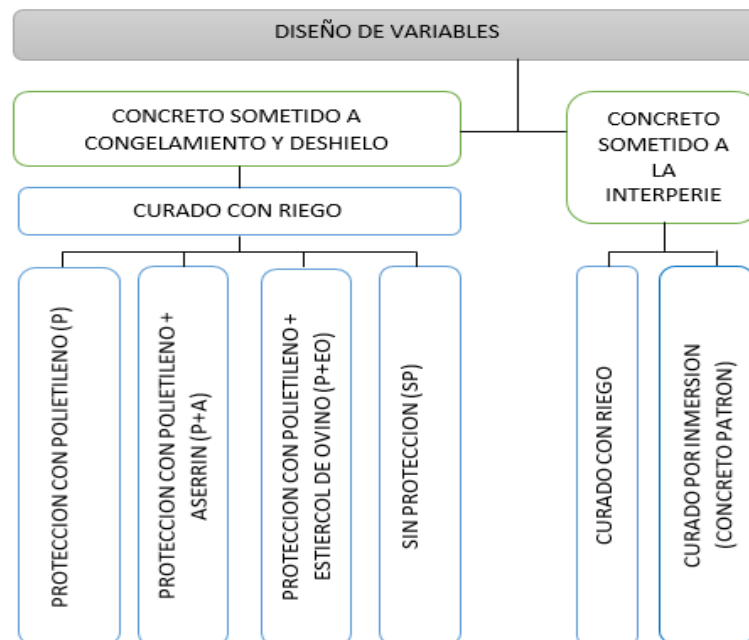


Figura 3.1. Diseño de variables.

### **3.5. Objeto de estudio**

- Concreto sometido al congelamiento y deshielo.

### **3.6. Análisis de las propiedades de los elementos utilizados**

#### **3.6.1. Cemento**

Para la presente investigación el cemento usado fue el: Rumi Portland tipo IP, de gran uso actualmente en nuestra zona. Cumple con las normas ASTM C-595 y NTP 334.009 (Ficha técnica Cemento Portland Tipo IP – Calidad internacional).

#### **3.6.2. Agregado**

##### **3.6.2.1. Agregado fino.**

El agregado Fino fue extraído de la cantera del rio maravillas, ubicado a 5 kilómetros de la carretera Salida a Cusco, el material fue transportado al laboratorio de tecnología de materiales, para poder realizar el análisis físico.

Para la presente investigación, se utilizó el tamiz 3/8" para separar el agregado grueso del fino, el tamizado se realizó de la siguiente manera: Se separó el material con una malla cuadrada de alambre electro soldada de 3/8", todo lo pasante a la malla es el agregado fino, teniendo en cuenta la norma NTP 400.010 extracción y preparación de muestras.

##### **3.6.2.2. Agregado grueso**

Los agregados gruesos usados para la elaboración de probetas fueron extraídos de la planta chancadora Surupana, ubicada en el kilómetro 25 de la carretera hacia Arequipa de la ciudad de Juliaca, ya que esta contaba unas fajas en la cual separaba el material en 3/4", 1/2" y 3/8"; quedando el material ya seleccionado, y material se transportó al laboratorio teniendo en cuenta la norma NTP 400.010 extracción y preparación de muestras.

##### **3.6.2.3. Resumen de las propiedades físicas de los agregados**

En la Tabla 3.2, se muestra las propiedades físicas de los agregados fino y grueso ensayados en el laboratorio de Tecnología de Concreto y Materiales de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca. (Ver Anexo A: Ensayo de los Agregados.)

Tabla 3.2.

*Resumen de las propiedades físicas de los agregados.*

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
Peso Específico SSS (Kg/m <sup>3</sup> )	2.38	2.46
Peso Unitario Suelto (Kg/cm <sup>3</sup> )	1493.09	1451.19
Peso Unitario Varillado(Kg/cm <sup>3</sup> )	1583.77	1601.12
% de Absorción	4.17	3.21
Contenido de Humedad (%)	9.33	0.96
Módulo de Fineza	2.74	-
Pasante malla 200 (%)		
T.M.N. (pulg)	-	3/4"

### 3.6.3. Agua

El agua utilizada en la investigación fue tomada directamente desde la red de suministro a la ciudad universitaria, la cual es la misma utilizada para las diferentes construcciones que se vienen ejecutando dentro de la Universidad Peruana Unión.

### 3.7. Materiales usados en la investigación.

#### 3.7.1. Polietileno

Maquera (2018) afirma que el polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados. Los plásticos deben estar conforme al ASTM C171, tener como mínimo 4 milésimas de pulgada (0.1mm). La película de polietileno también se puede colocar sobre otros materiales de cobertura, para retener el calor en el material de la cubierta. Las características del polietileno usado se muestran en la Tabla 3.3.



*Figura 3.2. Polietileno (Plástico Negro)*

Tabla 3.3.

*Características del polietileno de baja densidad.*

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Nombre	Polietileno de baja densidad (LDPE)
Densidad	0.928 gr/cm <sup>3</sup>
Espesor	175 $\mu$ m
Ancho	4m
Largo	100 m
Color	Negro

### 3.7.2. Aserrín.

El aserrín es un material orgánico, proveniente de la madera u árbol aserrado. El tamaño del aserrín que se usó en la presente investigación tendrá un tamaño menor a 4.75mm, equivalente al material pasante por el tamiz n°4.



*Figura 3.3. Aserrín de tamaño menos a 4.75mm*

### 3.7.3. Estiércol de ovino.

Suasaca (2009), Define como “material orgánico a todo residuo orgánico (de plantas o animales), que después de descomponerse (pudrirse), poder generar una cierta cantidad de calor y mejorar las propiedades químicas (Humedad PH) Suelo.”

El estiércol de ovino que se utilizó, fue obtenido del corral del animal conocido como la oveja andina. El estiércol obtenido fue triturado a un tamaño menor a 3/8” (9.75mm).



*Figura 3.4. Estiércol de ovino de tamaño menor a 9.75mm.*

### 3.8. Diseño de mezcla

El diseño de mezclas usado en la presente investigación, es el método del ACI-211, ya que este método trabaja en función a la resistencia promedio, el tamaño máximo del agregado, la selección de la relación agua-cemento por resistencia y durabilidad entre otras propiedades.

A partir de los resultados obtenidos de las propiedades físicas de los agregados y requerimientos de diseño, el diseño de mezcla requiere una secuencia de pasos para ajustar las características de los materiales disponibles para la mezcla adecuada para determinado trabajo.

Las características usadas para la elaboración del diseño de mezcla en la investigación fueron los siguientes:

- Tamaño máximo del agregado a utilizar es ¾"
- Tipo de Cemento portland Tipo IP (Cemento Sur)
- Slump: 3"-4" (Mezcla Plástica)
- Resistencia a los 28 días  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezcla aplicable a concretos de peso normal, a continuación se presenta la secuencia de diseño para la investigación:

#### 3.8.1. Selección de la resistencia promedio

El diseño para la investigación es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, la resistencia promedio será de:

$$f'c = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla 3.4.

*Resistencia a la compresión promedio.*

$f'c(\text{kg/cm}^2)$	$f'cr(\text{kg/cm}^2)$
menor a 210	$f'c+70$
210 a 350	$f'c+84$
mayor a 350	$f'c+98$

Fuente. Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas".

#### 3.8.2. Selección del tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal para el diseño es de ¾"

### 3.8.3. Selección del asentamiento

Según la Tabla 3.5, se selecciona una mezcla plástica 3" a 4" (Trabajable)

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

Para la selección del volumen unitario, se ubica el dato del asentamiento (3" a 4") y el tamaño máximo nominal (3/4"), en la Tabla 3.5, obteniendo como resultado 205 lt/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.5.

*Volumen del agua unitario.*

Asentamiento	Agua, en lt/m <sup>3</sup> , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos Sin Aire Incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
<b>Concretos Con Aire Incorporado</b>								
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"

### 3.8.5. Selección del contenido de aire

Según la Tabla 3.6, Para un tamaño máximo nominal de 3/4" el porcentaje de aire que corresponde es de 2%.

Tabla 3.6.

*Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente. Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

### 3.8.6. Selección de la relación agua-cemento

Según la Tabla 3.7, para un  $f'_{cr}=294$  kg/cm<sup>2</sup>, la relación a/c por resistencia sin aire incorporado (concreto convencional) es de 0.56.

Tabla 3.7.

*Relación agua- cemento por resistencia.*

<b>Relación agua/cemento de diseño en peso</b>			
<b>f'cr</b>	<b>Concretos sin aire incorporado</b>		<b>concretos con aire incorporado</b>
150	0.8		0.71
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".

### 3.8.7. Factor cemento

El factor cemento =  $205/0.56 = 366.07$  Kg/m<sup>3</sup> = 8.6 bolsas/m<sup>3</sup>

### 3.8.8. Contenido de agregado grueso

Según la Tabla 3.8, Para un tamaño máximo nominal 3/4" y un módulo de finura (b/bo =2.74), la cantidad de agregado grueso es de 1008.70336 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.8.

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

<b>TMN</b>	<b>Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto , para diversos módulos de finura (b/bo)</b>			
	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3</b>
<b>Agregado Grueso</b>				
<b>3/8"</b>	0.5	0.48	0.46	0.44
<b>1/2"</b>	0.59	0.57	0.55	0.53
<b>3/4"</b>	0.66	0.64	0.62	0.6
<b>1"</b>	0.71	0.69	0.67	0.65
<b>1 1/2"</b>	0.75	0.73	0.71	0.69
<b>2"</b>	0.78	0.76	0.74	0.72
<b>3"</b>	0.82	0.8	0.78	0.76
<b>6"</b>	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas".

### 3.8.9. Calculo de volúmenes absoluto

Tabla 3.9.

*Volumen absoluto de los materiales.*

<b>Volumen Absoluto</b>		
Cemento	0.12844612	m3
Agua	0.205	m3
Aire	0.02	m3
Agregado Grueso	0.41004202	m3
<b>Volumen Conocido</b>	<b>0.76438813</b>	<b>m3</b>

### 3.8.10. Contenido de agregado fino

Volumen absoluto Agregado fino =  $1 - 0.76438813 = 0.236511868$  m3

Peso del agregado fino seco = 562.8982461 kg/m3

### 3.8.11. Cantidad de materiales por m3 en peso

Tabla 3.10.

*Cantidad de materiales por m3 en peso.*

<b>Materiales por m3 en peso</b>		
Cemento	366.07	kg/m3
Agua De Diseño	205.00	lt/m3
Agregado Fino Seco	562.90	kg/m3
Agregado Grueso Seco	1008.70	kg/m3

### 3.8.12. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino =  $562.90 \times (7.33/100) = 604.159$  kg/m3

Agregado grueso =  $1008.70 \times (0.9649/100) = 1018.43$  kg/m3

Tabla 3.11.

*Valores corregidos por humedad superficial*

<b>Descripción</b>	<b>Abs</b>	<b>Corr.</b>
Humedad Superficial del Ag Fino	4.17	3.16
Humedad Superficial del Ag Grueso	3.21	-2.25
Aporte de Humedad del Ag Fino	18.71	lt/m3
Aporte de Humedad del Ag Grueso	-22.65	lt/m3
Aporte de Humedad Total	-3.94	lt/m3
Agua Efectiva	208.94	lt/m3

Valores corregidos – por m3 de diseño

Tabla 3.12.

*Valores corregidos – por m3 de diseño*

<b>Valores corregidos por M3</b>		
Cemento	366.071	kg/m3
Agua Efectiva	209.869	lt/m3
Agregado Fino Húmedo	604.159	kg/m3
Agregado Grueso Húmedo	1018.436	kg/m3

### 3.8.13. Proporciones en peso

$$\text{Cemento} = 366.07/366.07 = 1$$

$$\text{Agregado fino} = 604.159/366.07 = 1.65$$

$$\text{Agregado grueso} = 1018.44/366.07 = 2.78$$

$$\text{Agua} = 209.869/366.07 = 0.57$$

### 3.8.14. Proporciones por una tanda de bolsa

Tabla 3.13.

*Proporciones por una tanda de bolsa*

<b>Proporciones por tanda de bolsa</b>		
Cemento	42.5	kg/bolsa
Agua Efectiva	24.36	lt/bolsa
Agregado Fino Húmedo	70.141	kg/bolsa
Agregado Grueso Húmedo	118.238	kg/bolsa

### 3.9. Equipos e instrumentos

#### 3.9.1. Mezcladora

La mezcladora de concreto sirve para la elaboración de la mezcla del cemento, agregados y agua. La mezcladora utilizada fue del modelo 11P3 de capacidad de 370 lts y una potencia de 13HP en la cual se realizó 30 probetas por vaciado.



Figura 3.5. Mezcladora modelo 11P3 de capacidad.

#### 3.9.2. Congeladoras

Las congeladoras se usaron para simular la temperatura con el objetivo de generar los ciclos de congelamiento. Las congeladoras utilizadas tienen una capacidad de 410 litros y 210 litros de marca MABE.



Figura 3.6. Congeladoras MABE 410 lt y 210 lt.

### 3.9.3. Termómetro digital

El termohigrometro digital permitirá determinar la temperatura ambiente de manera exacta, así como también la temperatura al interior de las congeladoras y para determinar las temperaturas internas dentro de las protecciones empleadas con los materiales propuestos, al cual serán sometidas las probetas de concreto. Para la investigación se usó un termohigrometro  $-50^{\circ}\text{C}$   $+70^{\circ}\text{C}$  digital de la marca BOECO con exactitud de Temperatura:  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ .



Figura 3.7. Termohigrometro BOECO.

### 3.9.4. Moldes

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas de concreto fueron de un material rígido no absorbente de humedad y con una dimensión de 4" de diámetro y 8" de altura como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3.8. Moldes cilíndricos 4" X 8"

### 3.9.5. Máquina de compresión

La máquina de compresión tendrá como única función determinar la resistencia a compresión de los especímenes de concreto endurecido, curados con diferentes materiales y técnicas usadas. La máquina de compresión utilizada fue de laboratorio de tecnología de concreto y materiales de la Universidad Peruana Unión filial Juliaca.



Figura 3.9. Máquina de compresión digital de la UPeU Juliaca.

### 3.10. Procedimiento de la investigación

#### 3.10.1. Elaboración de especímenes de concreto

Para la elaboración de los especímenes de concreto se usó la metodología establecida por el NTP 339.183 Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto.

Las Probetas fueron moldeadas en moldes cilíndricos de dimensiones 4" de diámetro y 8" de altura, con una resistencia de diseño de 210kg/cm<sup>2</sup>. Se realizó un total de 180 probetas cilíndricas el cual se dividió en 6 grupos para aplicar las diferentes técnicas de curado y protección del concreto en su proceso de endurecimiento como se muestra a continuación:

- El Primer grupo (P) protección con polietileno (plástico) concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.
- El Segundo grupo (P+A) protección con polietileno (plástico) más Aserrín, concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.

- El Tercer grupo (P+E) protección con polietileno (plástico) más estiércol de ovino, concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.
- El Cuarto grupo (SP) Sin protección concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.
- El quinto grupo (IR) Intemperie concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado por la técnica de riego, se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.
- El sexto grupo (IS) Intemperie sumergido conocido también como concreto patrón no sometido a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curada sumergido, se elaboró un total de 30 probetas que serán ensayadas a compresión a los 7,14 y 28 días.

### **3.10.2. Dosificación de los materiales.**

La dosificación de los materiales componentes del concreto. Para su proporción se midieron antes de iniciar cada tanda mezclado. Las tandas se dosificaron en peso para evitar errores debido a cambios volumétricos o variaciones propias. Por otra parte también, cabe señalar que durante toda la fase de dosificación de materiales y mezclado del concreto se utilizó siempre la misma balanza, con aproximación de 0.1 gr para evitar errores.

### **3.10.3. Mezclado y colocado de concreto a los moldes cilíndricos.**

Antes de realizar el mezclado se humedeció la mezcladora y todas las herramientas que se utilizaron para manipular el concreto con el fin de evitar una posible pérdida de humedad de la mezcla. El proceso de carga de materiales a la mezcladora se seguido siempre el mismo procedimiento para cada mezcla que se mencionan a continuación:

- Colocar los moldes en lugar rígido y sin vibraciones.
- Los moldes deben estar completamente limpios en su interior y cubierto de petróleo para evitar que el concreto se adhiera al molde.
- Colocar el concreto en toda el área del molde y varillar antes de comenzar a chucear.
- Realizar el llenado del concreto. Tomando en cuenta que los moldes son de 4"x 8". Por lo tanto, se deberá colocar el concreto en un número de 2 capas. Cuando se

llena la primera capa de todos los moldes, se apisona 25 veces distribuidos uniformemente en toda su sección transversal y se golpea 10 a 15 veces con el martillo de goma alrededor de su perímetro de todos los moldes, todo esto establecido según NTP 339.033-2009. Una vez ya finalizado se procede a colocar la segunda capa de concreto con el mismo procedimiento.

- Luego de haber pasado un tiempo se procede a nivelar la parte superior de todos los especímenes.
- Pasada las 24hr se desmoldan las muestras, y se procede a curar y proteger con las diferentes técnicas propuestas.
- Antes de realizar el curado y protección se procede a identificar cada muestra con un código y especificaciones.



Figura 3.10. Materiales para el diseño del concreto



Figura 3.11. Colocación del desmoldante.



Figura 3.12. Elaboración del concreto



Figura 3.13. Llenado de los moldes con concreto



Figura 3.14. Acabado de las probetas de concreto    Figura 3.15. Identificación de las probetas

### 3.11. Ensayos del concreto fresco

Una vez realizado el mezclado del concreto y previamente al vaciado a los moldes, se realiza los siguientes ensayos.

- Medición del asentamiento (slump) del concreto fresco de acuerdo con la norma NTP 339.036-1996, ASTM C-143. El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco con la ayuda del equipo denominado Cono de Abrams que es un molde tronco-cónico, midiendo el asiento de la muestra luego del desmoldado. El asentamiento obtenido en dicho ensayo es de 3.75" (9.52cm) y se encuentra dentro del rango de 3" a 4" que corresponde a una consistencia plástica.
- Temperatura del concreto. Según norma NTP 339.183-2003, ASTM C-1064. Esta norma describe el método del ensayo para medir la temperatura del concreto fresco, y debe de estar dentro de los límites aceptables, entre 11°C Y 36°C. La temperatura registrada del concreto fresco fue de 18.4°C que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

### 3.12. Procesamiento de los especímenes de concreto

#### 3.12.1. Curado de especímenes

Para el curado de especímenes de concreto, se realizó conforme a las especificaciones de la norma NTP 339.033-2009, descrita en los siguientes párrafos:

El curado inicial de las probetas se realizó después del moldeado y acabado, en donde los especímenes de concreto deben ser almacenados durante 24hr en un rango de temperatura entre 11°C a 27°C.

El curado final de las probetas se iniciará dentro de 30min después del desmoldado en este periodo se identificará cada probeta y grupo. Usando agua que cumplan con la NTP 334.077. Luego tendrá un tratamiento diferente referente a su curado como son el Sumergido o Riego.

#### **3.12.1.1. Sumergido.**

Los especímenes curados de esta manera fueron sumergidos en su totalidad con agua potable en las pozas de curados de la Universidad Peruana Unión con temperaturas ambientales promedio mínimo y máximo de 5°C y 18°C. Este grupo de especímenes de concreto son conocidos también como concreto patrón. Estos especímenes de concreto fueron sumergidos durante 7,14 y 28 días un total de 30 probetas. Este grupo no fueron sometidos a congelamiento.



*Figura 3.16.* Curado sumergido de especímenes en pozas

#### **3.12.1.2. Riego**

Los especímenes curados de esta manera fueron regados con agua tratando de que la aplicación sea en todas las caras de la superficie de los especímenes, por un periodo de 8 horas, cada hora con 5 min de riego.

El proceso de deshielo en el concreto comenzó a las 8:00am exponiendo los especímenes al sol. Seguidamente se empezó con del proceso de curado por riego durante el periodo establecido.



*Figura 3.17.* Curado del concreto método riego.

### **3.12.2. Protección de los especímenes de concreto**

Los especímenes de concreto que serán sometidos al proceso de congelamiento, se encontraran en un estado superficialmente seco, para lo cual las probetas fueron aisladas del curado por riego durante un tiempo de una hora (4pm hasta 5pm). Y para evitar los daños en el concreto se procedió a la protección de los especímenes (5pm-6pm), con el objetivo de mantener la humedad y la temperatura interna durante el proceso de congelamiento.

La metodología de protección en los especímenes de concreto se describe a continuación:

- El Primer grupo (P), protección con polietileno (plástico), el concreto expuesto a congelamiento y deshielo, se protegió en su totalidad con una capa de plástico (ver Figura 3.18).
- El Segundo grupo (P+A), protección con polietileno (plástico) más aserrín, el concreto expuesto a congelamiento y deshielo, se protegió con dos capas de plástico uno en la parte exterior, el otro en la parte interior y el aserrín en el intermedio con 1" de espesor (ver Figura 3.19).
- El Tercer grupo (P+E) protección con polietileno (plástico) más estiércol de ovino, el concreto expuesto a congelamiento y deshielo, se protegió con dos capas de plástico uno en la parte exterior, el otro en la parte interior y el estiércol de ovino en el intermedio con 1" de espesor (ver Figura 3.21).
- El Cuarto grupo (SP) Sin protección (Condiciones desfavorables) concreto sometido a congelamiento y deshielo sin ningún tipo de protección (ver Figura 3.20).

- El quinto grupo (IR) Intemperie riego concreto (Condiciones normales) estos concretos no se sometieron a congelamiento y deshielo. Curado con riego a la intemperie (ver Figura 3.17)
- El sexto grupo (IS) Intemperie sumergido (condiciones normales) conocido también como concreto patrón estas probetas no tuvieron protección y no fueron sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo (ver Figura 3.16).



Figura 3.18. Protección con Polietileno



Figura 3.19. Protección con Polietileno y Aserrín



Figura 3.20. Concretos sin protección



Figura 3.21. Polietileno y guano de Ovino.

### 3.12.3. Sometimiento de los especímenes a ciclos de congelamiento y deshielo.

Una vez terminado el proceso de protección se procedió a colocar las probetas de concreto protegidas y sin proteger (6pm hasta las 7am), en las congeladoras con el objetivo de simular las heladas (bajas temperaturas) y producir el ciclo de congelamiento. Por otra parte para simular el proceso de deshielo en el concreto se realizó siguiendo el procedimiento del curado de especímenes por riego mencionado en el ítem 3.12.1.2.

Para el proceso de la elección de asignación de temperaturas a los cuales serán simulados los especímenes de concreto, se procedió agrupar valores entre -20.20°C (valor mínimo registrado por el SENAMHI en el año 2018) y 10°C (Según la E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones las temperaturas menores a 10°C son desfavorables para el desarrollo de la resistencia del concreto). Aleatoriamente al azar se extrajo 28 temperaturas, puesto que en la región de puno las temperaturas durante las heladas varían según a la ubicación de cada provincia. En la Tabla 3.14, se muestra las temperaturas asignadas aleatoriamente al azar por día.

Las heladas en el Perú por lo general se registran a mayores altitudes y en la estación de invierno. Es necesario mencionar que en gran parte de la costa y la selva no se registran heladas, es decir que el año completo se encuentra libre de heladas. Por el contrario, en localidades de la sierra donde la temperatura del aire desciende a 0°C o a una temperatura crítica; habrá lugares que en el lapso de un periodo de tiempo registren o no heladas determinando diferentes periodos de heladas (CENEPRED, 2017).

Tabla 3.14.

*Asignación de temperaturas aleatoriamente al azar para los 28 días*

<b>N° de Día</b>	<b>T. Min</b>	<b>N° de Día</b>	<b>T. Min</b>
<b>01</b>	-2.00	<b>15</b>	-5.80
<b>02</b>	1.20	<b>16</b>	-13.40
<b>03</b>	-2.60	<b>17</b>	-9.20
<b>04</b>	4.00	<b>18</b>	-5.60
<b>05</b>	-10.70	<b>19</b>	-20.20
<b>06</b>	7.50	<b>20</b>	-3.80
<b>07</b>	-6.40	<b>21</b>	-4.40
<b>08</b>	-6.30	<b>22</b>	-9.00
<b>09</b>	4.00	<b>23</b>	-12.00
<b>10</b>	-12.00	<b>24</b>	-0.80
<b>11</b>	-8.80	<b>25</b>	2.00
<b>12</b>	-4.00	<b>26</b>	-15.00
<b>13</b>	5.00	<b>27</b>	-1.00
<b>14</b>	-7.60	<b>28</b>	-5.40



*Figura 3.22.* Colocado de las probetas con protecciones a la congeladora.



*Figura 3.23.* Probetas con protecciones colocadas en las congeladoras.

El ciclo de congelamiento realizado en la congeladora fue controlado con un termohigrómetro digital y las lecturas se tomaron en el interior de la congeladora y se registró las temperaturas alcanzadas. Por otra parte también se registró las temperaturas dentro de las protecciones evaluadas como son el polietileno, polietileno con aserrín y polietileno con estiércol de ovino para realizar un análisis comparativo.



*Figura 3.24.* Termohigrómetro para registrar las temperaturas

En la siguiente Tabla 3.15 y Figura 3.25, se puede verificar las temperaturas registradas durante los 28 días dentro de la congeladora y así mismo las temperaturas dentro de las protecciones aplicadas, con el objeto de verificar el grado de protección de los materiales frente al frío.

Registro de Temperaturas en la congeladora y dentro de las Protecciones

Tabla 3.15.

*Registro de temperaturas en la congeladora y dentro de las protecciones.*

<b>Registro de Temperaturas en la congeladora y dentro de las Protecciones</b>				
<b>Día</b>	<b>Congeladora</b>	<b>Polietileno</b>	<b>P+ Aserrín</b>	<b>P+ Guano de Ovino</b>
1	-2.00	-2.00	2.10	3.80
2	1.20	1.20	3.40	6.10
3	-2.60	-2.60	1.50	3.60
4	4.00	4.00	5.20	8.70
5	-10.70	-10.70	-5.10	-1.90
6	7.50	7.50	9.80	11.20
7	-6.40	-6.40	-3.10	-1.30
8	-6.30	-6.30	-2.90	-1.00
9	4.00	4.00	5.00	8.00
10	-12.00	-12.00	-6.20	-2.30
11	-8.80	-8.80	-3.40	-1.20
12	-4.00	-4.00	-2.30	1.20
13	5.00	5.00	6.30	9.10
14	-7.60	-7.60	-3.20	-1.60
15	-5.80	-5.80	-2.40	1.10
16	-13.40	-13.40	-6.30	-2.50
17	-9.20	-9.20	-4.80	-1.80
18	-5.60	-5.60	-2.60	1.10
19	-20.20	-20.20	-10.30	-5.40
20	-3.80	-3.80	-2.20	1.40
21	-4.40	-4.40	-2.60	1.10
22	-9.00	-9.00	-4.70	-1.70
23	-12.00	-12.00	-6.40	-2.30
24	-0.80	0.10	1.30	2.50
25	2.00	2.00	4.50	6.70
26	-15.00	-15.00	-7.80	-3.60
27	-1.00	1.00	1.50	3.40
28	-5.40	-5.40	-2.70	1.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>-5.08</b>	<b>-4.98</b>	<b>-1.37</b>	<b>1.55</b>

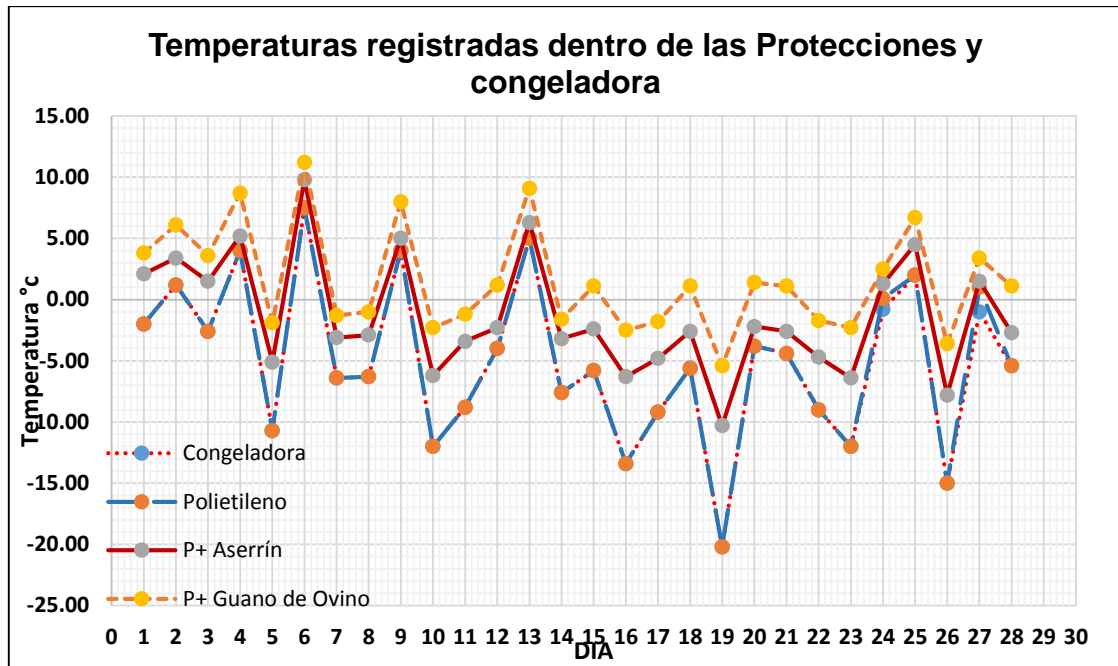


Figura 3.25. Registro de temperaturas dentro de las protecciones y la congeladora.



Figura 3.26. Efecto superficial de las bajas temperatura en los especímenes

En la Figura 3.26, se muestra el efecto superficial del congelamiento en los especímenes de concreto, cada uno de los grupos protegidos con diferentes materiales mostraron diferentes comportamientos cuando se sometieron a una temperatura de  $-20.2^{\circ}\text{C}$ , en el grupo protegido con polietileno (P), se puede apreciar el espécimen parcialmente de color blanco que son índices de agua congelada, en el grupo protegido con polietileno más aserrín (P+A), el espécimen presenta una mínima proporción de agua congelada, en el grupo protegido con polietileno más estiércol de ovino (P+E), la existencia de agua congelada en su superficie es casi nula, por otro lado las probetas de concreto sin proteger se encuentran con una totalidad de sus caras con agua congelada.

En la Tabla 3.16, se muestra las temperaturas máximas y mínimas, los valores de temperatura se registraron por día durante el proceso de curado, con el objetivo de verificar la temperatura a la cual están sometidos los especímenes de concreto curados a la intemperie.

Tabla 3.16.

*Temperaturas máximas y mínimas registradas durante la ejecución en Juliaca.*

Día	T. Min	T. Max	Día	T. Min	T. Max
01	5.3	17.5	15	4.1	19.7
02	5.1	15.2	16	5.3	17.6
03	5.6	16.4	17	5.3	16.1
04	5.8	17.2	18	6.7	17.4
05	4.9	19.1	19	5.5	20.1
06	5.9	17.3	20	5.5	20.3
07	5.2	18.6	21	4.4	20.2
08	4.5	16.1	22	4.4	20.3
09	5.9	16.5	23	3.2	17.2
10	4.8	17.4	24	3.2	18.2
11	5.1	15.2	25	4.8	17.7
12	4.4	16.4	26	5.8	16.8
13	3.4	17.6	27	6.4	17.1
14	3.4	16.1	28	5.4	15.2

Nota, fuente: registros de SENAMHI. (2019).

Los valores mostrados en la Figura 3.22, se obtuvieron según los registros de las estaciones del SENAMHI en la ciudad de Juliaca.

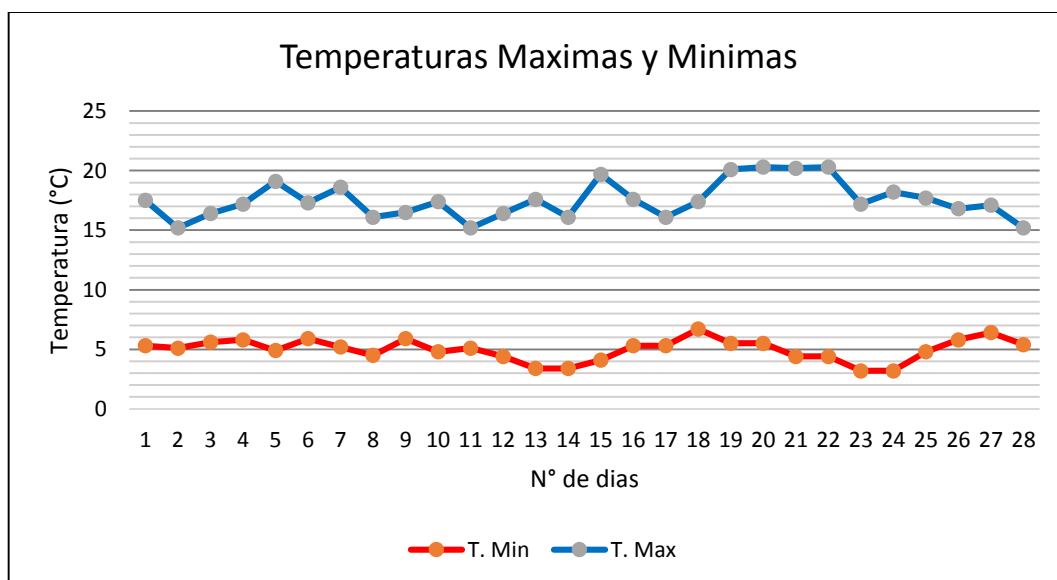


Figura 3.27. Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el periodo de estudio

### 3.13. Ensayo al concreto endurecido.

Se realizó el ensayo de compresión de concreto conforme a la norma NTP 339.034-2018 Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Para obtener los resultados de la resistencia a la compresión las probetas fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días.

Los ensayos a compresión de los especímenes de concreto fueron realizados en el laboratorio Materiales y Tecnología de Concreto de E.P de Ingeniera Civil de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca y se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

- La noche anterior al día del ensayo, las probetas fueron retiradas de las pozas de curado y secado al aire libre y no fueron sometidos a congelamiento, para posteriormente someterlo al ensayo de compresión.
- El diámetro del espécimen de concreto se midió con vernier y será usado el promedio de tres diámetros medidos en ángulo recto, este promedio de diámetro será usado para poder calcular el área de la sección de los especímenes de concreto.
- La superficie superior e inferior de las probetas de concreto, deberá estar sin porosidades, para dicho fin se utilizó almohadillas de neopreno de 4" (10.2 cm).
- Colocar los especímenes de concreto en la plataforma de la máquina de ensayo y aplicar la carga sobre la muestra.



*Figura 3.28.* Colocado de los especímenes de concreto a la máquina compresora.



Figura 3.29. Registro del ensayo a compresión del concreto.

El resultado de estos ensayos nos permitirá analizar en qué medida aumenta o disminuye la resistencia a compresión de los especímenes de concreto aplicando las diferentes técnicas de curado y protección.

### 3.13.1. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión primer grupo (P)

El Primer grupo (P) protección con polietileno (plástico) concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego y se elaboró un total de 30 probetas. En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3.17.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con Polietileno a los 7 Días*

N°	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.11	10.15	3.684	5022.2	80.91	62.07	5	
2	20.32	10.52	3.995	4827.5	86.88	55.56	5	
3	20.50	10.48	4.023	5277.1	86.29	61.15	5	
4	20.12	10.16	3.731	5681.1	81.14	70.01	2	
5	20.52	10.61	4.178	5527.2	88.41	62.52	5	
6	19.76	10.06	3.641	5027.2	79.53	63.21	2	62.99
7	19.98	10.18	3.692	4699.4	81.47	57.68	5	
8	20.13	10.28	3.74	5527.7	82.96	66.63	3	
9	20.08	10.15	3.676	4914.4	80.95	60.71	2	
10	20.49	10.24	3.848	5791.5	82.32	70.35	5	

Tabla 3.18.

Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno a los 14 Días

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.02	10.162	3.659	9317.5	81.11	114.88	2	113.68
2	20.53	10.623	4.015	9464.8	88.63	106.79	5	
3	19.98	10.168	3.644	9952.3	81.20	122.56	5	
4	20.52	10.581	3.996	9444.9	87.93	107.42	2	
5	20.43	10.243	3.775	8431.1	82.41	102.31	3	
6	20.53	10.591	4.106	10082.2	88.10	114.44	2	
7	19.60	10.113	3.575	9399.9	80.32	117.02	5	
8	20.53	10.140	3.661	9947.6	80.76	123.18	3	
9	20.48	10.528	4.046	9977.6	87.05	114.62	2	
10	20.50	10.507	4.073	9846.1	86.71	113.55	5	

Tabla 3.19.

Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno a los 28 Días

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.11	10.15	4.55	10843.4	80.91	134.01	2	127.98
2	20.32	10.52	3.741	10628.5	86.88	122.33	5	
3	20.50	10.48	4.148	10595.2	86.29	122.78	3	
4	20.12	10.16	3.777	10665.4	81.14	131.44	3	
5	20.52	10.61	4.163	10193	88.41	115.29	5	
6	19.76	10.06	4.039	10424	79.53	131.07	3	
7	19.98	10.18	4.108	11036.2	81.47	135.47	5	
8	20.13	10.28	3.764	10712.7	82.96	129.14	3	
9	20.08	10.15	3.248	10822.3	80.95	133.69	2	
10	20.49	10.24	3.987	10258.3	82.32	124.61	3	

### 3.13.2. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión segundo grupo (P+A)

El Segundo grupo (P+A) protección con polietileno (plástico) más Aserrín, concreto expuesto a congelamiento y deshielo, se aplicó la técnica de curado de riego y se elaboró un total de 30 probetas. En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayados a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3.20.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 7 Días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.38	10.31	3.868	7967.70	83.47	95.45	3	93.33
2	20.43	10.59	4.026	8143.70	88.13	92.41	5	
3	19.88	10.21	3.656	8014.10	81.81	97.96	3	
4	21.32	10.58	4.227	7486.50	87.87	85.20	2	
5	20.15	10.24	3.76	8216.10	82.35	99.76	3	
6	20.52	10.66	4.079	7180.90	89.24	80.46	3	
7	19.92	10.16	3.662	8294.10	81.08	102.29	5	
8	19.87	10.24	3.711	8015.50	82.42	97.25	2	
9	20.42	10.17	3.785	7642.70	81.22	94.10	3	
10	20.50	10.56	4.012	7735.70	87.52	88.39	5	

Tabla 3.21.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 14 Días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.07	10.13	3.695	12156	80.60	150.82	5	144.89
2	20.43	10.57	3.973	12251.5	87.73	139.66	3	
3	20.15	10.19	3.665	11970.2	81.54	146.80	3	
4	20.22	10.14	3.637	12088.9	80.79	149.63	4	
5	20.50	10.65	4.041	11444.4	89.12	128.41	3	
6	20.17	10.16	3.682	11795.8	81.05	145.54	3	
7	20.23	10.37	3.715	12539.5	84.49	148.41	3	
8	20.35	10.49	3.981	12238	86.47	141.53	3	
9	20.03	9.96	3.527	11447.4	77.98	146.81	2	
10	20.07	10.13	3.574	12182	80.52	151.29	5	

Tabla 3.22.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más aserrín a los 28 Días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.47	10.42	4.036	12835.9	85.19	150.67	2	160.44
2	19.78	10.11	3.593	13943.4	80.31	173.62	5	
3	19.80	10.25	3.633	12977.8	82.49	157.33	4	
4	20.47	10.19	3.849	13271.5	81.63	162.59	3	
5	20.50	10.55	4.061	13281.3	87.35	152.05	3	
6	20.33	10.28	3.764	13331.8	82.94	160.74	3	
7	20.23	10.18	3.671	12911.6	81.46	158.50	5	
8	19.97	10.16	3.684	13429	81.03	165.74	3	
9	20.23	10.15	3.782	12820.4	80.89	158.50	4	
10	19.97	10.17	3.734	13383.9	81.26	164.71	3	

### 3.13.3. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión tercer grupo (P+EO)

El Tercer grupo (PG) protección con polietileno (plástico) más estiércol de ovino, concreto expuesto a congelamiento y deshielo, se aplicó la técnica de curado de riego y se elaboró un total de 30 probetas. En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3.23.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 7 Días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.95	10.11	3.584	10515.8	80.24	131.05	5	121.97
2	20.02	10.15	2.647	10662	80.90	131.80	5	
3	20.59	10.58	4.054	9859.4	87.85	112.23	5	
4	19.97	10.03	3.5	10248.9	78.94	129.83	2	
5	20.45	10.53	4.028	10241.9	87.07	117.63	5	
6	19.87	10.20	3.626	9466.5	81.71	115.86	2	
7	20.30	10.23	3.708	10238.1	82.27	124.45	5	
8	20.07	10.17	3.683	9551.8	81.24	117.57	3	
9	19.93	10.13	3.592	9669.4	80.52	120.09	2	
10	20.55	10.48	4.03	10288.1	86.33	119.18	5	

Tabla 3.24.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 14 Días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.00	10.220	3.654	13564.5	82.03	165.36	3	162.78
2	20.10	10.215	3.574	13515.7	81.95	164.92	3	
3	19.85	10.139	3.558	12920.5	80.73	160.04	3	
4	19.70	10.199	3.571	12953.7	81.69	158.57	2	
5	20.50	10.394	3.998	13604.2	84.85	160.33	3	
6	19.95	10.163	3.62	13818.6	81.13	170.33	3	
7	20.60	10.697	4.052	13244.3	89.86	147.38	5	
8	20.40	10.288	3.72	13893.3	83.13	167.12	3	
9	20.50	10.316	3.858	13763.5	83.59	164.66	3	
10	20.10	10.201	3.619	13821.9	81.72	169.13	5	

Tabla 3.25.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con polietileno más estiércol de ovino a los 28 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.07	10.11	3.711	14269.4	80.30	190.16	2	185.32
2	19.78	10.26	3.707	14341.1	82.75	185.39	3	
3	20.40	11.05	4.347	14952.8	95.97	166.23	3	
4	19.67	10.24	3.683	14428.8	82.43	187.17	3	
5	20.47	10.39	4.102	14580.9	84.73	183.90	3	
6	20.27	10.13	3.705	14096.6	80.54	187.44	4	
7	20.03	10.18	3.691	14440.3	81.41	189.66	3	
8	20.08	10.25	3.733	14507.8	82.46	188.06	4	
9	19.97	10.21	3.738	14259.2	81.92	186.27	3	
10	19.97	10.14	3.682	14460.9	80.80	188.88	5	

### 3.13.4. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión cuarto grupo (SP)

El Cuarto grupo (SP) Sin protección, concreto expuesto a congelamiento y deshielo se aplicó la técnica de curado de riego y se elaboró un total de 30 probetas. En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayados a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3.26.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 7 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.433	10.184	3.841	5153.5	81.45	63.27	3	53.12
2	20.467	10.356	4.09	4304.3	84.23	51.10	3	
3	20.067	10.359	3.719	4091.2	84.29	48.54	3	
4	20.650	10.624	4.118	4494.3	88.65	50.70	3	
5	19.683	10.117	3.591	4583.8	80.39	57.02	3	
6	19.917	10.149	3.696	4355.1	80.89	53.84	5	
7	20.117	10.545	4.062	4481.5	87.33	51.31	4	
8	19.800	10.166	3.637	4573.9	81.16	56.35	5	
9	20.267	10.129	3.727	4013.4	80.58	49.81	5	
10	20.617	10.635	4.135	4378.7	88.83	49.29	3	

Tabla 3.27.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 14 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.867	10.170	3.706	8331.9	81.23	102.57	4	98.22
2	20.333	10.396	3.788	8470.3	84.88	99.79	3	
3	19.850	10.141	3.637	8548.5	80.76	105.84	3	
4	20.367	10.240	4.062	8779.3	82.35	106.61	3	
5	20.017	10.192	3.687	8507.8	81.59	104.27	3	
6	20.000	10.232	3.679	7311.2	82.23	88.91	2	
7	20.400	10.590	4.062	7987.6	88.08	90.68	5	
8	19.983	10.230	3.706	7990.8	82.19	97.22	4	
9	19.783	10.120	3.58	7443.6	80.43	92.55	2	
10	20.350	10.617	4.012	8300.6	88.54	93.75	5	

Tabla 3.28.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto sin protección a los 28 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.93	10.38	3.704	9982.4	84.59	118.01	3	120.85
2	20.15	10.19	3.727	9922.5	81.60	121.60	5	
3	20.37	10.16	3.828	9790.9	81.03	120.84	4	
4	20.13	10.08	3.693	9898.3	79.86	123.94	5	
5	20.57	10.62	4.141	9714.8	88.63	109.61	5	
6	20.37	10.30	3.906	10275.1	83.34	123.29	5	
7	19.97	10.26	3.728	9884	82.62	119.63	3	
8	20.53	10.56	4.09	10593.2	87.59	120.94	3	
9	19.98	10.10	3.69	10794.5	80.18	134.63	2	
10	19.73	10.22	3.66	9512	81.98	116.03	5	

### 3.13.5. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión quinto grupo (IR)

El quinto grupo (I) Intemperie concreto no sometido a congelamiento y deshielo, curado por la técnica de riego y se elaboró un total de 30 probetas, En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 3.29.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 7 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.20	10.160	3.745	12647.7	81.07	156.01	3	160.64
2	20.10	10.162	3.743	12905.1	81.10	159.13	3	
3	20.00	10.175	3.729	13583.1	81.31	167.05	3	
4	20.70	10.561	4.052	13558.4	87.60	154.77	3	
5	20.00	10.239	3.679	12994.8	82.34	157.81	3	
6	20.20	10.256	3.719	13898.8	82.62	168.23	3	
7	19.90	10.129	3.64	13334	80.58	165.47	5	
8	19.95	10.152	3.678	12250.4	80.95	151.33	3	
9	20.20	10.234	3.741	12903	82.26	156.86	2	
10	20.40	10.591	4.054	14954	88.09	169.75	5	

Tabla 3.30.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 14 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.20	10.160	3.745	12647.7	81.07	156.01	3	160.64
2	20.10	10.162	3.743	12905.1	81.10	159.13	3	
3	20.00	10.175	3.729	13583.1	81.31	167.05	3	
4	20.70	10.561	4.052	13558.4	87.60	154.77	3	
5	20.00	10.239	3.679	12994.8	82.34	157.81	3	
6	20.20	10.256	3.719	13898.8	82.62	168.23	3	
7	19.90	10.129	3.64	13334	80.58	165.47	5	
8	19.95	10.152	3.678	12250.4	80.95	151.33	3	
9	20.20	10.234	3.741	12903	82.26	156.86	2	
10	20.40	10.591	4.054	14954	88.09	169.75	5	

Tabla 3.31.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 28 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.15	10.07	3.735	13751.80	79.61	172.75	3	165.78
2	20.50	10.60	4.07	14973.00	88.29	169.59	3	
3	21.25	10.63	4.289	14217.80	88.80	160.10	3	
4	20.15	10.24	3.772	13572.90	82.33	164.86	4	
5	19.90	10.11	3.696	13604.20	80.34	169.33	5	
6	19.90	10.07	3.575	13823.00	79.57	173.71	5	
7	20.50	10.35	3.953	13970.40	84.06	166.20	5	
8	20.60	10.70	4.146	14766.30	89.88	164.29	3	
9	20.65	10.58	4.091	14548.30	87.99	165.34	3	
10	20.50	10.61	4.177	13395.60	88.36	151.61	3	

### 3.13.6. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión sexto grupo (IS)

El sexto grupo (IS) Intemperie sumergido, conocido también como concreto patrón no sometido a congelamiento y deshielo, se aplicó la técnica de curada sumergido. En las siguientes tablas se muestra los resultados de la resistencia a compresión de los especímenes de concreto ensayadas a los 7,14 y 28 días.

Tabla 3.32.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 7 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	20.00	10.228	3.672	11226.7	82.17	136.63	3	
2	20.20	10.164	3.74	12137.3	81.13	149.60	3	
3	20.04	10.108	3.724	11009	80.25	137.19	5	
4	20.57	10.306	3.944	12368.7	83.42	148.27	4	
5	20.35	10.221	3.774	11317.9	82.05	137.94	2	
6	20.08	10.190	3.726	11367.7	81.55	139.40	2	142.91
7	20.03	10.200	3.638	11780	81.71	144.16	3	
8	20.53	10.616	4.074	12976.8	88.52	146.60	4	
9	20.60	10.580	4.105	12897.2	87.91	146.71	3	
10	20.20	10.208	3.725	11672.5	81.85	142.61	3	

Tabla 3.33.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 14 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.98	10.182	3.687	15415	81.42	189.32	2	
2	19.97	10.180	3.646	15144.7	81.39	186.08	3	
3	20.03	10.171	3.714	14385.1	81.25	177.04	3	
4	21.50	10.588	4.279	15915.9	88.05	180.75	5	
5	20.62	10.633	4.082	15945.4	88.80	179.56	3	
6	19.90	10.195	3.679	15152	81.63	185.62	2	181.67
7	20.48	10.538	4.07	15123.4	87.22	173.40	3	
8	20.53	10.539	4.067	15978.2	87.23	183.18	3	
9	20.37	10.352	3.863	14975.2	84.17	177.92	2	
10	19.75	10.181	3.651	14966	81.41	183.83	5	

Tabla 3.34.

*Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 28 días.*

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	Carga Máxima (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.95	10.23	3.806	16942.2	82.20	206.10	2	
2	19.93	10.18	3.669	16133.2	81.41	198.18	5	
3	20.20	10.31	3.742	16674	83.50	199.70	5	
4	20.17	10.15	3.658	16092.6	80.97	198.76	3	
5	19.93	10.13	3.652	16390.9	80.65	203.24	2	
6	20.02	10.11	3.648	17120.8	80.24	213.37	4	202.30
7	20.28	10.61	4.076	17695.8	88.35	200.29	3	
8	20.40	10.52	4.077	17150.6	86.96	197.23	3	
9	20.23	10.19	3.774	16393.5	81.61	200.87	3	
10	19.90	10.11	3.66	16464.9	80.21	205.28	5	

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Generalidades

En este capítulo de la investigación se comparan y se analizan los resultados obtenidos acerca del comportamiento del concreto expuesto a climas con presencia de congelamiento y deshielo a través de los diferentes ensayos realizados, buscando sus interacciones y variaciones, que expresados en cuadros y gráficos nos proporcionaran datos suficientes para formular las conclusiones y recomendaciones.

En la Tabla 4.1, se muestran los promedios de resultados obtenidos del ensayo a compresión de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo, y por otro lado los concretos expuestos a la intemperie a las edades 7, 14 y 28 días.

En el Figura 4.1, se muestra los resultados de la resistencia a compresión en porcentajes de los 6 grupos a la edad de 7,14 y 28 días, teniendo en base a la resistencia de diseño que es 210 kg/cm<sup>2</sup> que representaría un 100%.

En las Figuras 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, se pueden ver las diferentes comparaciones que se realizaron con los diferentes grupos con el fin de poder analizar los comportamientos que tuvieron las diferentes técnicas de curados.

#### 4.1.1. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los 6 grupos

Tabla 4.1.

*Resultados del promedio de la resistencia a compresión del concreto de los 6 grupos a los 7,14 y 28 Días.*

Grupo	Tipo de Curado	Concreto Expuesto a	Protección	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )		
				7 Días	14 Días	28 Días
1(P)	Riego		Polietileno	62.99	113.68	127.98
2(P+A)	Riego	Congelamiento y Deshielo	Polietileno con Aserrín	93.33	144.89	160.44
3(P+EO)	Riego		Polietileno con Estiércol de ovino	121.97	162.78	185.32
4(SP)	Riego		Sin Protección	53.12	98.22	120.85
5(IR)	Riego	Intemperie	--	120.58	160.64	165.78
6(IS)	Sumergido			142.91	181.67	202.30

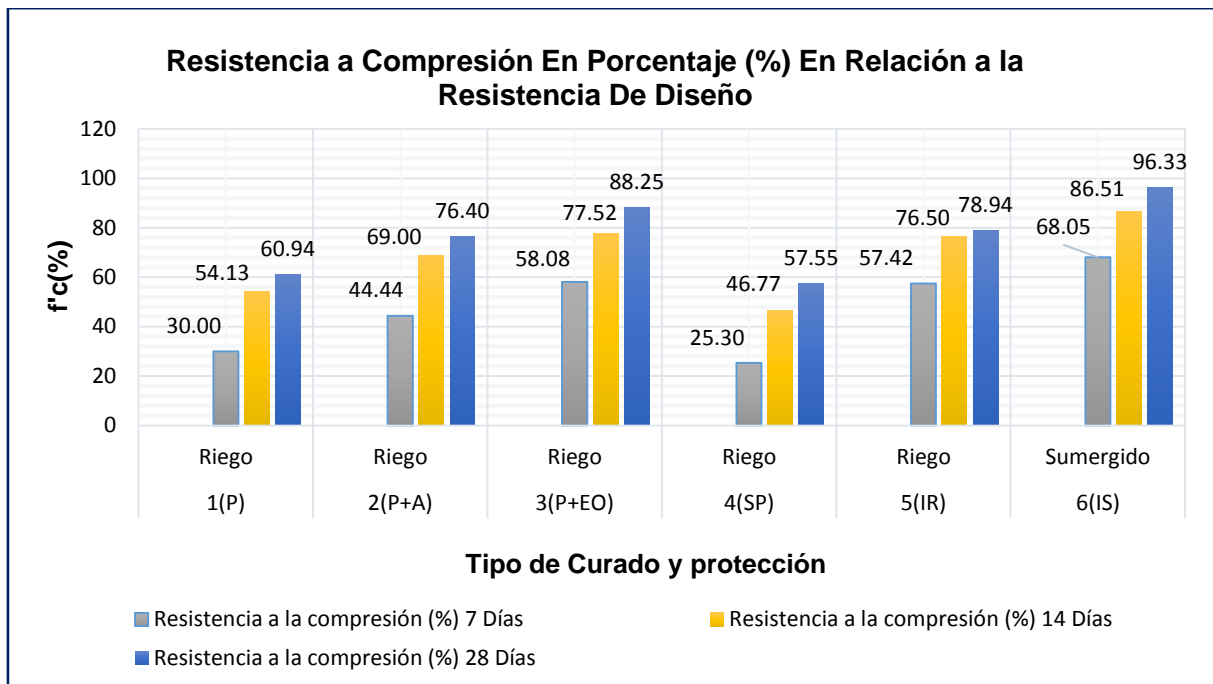


Figura 4.1. Resumen de la resistencia a compresión en porcentaje(%) a los 7,14,28

Según la Tabla 4.1 y Figura 4.1, Se puede describir y analizar la resistencia de compresión que alcanzó los 6 grupos a los 7,14 y 28 días a continuación:

El Primer Grupo (P) Se puede ver que la resistencia que alcanzó los concretos protegidos con Polietileno sometidos a congelamiento, deshielo y curados por riego a los 7 días fue de 62.99kg/cm<sup>2</sup> que representa un 30% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 113.68.86kg/cm<sup>2</sup> que representa un 54.13% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 127.98kg/cm<sup>2</sup> que representa un 60.94%.

El Segundo Grupo (P+A) Se puede apreciar el promedio de la resistencia que alcanzo los concretos protegidos con polietileno y aserrín sometidos a congelamiento, deshielo y curados por riego a los 7 días fue de 93.33kg/cm<sup>2</sup> que representa un 44% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 144.89kg/cm<sup>2</sup> que representa un 69% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 160.44kg/cm<sup>2</sup> que representa un 76.40%.

El Tercer Grupo (P+E) Se puede apreciar el promedio de la resistencia que alcanzo los concretos protegidos con polietileno más estiércol de ovino sometidos a congelamiento, deshielo y curados por riego a los 7 días fue de 121.97kg/cm<sup>2</sup> que representa un 58.08% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 162.78kg/cm<sup>2</sup> que representa un 77.52% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 185.32kg/cm<sup>2</sup> que representa un 88.25%.

El Cuarto Grupo (SP) Se puede apreciar el promedio de la resistencia que alcanzo los concretos protegidos sin protección sometidos a congelamiento, deshielo y curados por riego a los 7 días fue de 53.12kg/cm<sup>2</sup> que representa un 25.30% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 98.22kg/cm<sup>2</sup> que representa un 46.77% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 120.85kg/cm<sup>2</sup> que representa un 57.55%.

El Quinto Grupo (IR) Se puede ver que la resistencia que alcanzo los concretos curados con riego a la intemperie no sometidos a congelamiento, a los 7 días fue de 120.58kg/cm<sup>2</sup> que representa un 57.42% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 160.64kg/cm<sup>2</sup> que representa un 76.50% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 165.78kg/cm<sup>2</sup> que representa un 78.94%.

El Sexto Grupo (IS) la resistencia que alcanzo el grupo de concretos curados en posas de curado totalmente sumergido no sometidos a congelamiento y deshielo, a los 7 días fue de 142,92kg/cm<sup>2</sup> que representa un 68.05% de su resistencia a la compresión, por otro lado a los 14 días fue de 181.67kg/cm<sup>2</sup> que representa un 86.05% y finalmente a los 28 días alcanzo una resistencia de 202.30kg/cm<sup>2</sup> que representa un 96.33%.

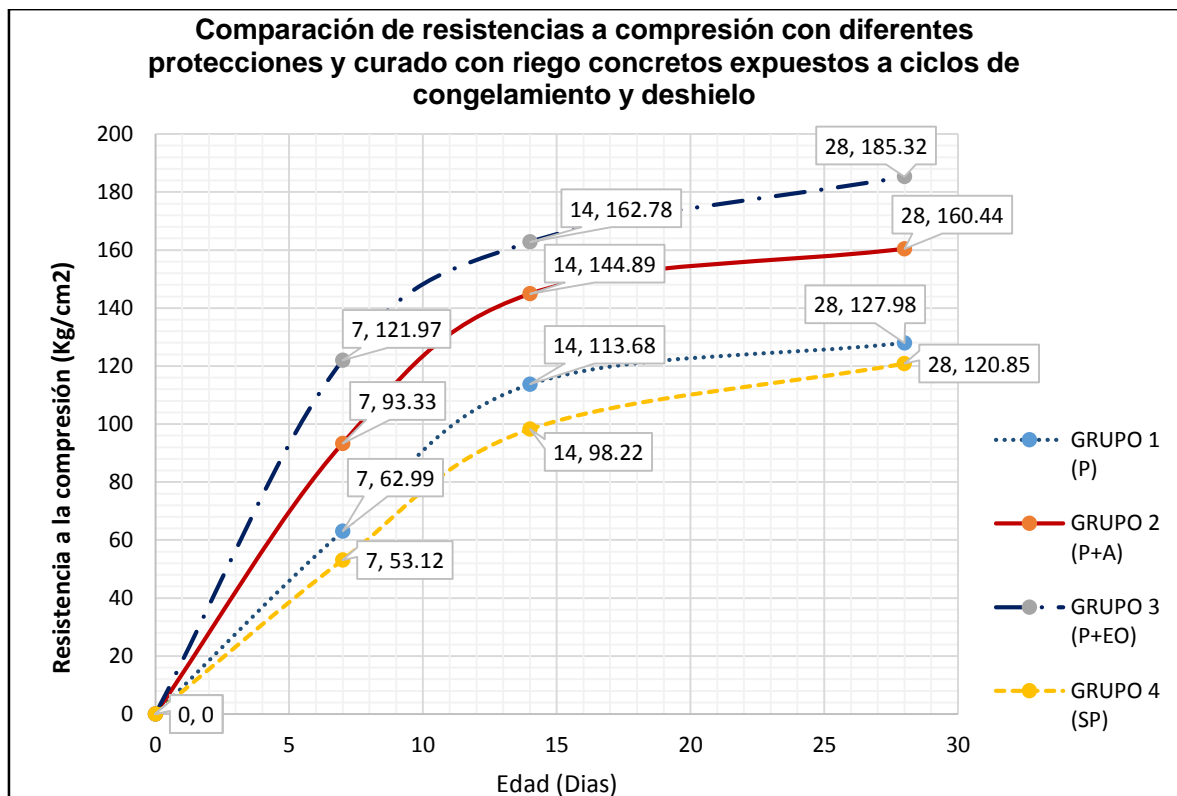


Figura 4.2. Comparación de  $f'_c$  obtenida con diferentes protecciones con un curado por riego para los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

En la Figura 4.2, se muestra también los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a la edad de los 7, 14, 28 días de los especímenes, aplicando las diferentes técnicas de curado y protección durante los ciclos de congelamiento y deshielo. De las curvas de desarrollo mostradas en el Figura 4.2, el método de curado y protección más eficiente fue del grupo 3 (P+EO - Protección con polietileno más estiércol de ovino) llegando a desarrollar una resistencia promedio de 185.32 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días; por otro lado, se tiene el grupo 2 (P+A- Protección con polietileno más aserrín), con una resistencia promedio de 160.44 kg/cm<sup>2</sup>; seguido del grupo 1 (P-Polietileno), con una resistencia promedio de 127.94 kg/cm<sup>2</sup> y por último se tiene el grupo 4 [(SP)- Sin protección], con una resistencia promedio de 120.85 kg/cm<sup>2</sup>.

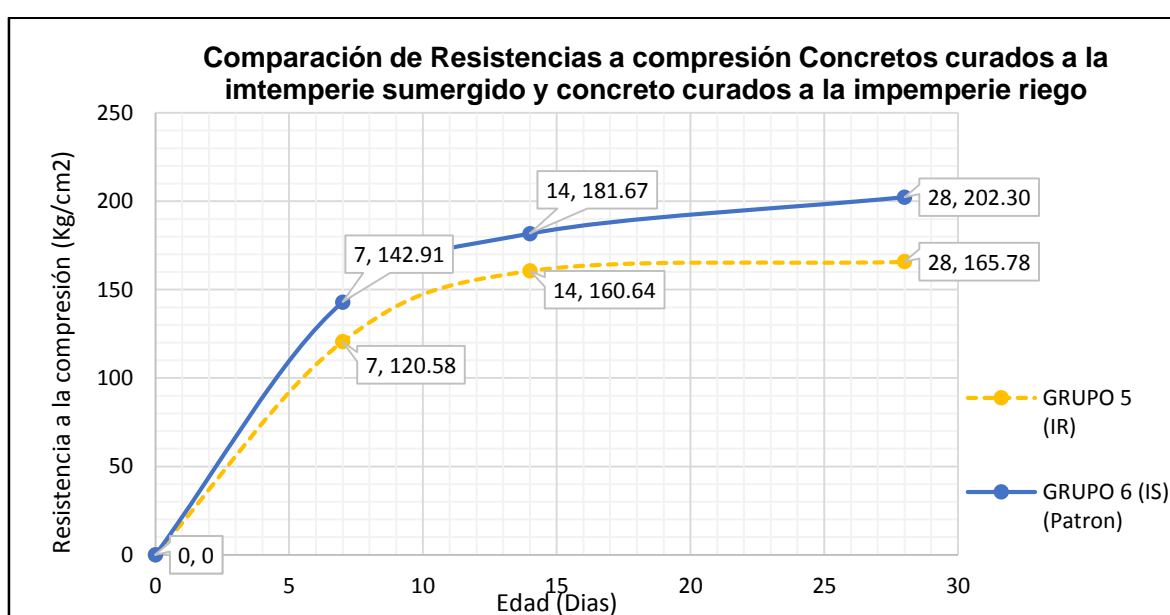
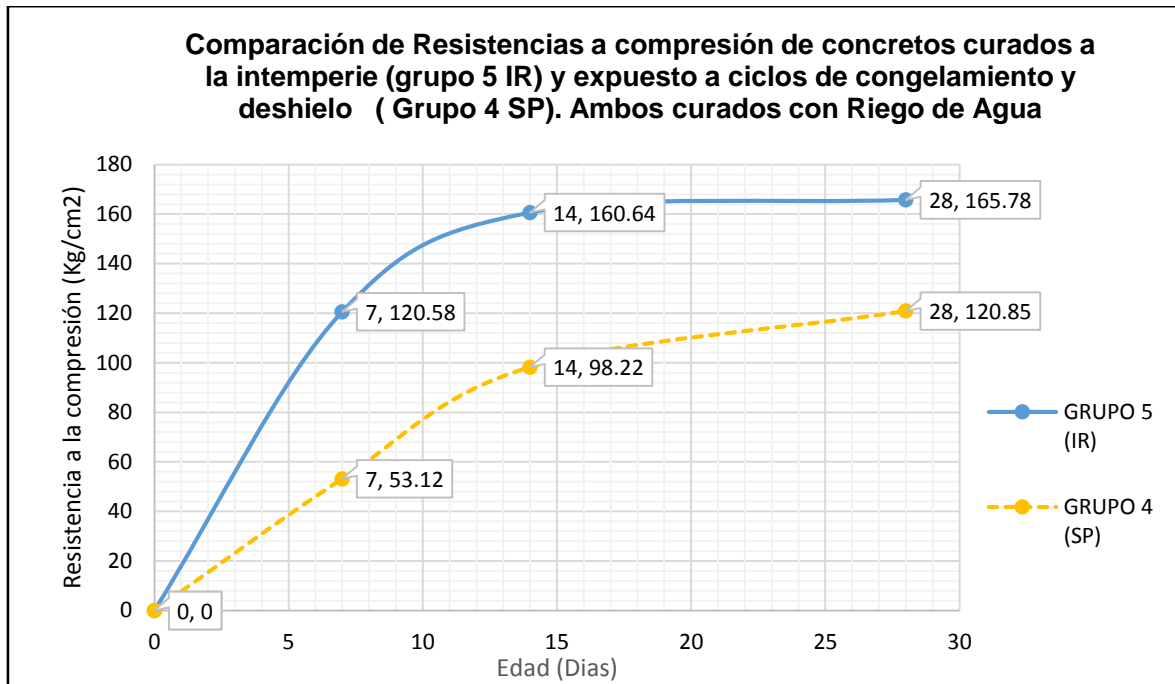


Figura 4.3. Se muestra las comparaciones entre los concretos curados completamente sumergidos con agua y concretos curados a la intemperie con riego.

En la Figura 4.3, se también se muestra los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a la edad de los 7, 14, 28 días de los especímenes, aplicando los diferentes métodos de curados (Sumergido y riego) con agua expuestos a la intemperie. De las curvas de desarrollo mostradas en la Figura 4.3, el método de curado más eficiente fue del grupo 5 (IS-concreto patrón) llegando a desarrollar una resistencia promedio de 202.30 kg/cm<sup>2</sup> y seguido de grupo 6 (IR) con una resistencia promedio de 165.78 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, deduciendo finalmente que el método de curado más eficiente es el sumergido, y que el curado que se da en la obra que comúnmente es del tipo de riego es inferior; la diferencia obtenida entre el curado por sumergido y curado por riego es de 18.05%.



*Figura 4.4.* Se muestra los concretos curados con riego en concretos sometidos a la intemperie y expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo sin protección.

En la Figura 4.4, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a la edad de los 7, 14 y 28 días de los especímenes, curados a la intemperie (grupo 5-IR) y expuestos a los ciclos de congelamiento y deshielo (grupo 4-SP); ambos grupos curados por el método riego. Los especímenes curados a la intemperie desarrollaron una resistencia promedio de 165.78 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de los 28 días, debido a que la temperatura ambiente en la cual fue sometido se encontraba por encima de los 5°C hasta los 20°C; por otro lado se tiene el (grupo 4-SP), especímenes de concreto sometidos a los ciclos de congelamiento y deshielo, este grupo fue sometido a temperaturas severas de hasta los -20.20°C, a consecuencia de ello la resistencia promedio que desarrolló fue 120.85 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo finalmente como influye significativamente los ciclos de congelamiento y deshielo en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto.

En la Figura 4.5, se muestra un resumen general de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a la edad de los 28 días de todos los grupos estudiados de concretos sometidos a congelamiento y deshielo como también concretos curados totalmente sumergidos en agua (Concreto patrón), donde se puede apreciar que el método propuesto de curado y protección con polietileno más estiércol de ovino, polietileno más aserrín, son los que más se aproximan al concreto patrón. Por otro lado el que más se aleja y desarrolla una resistencia baja es el grupo 4 sin protección sometido a congelamiento y

deshielo. Concluyendo finalmente cuán importante es proteger a los concretos sometidos a congelamiento y deshielo ya que de esto dependerá el desarrollo significativamente del concreto.

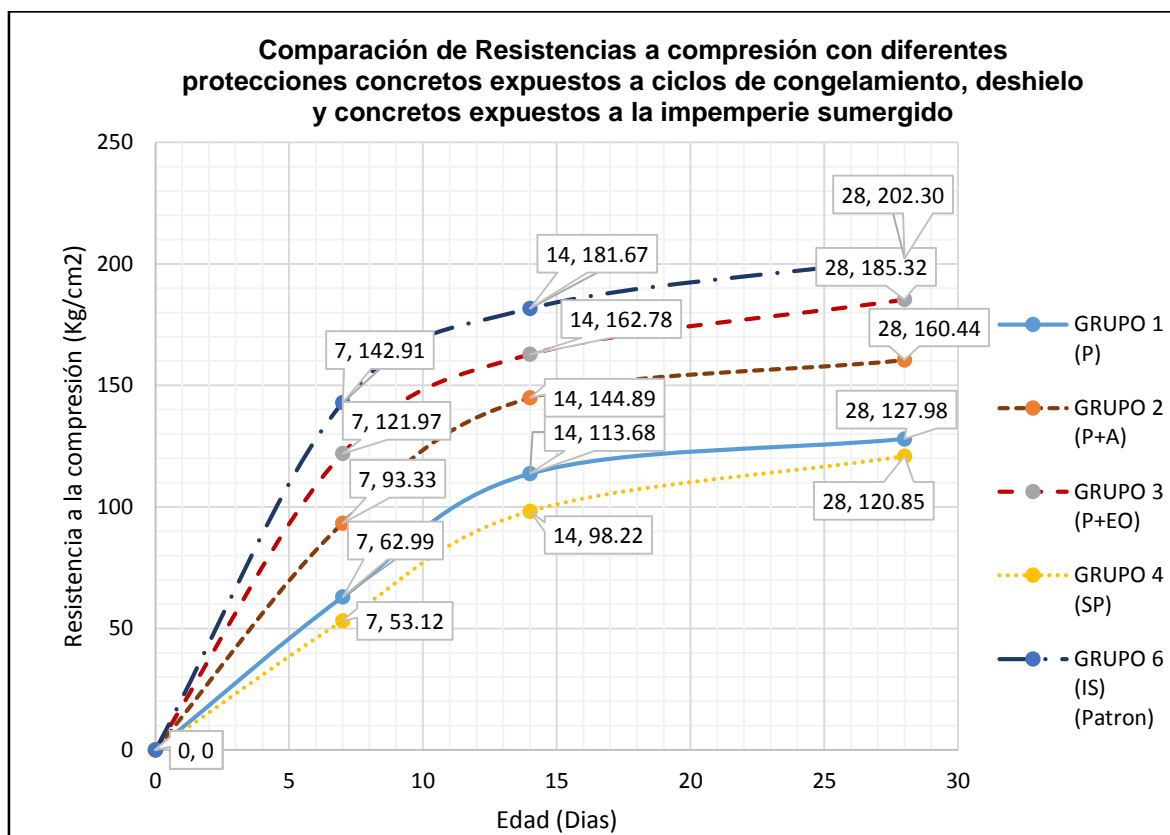


Figura 4.5. Se muestra los concretos curados con riego, protegidos con diferentes materiales y concretos curados sumergidos a la intemperie.

## 4.2. Contrastación de la hipótesis

### 4.2.1. Prueba de hipótesis para determinar la variación de la resistencia a compresión según a las técnicas de curado propuestas sometidos a congelamiento y deshielo.

#### Paso 01. Hipótesis nula e hipótesis alternativa

Se va a probar que las diferentes técnicas de curado y protección propuestas (CP) influirán positivamente en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto frente a un concreto convencional sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

$H_0$ : Las diferentes técnicas de curado y protección propuestas (CP) no influirán positivamente en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto frente a un concreto convencional sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

$H_1$ : Las diferentes técnicas de curado y protección propuestas (CP) influirán positivamente en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto frente a un concreto convencional sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

La hipótesis Nula:  $H_0 = \mu_{\bar{X}_{cp}} \leq \mu_{\bar{X}_{sp}}$

La hipótesis Alternativa:  $H_1 = \mu_{\bar{X}_{cp}} > \mu_{\bar{X}_{sp}}$

Donde:

$\mu_{\bar{X}_{cp}}$ : Representa a las técnicas de curado y protección (CP) de los concretos sometidos a congelamiento y deshielo.

$\mu_{\bar{X}_{cc}}$ : Representa a un concreto convencional sin protección (SP) sometidos a congelamiento y deshielo.

### **Paso 02: Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se establece es de un 0.05 (5%), para la prueba de hipótesis de diferencia de medias poblacionales.

### **Paso 03: Calculo del estadístico de Prueba**

Para la presente investigación se utiliza la t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que se cuenta con variables independientes cuantitativas y el número de muestras es menor a 30.

#### **Prueba de Distribución t de Student**

Para probar  $H_0$  se toma una muestra aleatoria e independiente de cada población, de tamaño  $n_{CP}$  de la población  $X_{CP}$ , y de tamaño  $n_{SP}$  de la población  $X_{SP}$  el cual está dado por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_{CP} - \bar{X}_{SP}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_{CP}} + \frac{1}{n_{SP}}}}$$

$$; S_p = \sqrt{\frac{(n_{CP} - 1)S_{CP}^2 + (n_{CC} - 1)S_{SP}^2}{n_{CP} + n_{SP} - 2}}$$

Donde:

$\bar{X}_{CP}$ : Media de las resistencias a compresión de los concretos curados y protegidos durante el ciclo de congelamiento y deshielo, con diferentes materiales como el polietileno, polietileno con aserrín y el polietileno con estiércol de ovino.

$\bar{X}_{SP}$ : Media de las resistencias a compresión del concreto curado y sin protección alguna durante el ciclo de congelamiento y deshielo.

A continuación, se reemplaza los valores obtenidos de la resistencia a compresión de los concretos curados y protegidos con diferentes materiales frente a un concreto convencional sin protección, ambos grupos curados con el método de riego, para la edad a los 7,14 y 28 días. Resolviendo se tiene:

Tabla 4.2.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7 días.*

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
1	62.07	95.45	131.05	63.27
2	55.56	92.41	131.80	51.10
3	61.15	97.96	112.23	48.54
4	70.01	85.20	129.83	50.70
5	62.52	99.76	117.63	57.02
6	63.21	80.46	115.86	53.84
7	57.68	102.29	124.45	51.31
8	66.63	97.25	117.57	56.35
9	60.71	94.10	120.09	49.81
10	70.35	88.39	119.18	49.29
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	62.99	93.33	121.97	53.12
<b>S<sup>2</sup></b>	23.31	46.72	47.65	21.00
<b>X1-X2</b>	9.87	40.20	68.85	
<b>Sp</b>	4.71	5.82	5.86	
<b>Tp</b>	4.69	15.45	26.27	

Tabla 4.3.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 14 días.*

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
1	114.88	150.82	165.36	102.57
2	106.79	139.66	164.92	99.79
3	122.56	146.80	160.04	105.84
4	107.42	149.63	158.57	106.61
5	102.31	128.41	160.33	104.27
6	114.44	145.54	170.33	88.91
7	117.02	148.41	147.38	90.68
8	123.18	141.53	167.12	97.22
9	114.62	146.81	164.66	92.55
10	113.55	151.29	169.13	93.75
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	113.68	144.89	162.78	98.22
<b>S<sup>2</sup></b>	44.35	47.65	44.37	42.57
<b>X1-X2</b>	15.46	46.67	64.56	
<b>Sp</b>	6.59	6.72	6.59	
<b>Tp</b>	5.24	15.54	21.90	

Tabla 4.4.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 28 días.*

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
1	134.01	150.67	190.16	118.01
2	122.33	173.62	185.39	121.60
3	122.78	157.33	166.23	120.84
4	131.44	162.59	187.17	123.94
5	115.29	152.05	183.90	109.61
6	131.07	160.74	187.44	123.29
7	135.47	158.50	189.66	119.63
8	129.14	165.74	188.06	120.94
9	133.69	158.50	186.27	134.63
10	124.61	164.71	188.88	116.03
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	127.98	160.44	185.32	120.85
<b>S<sup>2</sup></b>	42.12	45.33	48.64	40.55
<b>X1-X2</b>	7.13	39.59	64.46	
<b>Sp</b>	6.43	6.55	6.68	
<b>Tp</b>	2.48	13.51	21.59	

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

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_p > t_{\alpha, n_{cp} + n_{sp} - 2} \text{ es decir: } t_{\text{obtenido}} > t_{T\text{-crítico}}$$

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 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{n_{cp}+n_{sp}-2} = t_{0.05, 10+10-2} = t_{0.05, 18} = 1.7341$$

A continuación se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.7341, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.7341 no se rechaza la nula.

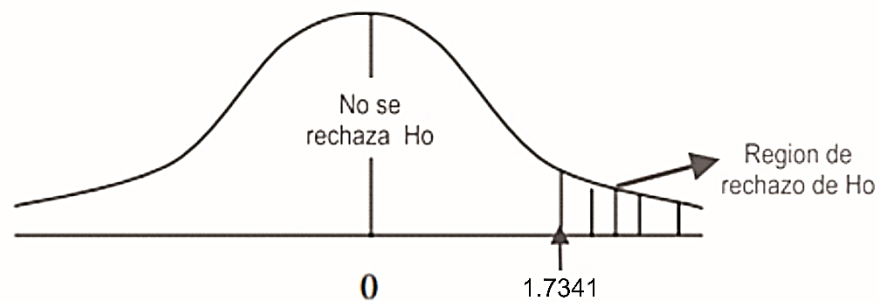


Figura 4.6. Gráfica del estadístico t para  $\alpha=0.05$  y 18 grados de libertad.

#### Paso 05: Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ), se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para la edad del concreto a los 7,14 y 28 días.

Tabla 4.5.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 7 días.

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	4.69	15.45	26.27	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18	18	18	
$t_{\text{tabla}}$	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.6.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 14 días

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	5.24	15.54	21.90	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
$t_{\text{tabla=}}$	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.7.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 28 días

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	2.48	13.51	21.59	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
$t_{\text{tabla=}}$	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se rechaza <math>H_0</math></b>	

En las Tablas del 4.5 al 4.7 anteriores se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “se Rechaza  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p > t_{\text{tabla}}$ ).

Por lo tanto se rechaza la hipótesis Nula, y aceptamos la hipótesis alternativa  $H_1$  que afirma que las diferentes técnicas de curado y protección propuestas (CP) influirán positivamente en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto frente a un concreto convencional sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

#### **4.2.2. Prueba de hipótesis para determinar eficiencia de la resistencia a compresión aplicando un curado y protección con polietileno más estiércol de ovino (P+EO) durante el ciclo de congelamiento y deshielo.**

##### **Paso 01. Hipótesis nula e hipótesis alternativa**

Se va a probar que la técnica de curado y protección propuesta (P+EO) influirán positivamente en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto frente a un concreto convencional sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

$H_0$ : La técnica de curado y protección, aplicando el polietileno más estiércol de ovino (P+EO) no desarrolla mejor la resistencia a compresión del concreto, frente a un concreto convencional curado y sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

$H_1$ : La técnica de curado y protección aplicando el polietileno más estiércol de ovino (P+EO) desarrolla mejor la resistencia a compresión del concreto, frente a un concreto convencional curado y sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

La hipótesis Nula:  $H_0 = \mu_{\bar{X}_{(P+EO)}} \leq \mu_{\bar{X}_{SP}}$

La hipótesis Alternativa:  $H_1 = \mu_{\bar{X}_{(P+EO)}} > \mu_{\bar{X}_{SP}}$

Donde:

$\mu_{\bar{X}_{(P+EO)}}$ : Representa a la técnica de curado y protección aplicando polietileno más estiércol de ovino (P+EO) en concretos sometidos a congelamiento y deshielo.

$\mu_{\bar{X}_{SP}}$ : Representa a un concreto convencional con curado y sin protección (SP) sometidos a congelamiento y deshielo.

## **Paso 02: Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se establece es de un 0.05 (5%), para la prueba de hipótesis de diferencia de medias poblacionales.

## **Paso 03: Calculo del estadístico de Prueba**

Para la presente investigación se utiliza la t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que se cuenta con variables independientes cuantitativas y el número de muestras es menor a 30.

### **Prueba de Distribución t de Student**

Para probar  $H_0$  se toma una muestra aleatoria e independiente de cada población, de tamaño  $n_{(P+EO)}$  de la población  $X_{(P+EO)}$ , y de tamaño  $n_{SP}$  de la población  $X_{SP}$  el cual está dado por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_{(P+EO)} - \bar{X}_{SP}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_{(P+EO)}} + \frac{1}{n_{SP}}}} ; \quad S_p = \sqrt{\frac{(n_{(P+EO)} - 1)S_{(P+EO)}^2 + (n_{SP} - 1)S_{SP}^2}{n_{(P+EO)} + n_{SP} - 2}}$$

Donde:

$\bar{X}_{(P+EO)}$ : Representa a la Media de las resistencias a compresión del concreto aplicando la técnica de curado y protección con polietileno más estiércol de ovino (P+EO) en concretos sometidos a congelamiento y deshielo.

$\bar{X}_{SP}$ : Representa la Media de las resistencias a compresión del concreto convencional curado y sin protección alguna durante el ciclo de congelamiento y deshielo.

A continuación se reemplaza los valores obtenidos de la resistencia a compresión de los concretos curados y protegidos con polietileno más estiércol de ovino (P+EO), frente a un concreto convencional sin protección (SP), ambos grupos curados con el método de riego, para la edad de los 7,14 y 28 días. Resolviendo se tiene:

Tabla 4.8.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7,14 y 28 días.*

N° de Ensayo	7 DÍAS		14 DÍAS		28 DÍAS	
	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)
1	131.05	63.27	165.36	102.57	190.16	118.01
2	131.80	51.10	164.92	99.79	185.39	121.60
3	112.23	48.54	160.04	105.84	166.23	120.84
4	129.83	50.70	158.57	106.61	187.17	123.94
5	117.63	57.02	160.33	104.27	183.90	109.61
6	115.86	53.84	170.33	88.91	187.44	123.29
7	124.45	51.31	147.38	90.68	189.66	119.63
8	117.57	56.35	167.12	97.22	188.06	120.94
9	120.09	49.81	164.66	92.55	186.27	134.63
10	119.18	49.29	169.13	93.75	188.88	116.03
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	121.97	53.12	162.78	98.22	185.32	120.85
<b>S<sup>2</sup></b>	47.65	21.00	44.37	42.57	48.64	40.55
<b>X1-X2</b>	68.85		64.56		64.46	
<b>Sp</b>	5.86		6.59		6.68	
<b>Tp</b>	26.27		21.90		21.59	

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

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_p > t_{\alpha, n_{(P+EO)} + n_{SP} - 2} \text{ es decir: } t_{\text{obtenido}} > t_{T\text{-critico}}$$

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 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{n_{(P+EO)} + n_{SP} - 2} = t_{0.05, 10+10-2} = t_{0.05, 18} = 1.7341$$

#### Paso 05: Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza Ho, o se rechaza Ho y se acepta H1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para la edad del concreto a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 4.9.

*Decisión de la hipótesis Ho con el tp para el concreto a los 7, 14 y 28 días*

Descripción	7 DÍAS		14 DÍAS		28 DÍAS	
	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)
Tp	26.27		21.90		21.59	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n1+n2-2	18		18		18.00	
t <sub>tabla</sub> =	1.73		1.73		1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se Rechaza Ho</b>		<b>Se Rechaza Ho</b>		<b>Se Rechaza Ho</b>	

En la Tabla 4.9, anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “se Rechaza Ho” de la curva de t student ( $t_p > t_{\text{tabla}}$ ).

Por lo tanto se rechaza la hipótesis Nula, y aceptamos la hipótesis alternativa H1 que afirma que la técnica de curado y protección aplicando el polietileno más estiércol de ovino (P+EO) desarrolla mejor la resistencia a compresión del concreto, frente a un concreto convencional curado y sin protección (SP) expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

#### 4.2.3. Prueba de hipótesis para determinar la eficiencia de las técnicas curado y protección aplicadas, para desarrollar mejor la resistencia a compresión en concretos sometidos a congelamiento y deshielo durante su proceso de endurecimiento.

##### Paso 01. Hipótesis nula e hipótesis alternativa

Se va a probar que aplicar las técnicas de curado propuestas, permitirá aproximarse a la resistencia de diseño (100%) durante los ciclos de congelamiento y deshielo.

$H_0$ : Aplicar las técnicas de curado y protección propuestas, no permitirá aproximarse a la resistencia de diseño (100%) durante los ciclos de congelamiento y deshielo.

$H_1$ : Aplicar las técnicas de curado y protección propuestas, permitirá aproximarse a la resistencia de diseño (100%) durante los ciclos de congelamiento y deshielo.

La hipótesis Nula:  $H_0 = \mu_{\bar{X}_{(CP)}} \leq \mu_{\bar{X}_{RD}}$

La hipótesis Alternativa:  $H_1 = \mu_{\bar{X}_{(CP)}} > \mu_{\bar{X}_{RD}}$

Donde:

$\mu_{\bar{X}_{CP}}$ : Representa a las técnicas de curado y protección (CP) de los concretos sometidos a congelamiento y deshielo.

$\mu_{\bar{X}_{RD}}$ : Representa a un concreto de diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## Paso 02: Nivel de significancia

El nivel de significancia que se establece es de un 0.05 (5%), para la prueba de hipótesis de diferencia de medias poblacionales.

## Paso 03: Calculo del estadístico de Prueba

Para la presente investigación se utiliza la t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que se cuenta con variables independientes cuantitativas y el número de muestras es menor a 30.

### Prueba de Distribución t de Student

Para probar  $H_0$  se toma una muestra aleatoria e independiente de cada población, de tamaño  $n_{(CP)}$  de la población  $X_{(CP)}$ , y de tamaño  $n_{RD}$  de la población  $X_{RD}$  el cual está dado por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_{(CP)} - \bar{X}_{RD}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_{(CP)}} + \frac{1}{n_{RD}}}} ; S_p = \sqrt{\frac{(n_{(CP)} - 1)S_{(CP)}^2 + (n_{RD} - 1)S_{RD}^2}{n_{(CP)} + n_{RD} - 2}}$$

Donde:

$\bar{X}_{CP}$ : Media de las resistencias a compresión de los concretos curados y protegidos durante el ciclo de congelamiento y deshielo, con diferentes materiales como el polietileno, polietileno con aserrín y el polietileno con estiércol de ovino.

$\bar{X}_{RD}$ : Media de las resistencias a compresión del concreto de diseño.

A continuación, se reemplaza los valores obtenidos de la resistencia a compresión de los concretos curados y protegidos con diferentes materiales frente a un concreto de diseño ( $f'c$ ).

Resolviendo se tiene:

Tabla 4.10.

Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7 días.

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	DISEÑO
1.00	62.07	95.45	131.05	136.50
2.00	55.56	92.41	131.80	136.50
3.00	61.15	97.96	112.23	136.50
4.00	70.01	85.20	129.83	136.50
5.00	62.52	99.76	117.63	136.50
6.00	63.21	80.46	115.86	136.50
7.00	57.68	102.29	124.45	136.50
8.00	66.63	97.25	117.57	136.50
9.00	60.71	94.10	120.09	136.50
10.00	70.35	88.39	119.18	136.50
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	62.99	93.33	121.97	136.50
<b>S<sup>2</sup></b>	23.31	46.72	47.65	0.00
<b>X1-X2</b>	73.51	43.17	14.53	
<b>Sp</b>	3.41	4.83	4.88	
<b>Tp</b>	48.15	19.97	6.66	

Tabla 4.11.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 14 días.*

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	DISEÑO
1.00	114.88	150.82	165.36	189.00
2.00	106.79	139.66	164.92	189.00
3.00	122.56	146.80	160.04	189.00
4.00	107.42	149.63	158.57	189.00
5.00	102.31	128.41	160.33	189.00
6.00	114.44	145.54	170.33	189.00
7.00	117.02	148.41	147.38	189.00
8.00	123.18	141.53	167.12	189.00
9.00	114.62	146.81	164.66	189.00
10.00	113.55	151.29	169.13	189.00
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	113.68	144.89	162.78	189.00
<b>S<sup>2</sup></b>	44.35	47.65	44.37	0.00
<b>X1-X2</b>	75.32	44.11	26.22	
<b>Sp</b>	4.71	4.88	4.71	
<b>Tp</b>	35.77	20.21	12.44	

Tabla 4.12.

*Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 28 días.*

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	DISEÑO
1.00	134.01	150.67	190.16	210.00
2.00	122.33	173.62	185.39	210.00
3.00	122.78	157.33	166.23	210.00
4.00	131.44	162.59	187.17	210.00
5.00	115.29	152.05	183.90	210.00
6.00	131.07	160.74	187.44	210.00
7.00	135.47	158.50	189.66	210.00
8.00	129.14	165.74	188.06	210.00
9.00	133.69	158.50	186.27	210.00
10.00	124.61	164.71	188.88	210.00
<b>Ni</b>	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Xi</b>	127.98	160.44	185.32	210.00
<b>S<sup>2</sup></b>	42.12	45.33	48.64	0.00
<b>X1-X2</b>	82.02	49.56	24.68	
<b>Sp</b>	4.59	4.76	4.93	
<b>Tp</b>	39.96	23.28	11.19	

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

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_p > t_{\alpha, n_{cp} + n_{RD} - 2} \text{ es decir: } t_{\text{obtenido}} > t_{T\text{-crítico}}$$

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 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{n_{cp} + n_{RD} - 2} = t_{0.05, 10 + 10 - 2} = t_{0.05, 18} = 1.7341$$

A continuación se muestra en la siguiente figura, donde si el  $t_p$  es superior a 1.7341, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el  $t_p$  es inferior a 1.7341 no se rechaza la nula.

#### Paso 05: Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para la edad del concreto a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 4.13.

*Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 7 días*

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	48.147096	19.973527	6.65674572	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18	18	18	
$T_{\text{tabla}}$	1.73	1.73	1.73	
Decisión	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.14.

*Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 14 días*

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	35.77	20.21	12.44	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
$T_{\text{tabla}}$	1.73	1.73	1.73	
Decisión	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.15.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 28 días

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	39.96	23.28	11.19	
$\alpha$	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
$t_{\text{tabla}}$	1.73	1.73	1.73	
Decisión	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

En las Tablas del 4.13 al 4.15, anteriores se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “se Rechaza  $H_0$ ” de la curva de t student ( $t_p > t_{\text{tabla}}$ ).

Por lo tanto se rechaza la hipótesis Nula, y aceptamos la hipótesis alternativa  $H_1$  que afirma que aplicar las técnicas de curado propuestas, permitirá aproximarse a la resistencia de diseño (100%) durante los ciclos de congelamiento y deshielo.

#### 4.2.4. Prueba de hipótesis para determinar la eficiencia en la resistencia a compresión del concreto aplicando un curado a la intemperie sumergido frente a los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.

##### Paso 01. Hipótesis nula e hipótesis alternativa

Se va a probar que la técnica de curado sometido a la intemperie sumergido desarrolla mejor su resistencia a la compresión a comparación de los concretos expuestos a los ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

$H_0$ : La técnica de curado sometido a la intemperie sumergido, no desarrolla mejor su resistencia a la compresión a comparación de los concretos expuestos a los ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

$H_1$ : La técnica de curado sometido a la intemperie sumergido desarrolla mejor su resistencia a la compresión a comparación de los concretos expuestos a los ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

La hipótesis Nula:  $H_0 = \mu_{\bar{X}_{(IS)}} \leq \mu_{\bar{X}_{cp}}$

La hipótesis Alternativa:  $H_1 = \mu_{\bar{X}_{(IS)}} > \mu_{\bar{X}_{cp}}$

Donde:

$\mu_{\bar{X}_{(IS)}}$  : Representa al concreto curado por sumergido y expuesto a la intemperie.

$\mu_{\bar{X}_{CP}}$  : Representa a los concretos con curado y protección (CP) sometidos a congelamiento y deshielo.

### **Paso 02: Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se establece es de un 0.05 (5%), para la prueba de hipótesis de diferencia de medias poblacionales.

### **Paso 03: Calculo del estadístico de Prueba**

Para la presente investigación se utiliza la t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que se cuenta con variables independientes cuantitativas y el número de muestras es menor a 30.

#### **Prueba de Distribución t de Student**

Para probar  $H_0$  se toma una muestra aleatoria e independiente de cada población, de tamaño  $n_{(IS)}$  de la población  $X_{(IS)}$ , y de tamaño  $n_{CP}$  de la población  $X_{CP}$  el cual está dado por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_{(IS)} - \bar{X}_{CP}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_{(IS)}} + \frac{1}{n_{CP}}}} \quad ; \quad S_p = \sqrt{\frac{(n_{(IS)} - 1)S_{(IS)}^2 + (n_{CP} - 1)S_{CP}^2}{n_{(IS)} + n_{CP} - 2}}$$

Donde:

$\bar{X}_{(IS)}$  : Representa a la Media de las resistencias a compresión del concreto aplicando la técnica de curado por inmersión y expuesto a la intemperie.

$\bar{X}_{CP}$  : Representa la Media de las resistencias a compresión de los concretos curados y protegidos con materiales como el polietileno, polietileno con aserrín y el polietileno con estiércol de ovino, alguna durante el ciclo de congelamiento y deshielo.

A continuación se remplace los valores obtenidos de la resistencia a compresión de los concretos curados por inmersión y expuestos a la intemperie, frente a los concretos con protección (CP) y sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo, para la edad de 7,14 y 28 días.

Tabla 4.16.

Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 7 días.

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 6 (IS)
1	62.07	95.45	131.05	136.63
2	55.56	92.41	131.80	149.60
3	61.15	97.96	112.23	137.19
4	70.01	85.20	129.83	148.27
5	62.52	99.76	117.63	137.94
6	63.21	80.46	115.86	139.40
7	57.68	102.29	124.45	144.16
8	66.63	97.25	117.57	146.60
9	60.71	94.10	120.09	146.71
10	70.35	88.39	119.18	142.61
<b>Ni</b>	10	10	10	10
<b>Xi</b>	62.99	93.33	121.97	142.91
<b>S<sup>2</sup></b>	23.31	46.72	47.65	23.59
<b>X1-X2</b>	79.92	49.59	20.94	
<b>Sp</b>	4.71	5.82	5.86	
<b>Tp</b>	37.97	19.05	7.99	

Tabla 4.17.

Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 14 días.

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 6 (IS)
1	114.88	150.82	165.36	189.32
2	106.79	139.66	164.92	186.08
3	122.56	146.80	160.04	177.04
4	107.42	149.63	158.57	180.75
5	102.31	128.41	160.33	179.56
6	114.44	145.54	170.33	185.62
7	117.02	148.41	147.38	173.40
8	123.18	141.53	167.12	183.18
9	114.62	146.81	164.66	177.92
10	113.55	151.29	169.13	183.83
<b>Ni</b>	10	10	10	10
<b>Xi</b>	113.68	144.89	162.78	181.67
<b>S<sup>2</sup></b>	44.35	47.65	44.37	23.30
<b>X1-X2</b>	67.99	36.78	18.88	
<b>Sp</b>	6.59	6.72	6.59	
<b>tp</b>	23.06	12.24	6.40	

Tabla 4.18.

Calculo del estadístico de prueba  $t_p$  para el concreto a una edad de 28 días.

N° de Ensayo	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 6 (IS)
1	134.01	150.67	190.16	206.10
2	122.33	173.62	185.39	198.18
3	122.78	157.33	166.23	199.70
4	131.44	162.59	187.17	198.76
5	115.29	152.05	183.90	203.24
6	131.07	160.74	187.44	213.37
7	135.47	158.50	189.66	200.29
8	129.14	165.74	188.06	197.23
9	133.69	158.50	186.27	200.87
10	124.61	164.71	188.88	205.28
<b>Ni</b>	10	10	10	10
<b>Xi</b>	127.98	160.44	185.32	202.30
<b>S<sup>2</sup></b>	42.12	45.33	48.64	23.87
<b>X1-X2</b>	74.32	41.86	16.98	
<b>Sp</b>	5.74	5.88	6.02	
<b>Tp</b>	28.93	15.91	6.31	

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

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_p > t_{\alpha, n_{(IS)} + n_{CP} - 2} \text{ es decir: } t_{\text{obtenido}} > t_{T\text{-crítico}}$$

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 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{n_{(IS)} + n_{CP} - 2} = t_{0.05, 10 + 10 - 2} = t_{0.05, 18} = 1.7341$$

#### Paso 05: Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza  $H_0$ , o se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para la edad del concreto a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 4.19.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 7 días

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	37.97	19.05	7.99	
A	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
Tabla	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.20.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 14 días

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	23.06	12.24	6.40	
A	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
Tabla	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

Tabla 4.21.

Decisión de la hipótesis  $H_0$  con el  $t_p$  para el concreto a los 28 días.

Descripción	GRUPOS			
	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+E0)	GRUPO 4 (SP)
$T_p$	28.93	15.91	6.31	
A	0.05	0.05	0.05	0.05
$n_1+n_2-2$	18.00	18.00	18.00	
$t_{\text{tabla}}$	1.73	1.73	1.73	
<b>Decisión</b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	<b>Se Rechaza <math>H_0</math></b>	

En las Tablas del 4.19 al 4.21, anteriores se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde "se Rechaza  $H_0$ " de la curva de t student ( $t_p > t_{\text{tabla}}$ ).

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis Nula, y aceptamos la hipótesis alternativa  $H_1$  que afirma la técnica de curado sometido a la intemperie sumergido desarrolla mejor su resistencia a la compresión a comparación de los concretos expuestos a los ciclos de congelamiento y deshielo durante el proceso de endurecimiento del concreto.

## Resumen de la decisión de la hipótesis

Tabla 4.22.

*Resumen de la decisión de la hipótesis*

<b>Hipótesis</b>	<b>Decisión</b>
Hipótesis 1	<b>Se Rechaza Ho</b>
Hipótesis 2	<b>Se Rechaza Ho</b>
Hipótesis 3	<b>Se Rechaza Ho</b>
Hipótesis 4	<b>Se Rechaza Ho</b>

### 4.3. Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión de los 6 grupos.

En las Tablas 4.23 al 4.28 se puede apreciar los valores mínimos, máximos, promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada uno de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días, analizando los valores se aprecia un coeficiente de variación máximo de 9% lo que nos da a entender de la correcta realización de los ensayos en laboratorio, ya que según Zement and Beton, 1973, en el texto “Control Estadístico de la Calidad en la Técnica del Hormigon”, establecen rangos para calificar la preparación del Concreto y para valores inferiores al 10% se considera de muy buen control.

Tabla 4.23.

*Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión primer grupo (P)*

<b>Rangos</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diám.(cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Carga Max. (KG)</b>	<b>esfuerzo (kg/cm2)</b>
<b>El Primer grupo (P) protección con polietileno (plástico) (7 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.76	10.06	3.64	4699.40	55.56
VALOR MAX	20.52	10.61	4.18	5791.50	70.35
VALOR PROM	20.20	10.28	3.82	5229.53	62.99
DESV EST	0.25	0.19	0.18	383.75	4.83
COEF. VAR	0.01	0.02	0.05	0.07	0.08
<b>El Primer grupo (P) protección con polietileno (plástico) (14 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.60	10.11	3.58	8431.10	102.31
VALOR MAX	20.53	10.62	4.11	10082.20	123.18
VALOR PROM	20.31	10.37	3.86	9586.40	113.68
DESV EST	0.33	0.22	0.21	495.23	6.66
COEF. VAR	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06
<b>El Primer grupo (P) protección con polietileno (plástico) (28 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.76	10.06	3.25	10193.00	115.29
VALOR MAX	20.52	10.61	4.55	11036.20	135.47
VALOR PROM	20.20	10.28	3.95	10617.90	127.98
DESV EST	0.25	0.19	0.35	263.93	6.49
COEF. VAR	0.01	0.02	0.09	0.02	0.05

Tabla 4.24.

*Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión segundo grupo (P+A)*

Rangos	Altura (cm)	Diám.(cm)	Peso (kg)	Carga Max. (KG)	esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>El Segundo grupo (P+A) protección con polietileno y aserrín (7 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.87	10.16	3.66	7180.90	80.46
VALOR MAX	21.32	10.66	4.23	8294.10	102.29
VALOR PROM	20.34	10.37	3.88	7869.70	93.33
DESV EST	0.43	0.20	0.20	352.40	6.84
COEF. VAR	0.02	0.02	0.05	0.04	0.07
<b>El Segundo grupo (P+A) protección con polietileno y aserrín (14DIAS)</b>					
VALOR MIN	20.03	9.96	3.53	11444.40	128.41
VALOR MAX	20.50	10.65	4.04	12539.50	151.29
VALOR PROM	20.22	10.28	3.75	12011.37	144.89
DESV EST	0.16	0.23	0.18	354.60	6.90
COEF. VAR	0.01	0.02	0.05	0.03	0.05
<b>El Segundo grupo (P+A) protección con polietileno y aserrín (28DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.76	10.06	3.25	10193.00	115.29
VALOR MAX	20.52	10.61	4.55	11036.20	135.47
VALOR PROM	20.20	10.28	3.95	10617.90	127.98
DESV EST	0.25	0.19	0.35	263.93	6.49
COEF. VAR	0.01	0.02	0.09	0.02	0.05

Tabla 4.25.

*Análisis estadístico de los resultados de compresión tercer grupo (P+EO)*

Rangos	Altura (cm)	Diám.(cm)	Peso (kg)	Carga Max. (KG)	esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>El Tercer grupo (P+EO) protección con polietileno y estiércol de ovino (7 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.87	10.03	2.65	9466.50	112.23
VALOR MAX	20.59	10.58	4.05	10662.00	131.80
VALOR PROM	20.17	10.26	3.65	10074.19	121.97
DESV EST	0.28	0.20	0.41	411.50	6.90
COEF. VAR	0.01	0.02	0.11	0.04	0.06
<b>El Tercer grupo (P+EO) protección con polietileno y estiércol de ovino (14 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.70	10.14	3.56	12920.50	147.38
VALOR MAX	20.60	10.70	4.05	13893.30	170.33
VALOR PROM	20.17	10.28	3.72	13510.02	162.78
DESV EST	0.31	0.16	0.18	356.39	6.66
COEF. VAR	0.02	0.02	0.05	0.03	0.04
<b>El Tercer grupo (P+EO) protección con polietileno y estiércol de ovino (28 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.667	10.111	3.682	14096.600	166.230
VALOR MAX	20.467	11.054	4.347	14952.800	190.158
VALOR PROM	20.070	10.297	3.810	14433.780	185.315
DESV EST	0.252	0.278	0.227	230.238	6.974
COEF. VAR	0.013	0.027	0.060	0.016	0.038

Tabla 4.26.

*Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión cuarto grupo (SP).*

Rangos	Altura (cm)	Diám.(cm)	Peso (kg)	Carga Max. (KG)	esfuerzo (kg/cm2)
<b>El Cuarto grupo (SP) sin protección (7 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.68	10.12	3.59	4013.40	48.54
VALOR MAX	20.65	10.64	4.14	5153.50	63.27
VALOR PROM	20.20	10.33	3.86	4442.97	53.12
DESV EST	0.34	0.21	0.22	313.63	4.58
COEF. VAR	0.02	0.02	0.06	0.07	0.09
<b>El Cuarto grupo (SP) sin protección (14DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.78	10.12	3.58	7311.20	88.91
VALOR MAX	20.40	10.62	4.06	8779.30	106.61
VALOR PROM	20.10	10.29	3.79	8167.16	98.22
DESV EST	0.24	0.18	0.18	482.19	6.52
COEF. VAR	0.01	0.02	0.05	0.06	0.07
<b>El Cuarto grupo (SP) sin protección (28 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.73	10.08	3.66	9512.00	109.61
VALOR MAX	20.57	10.62	4.14	10794.50	134.63
VALOR PROM	20.17	10.29	3.82	10036.77	120.85
DESV EST	0.28	0.18	0.17	399.81	6.37
COEF. VAR	0.01	0.02	0.05	0.04	0.05

Tabla 4.27.

*Análisis estadístico de los resultados de la resistencia a compresión quinto grupo (IR)*

Rangos	Altura (cm)	Diám.(cm)	Peso (kg)	Carga Max. (KG)	esfuerzo (kg/cm2)
<b>El Quinto grupo (IR) Intemperie Riego (7 DÍAS)</b>					
VALOR MIN	19.80	10.14	3.62	9257.80	110.65
VALOR MAX	20.60	10.65	4.14	10779.60	129.16
VALOR PROM	20.19	10.33	3.82	10100.72	120.58
DESV EST	0.27	0.19	0.19	465.54	5.98
COEF. VAR	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05
<b>El Quinto grupo (IR) Intemperie Riego (14DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.90	10.13	3.64	12250.40	151.33
VALOR MAX	20.70	10.59	4.05	14954.00	169.75
VALOR PROM	20.17	10.27	3.78	13302.93	160.64
DESV EST	0.24	0.17	0.15	758.37	6.43
COEF. VAR	0.01	0.02	0.04	0.06	0.04
<b>El Quinto grupo (IR) Intemperie Riego (28DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.90	10.07	3.58	13395.60	151.61
VALOR MAX	21.25	10.70	4.29	14973.00	173.71
VALOR PROM	20.41	10.40	3.95	14062.33	165.78
DESV EST	0.41	0.26	0.24	541.74	6.46
COEF. VAR	0.02	0.02	0.06	0.04	0.04

Tabla 4.28.

*Análisis estadístico de los resultados de la resistencia de compresión sexto grupo (IS)*

Rangos	Altura (cm)	Diám.(cm)	Peso (kg)	Carga Max. (KG)	esfuerzo (kg/cm2)
<b>El Sexto grupo (IS) Intemperie sumergido (7 DIAS)</b>					
VALOR MIN	20.00	10.11	3.64	11009.00	136.63
VALOR MAX	20.60	10.62	4.11	12976.80	149.60
VALOR PROM	20.26	10.28	3.81	11875.38	142.91
DESV EST	0.23	0.17	0.17	695.97	4.86
COEF. VAR	0.01	0.02	0.04	0.06	0.03
<b>El Sexto grupo (IS) Intemperie sumergido (14 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.75	10.17	3.65	14385.10	173.40
VALOR MAX	21.50	10.63	4.28	15978.20	189.32
VALOR PROM	20.31	10.36	3.87	15300.09	181.67
DESV EST	0.51	0.20	0.23	516.44	4.83
COEF. VAR	0.03	0.02	0.06	0.03	0.03
<b>El Sexto grupo (IS) Intemperie sumergido (28 DIAS)</b>					
VALOR MIN	19.90	10.11	3.65	16092.60	197.23
VALOR MAX	20.40	10.61	4.08	17695.80	213.37
VALOR PROM	20.10	10.25	3.78	16705.85	202.30
DESV EST	0.18	0.18	0.17	512.69	4.89
COEF. VAR	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02

#### 4.4. Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson es un índice cuyos valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Cuanto más cerca de 1 mayor es la correlación, y menor cuanto más cerca de cero. Según la Tabla 86, se tiene una correlación de Pearson cuyos valores son de 0.86, 0.86, 0.84 para los grupos 1, 2 y 3; lo que indica que la correlación es Buena. Y por otro lado en la misma Tabla 86 se tiene una correlación cuyos valores son 0.91, 0,94, 0,92, lo cual indica que se tiene una correlación excelente debido a su aproximación a la unidad (1).

Tabla 4.29.

*El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización*

<b>Escala de Interpretación del coeficiente lineal de Pearson</b>	
<b>Perfecta</b>	R =1
<b>Excelente</b>	R=0.9 <= R=1
<b>Buena</b>	R=0.8 <= R=0.9
<b>Regular</b>	R=0.5 <= R=0.8
<b>Mala</b>	R<0.5

Nota, fuente: El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización (Martínez et al., 2009).

Tabla 4.30.

Coeficiente de correlación de los 6 grupos a la edad de 7, 14 y 28 días.

CANTIDAD	EDAD	GRUPO 1 (P)	GRUPO 2 (P+A)	GRUPO 3 (P+EO)	GRUPO 4 (SP)	GRUPO 5 (IR)	GRUPO 6 (IS)
1	7	62.07	95.45	131.05	63.27	116.17	136.63
2	7	55.56	92.41	131.80	51.10	120.20	149.60
3	7	61.15	97.96	112.23	48.54	128.57	137.19
4	7	70.01	85.20	129.83	50.70	114.57	148.27
5	7	62.52	99.76	117.63	57.02	119.10	137.94
6	7	63.21	80.46	115.86	53.84	129.16	139.40
7	7	57.68	102.29	124.45	51.31	121.86	144.16
8	7	66.63	97.25	117.57	56.35	125.64	146.60
9	7	60.71	94.10	120.09	49.81	119.84	146.71
10	7	70.35	88.39	119.18	49.29	110.65	142.61
11	14	114.88	150.82	165.36	102.57	156.01	189.32
12	14	106.79	139.66	164.92	99.79	159.13	186.08
13	14	122.56	146.80	160.04	105.84	167.05	177.04
14	14	107.42	149.63	158.57	106.61	154.77	180.75
15	14	102.31	128.41	160.33	104.27	157.81	179.56
16	14	114.44	145.54	170.33	88.91	168.23	185.62
17	14	117.02	148.41	147.38	90.68	165.47	173.40
18	14	123.18	141.53	167.12	97.22	151.33	183.18
19	14	114.62	146.81	164.66	92.55	156.86	177.92
20	14	113.55	151.29	169.13	93.75	169.75	183.83
21	28	134.01	150.67	177.70	118.01	172.75	206.10
22	28	122.33	173.62	173.30	121.60	169.59	198.18
23	28	122.78	157.33	155.81	120.84	160.10	199.70
24	28	131.44	162.59	175.04	123.94	164.86	198.76
25	28	115.29	152.05	172.10	109.61	169.33	203.24
26	28	131.07	160.74	175.02	123.29	173.71	213.37
27	28	135.47	158.50	177.38	119.63	166.20	200.29
28	28	129.14	165.74	175.93	120.94	164.29	197.23
29	28	133.69	158.50	174.06	134.63	165.34	200.87
30	28	124.61	164.71	178.98	116.03	151.61	205.28
<b>Coef. de correlación</b>		<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.84</b>	<b>0.91</b>	<b>0.94</b>	<b>0.92</b>

En las Figuras del 4.7 al 4.12, se representan gráficamente la correlación lineal de Pearson – Spearman, para todos los grupos de estudio, donde en el eje Y se ubican los datos de resistencia a la compresión del concreto y en el eje X se ubican los datos de edad de rotura del concreto.

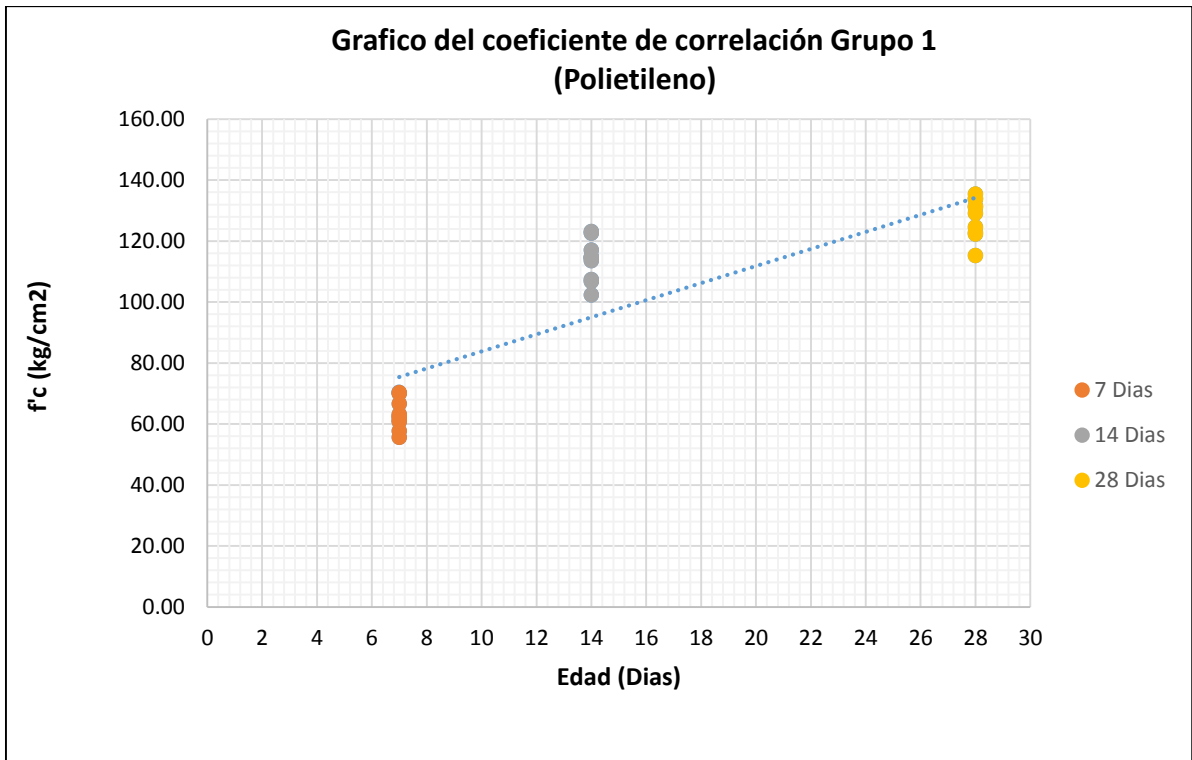


Figura 4.7. Gráfico del coeficiente de correlación grupo 1.

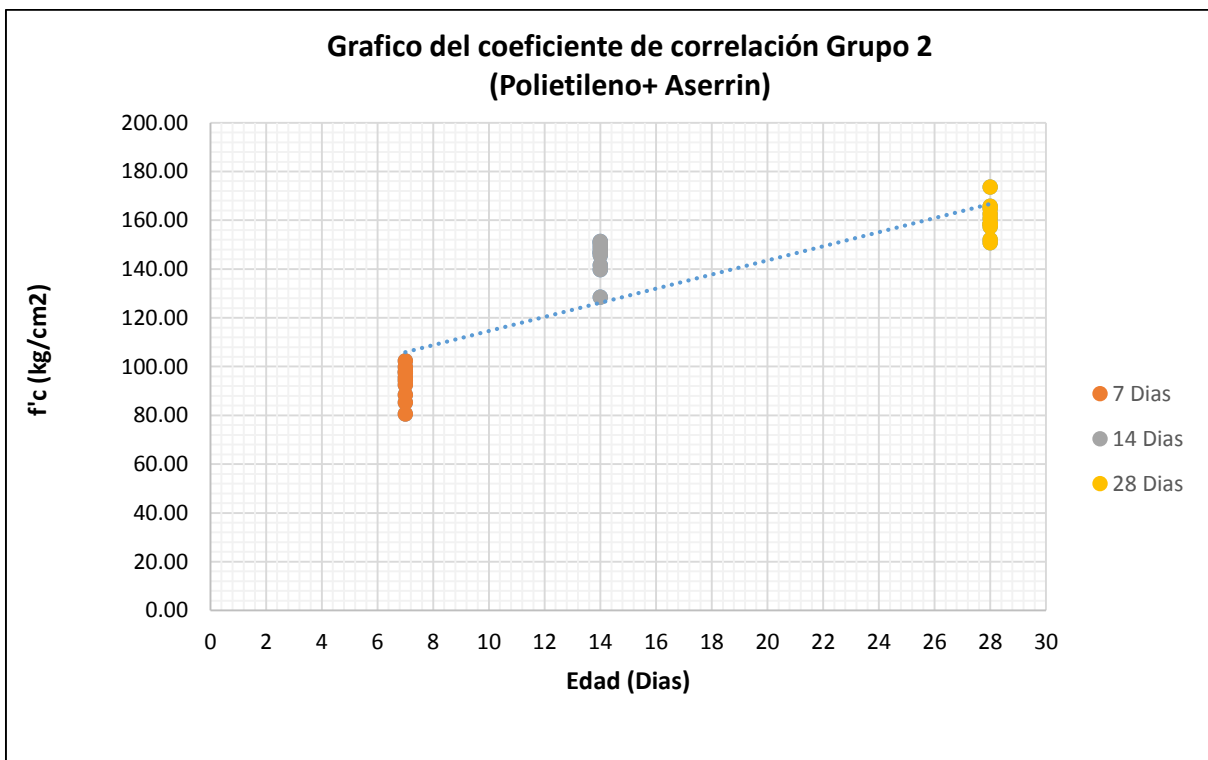


Figura 4.8. Gráfico del coeficiente de correlación grupo 2.

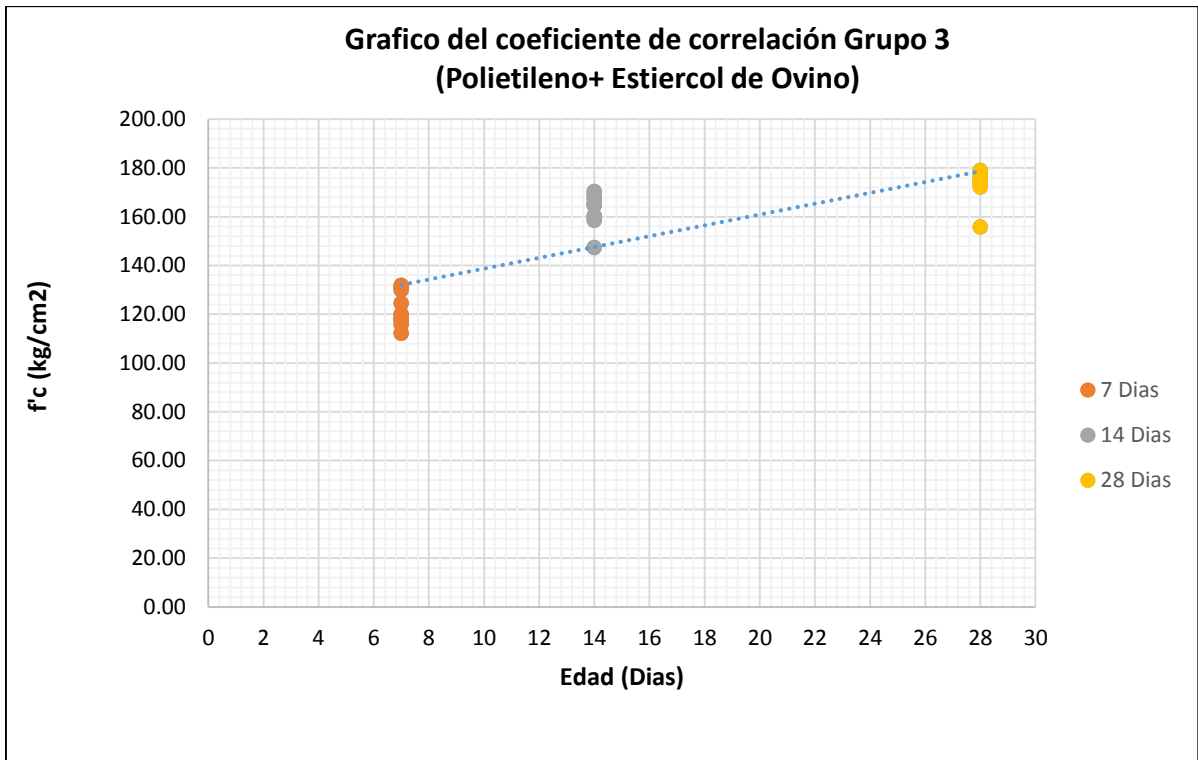


Figura 4.9. Grafico del coeficiente de correlación grupo 3.

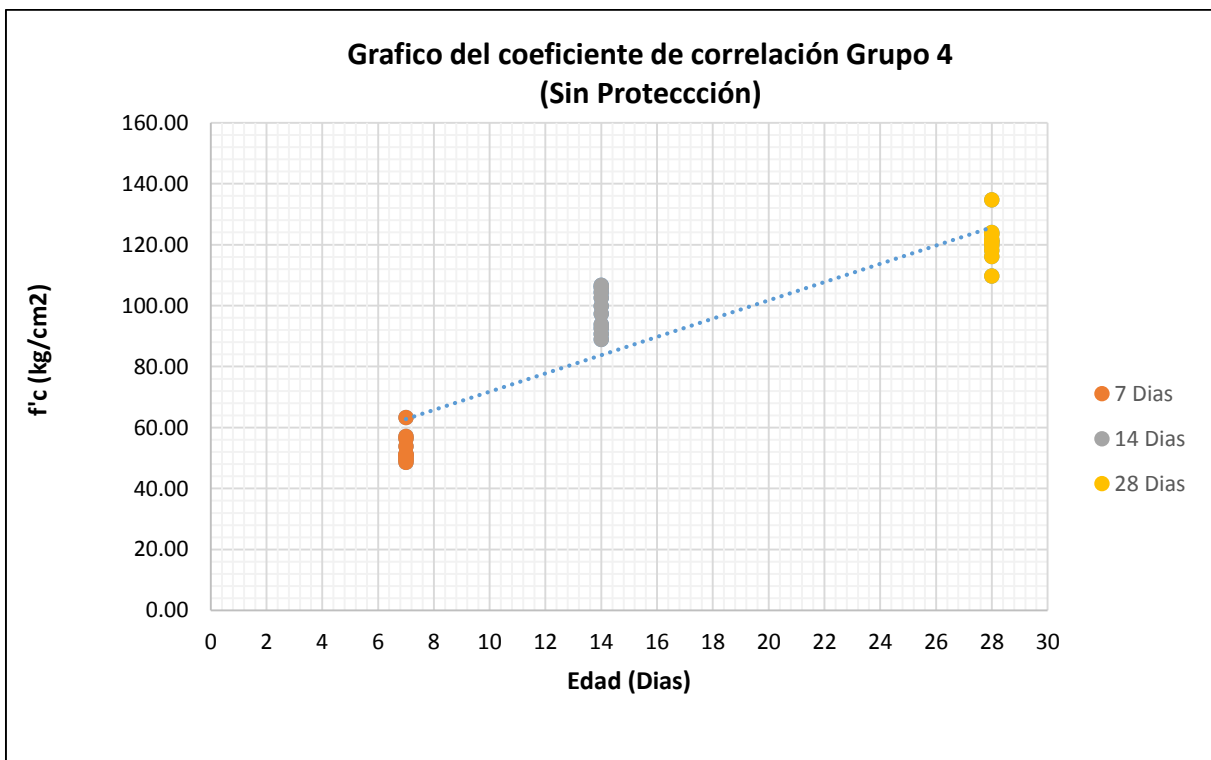


Figura 4.10. Grafico del coeficiente de correlación grupo 4.

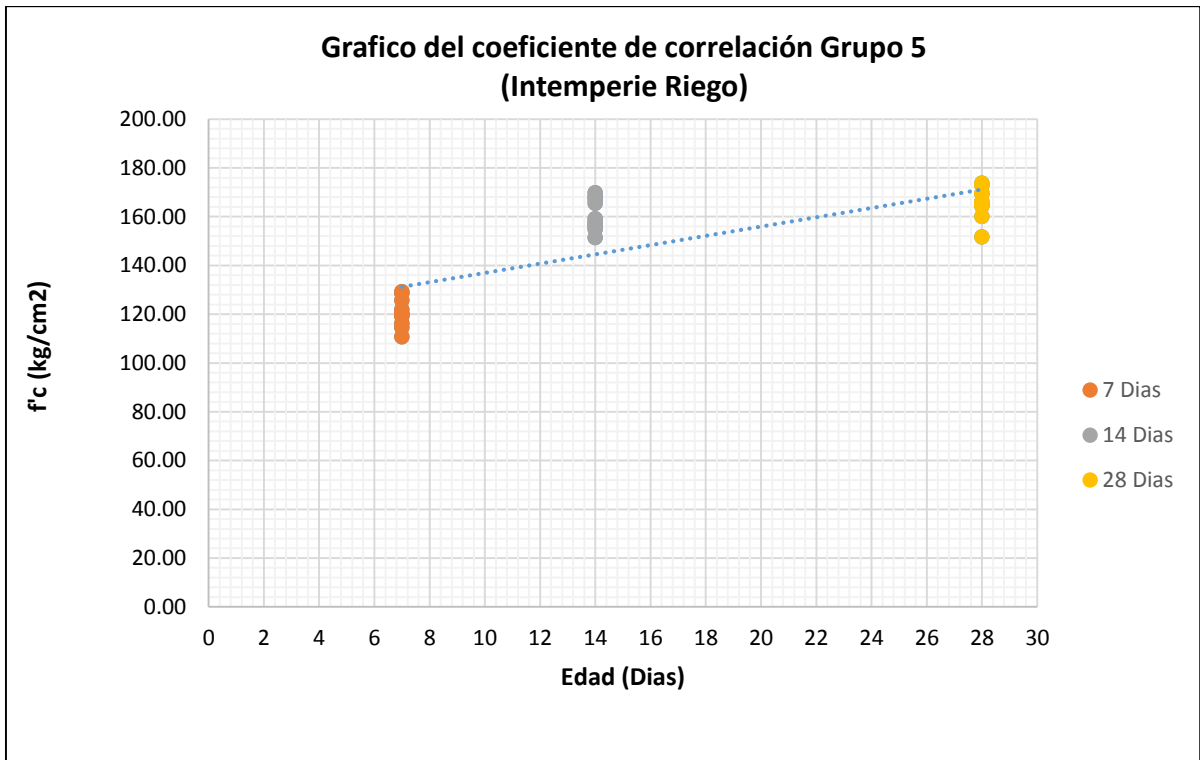


Figura 4.11. Gráfico del coeficiente de correlación grupo 5.

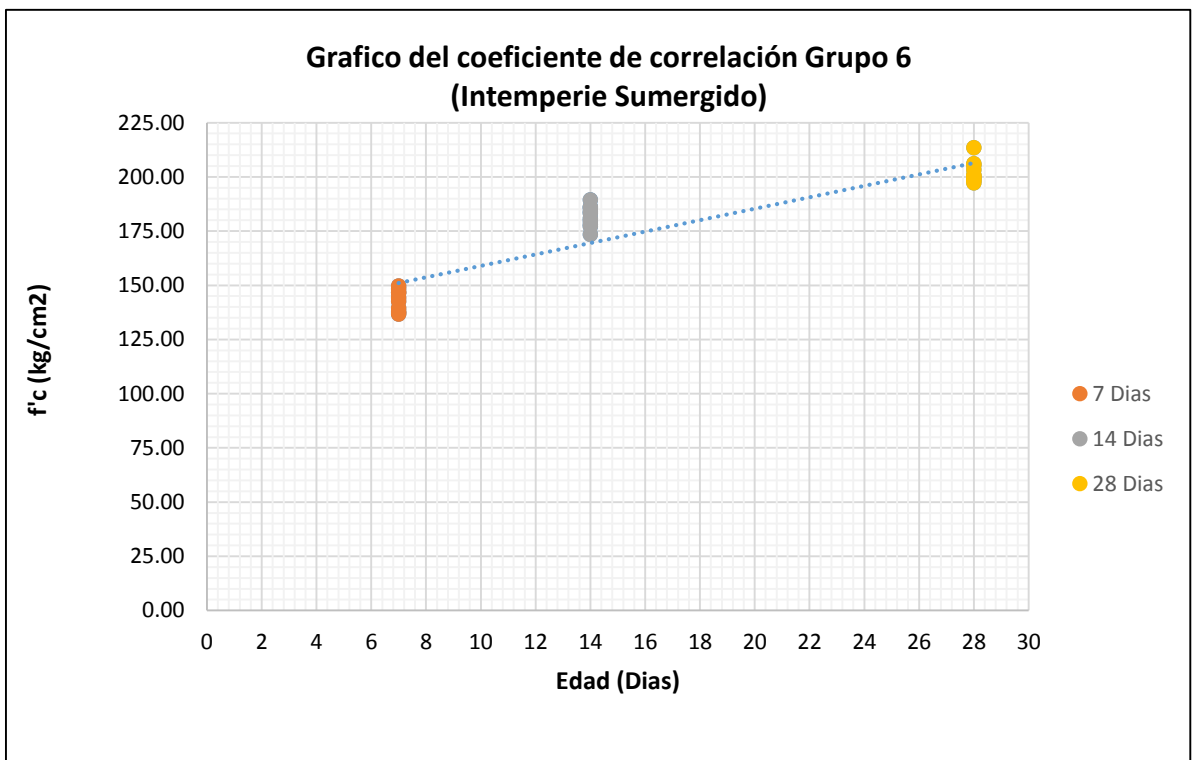


Figura 4.12. Gráfico del coeficiente de correlación grupo 6.

#### 4.5. Costos por metro cuadrado de concreto por cada tipo de protección

El análisis de costos por metro cuadrado se realiza en función al tipo de material aplicado para la protección del concreto en la presente investigación, así como el polietileno, polietileno más aserrín y polietileno más estiércol de ovino. A continuación, se muestran los costos en las Tablas 4.31 al 4.33.

Tabla 4.31.

*Costo por metro cuadrado de la protección con polietileno.*

Partida	01.01	PROTECCIÓN CON POLIETILENO				
		Costo unitario directo por:			m2	2.10
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEÓN	hh	0.0444	13.10	0.58	
					<b>0.58</b>	
<b>Materiales</b>						
0220010003	PLÁSTICO NEGRO 2MM	m	1.0000	1.50	1.50	
					<b>1.50</b>	
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.02	0.02	
					<b>0.02</b>	

Tabla 4.32.

*Costo por metro cuadrado de la protección con polietileno más aserrín.*

Partida	01.02	PROTECCIÓN CON POLIETILENO + ASERRÍN				
		Costo unitario directo por:			m2	3.28
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEÓN	hh	0.0727	13.10	0.95	
					<b>0.95</b>	
<b>Materiales</b>						
0220010003	PLÁSTICO NEGRO 2MM	m	1.0000	1.50	1.50	
0220010004	ASERRÍN	kg	4.0000	0.20	0.80	
					<b>2.30</b>	
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.03	
					<b>0.03</b>	

Tabla 4.33.

Costo por metro cuadrado de la protección con polietileno más estiércol de ovino.

Partida	01.03	PROTECCIÓN CON POLIETILENO + ESTIÉRCOL DE OVINO				
				Costo unitario directo por:	m2	<b>3.23</b>
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantida d	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEÓN	hh	0.0727	13.10	0.95	<b>0.95</b>
<b>Materiales</b>						
0220010003	PLÁSTICO NEGRO 2MM	m	1.0000	1.50	1.50	
0220010005	ESTIÉRCOL DE OVINO	kg	5.0000	0.15	0.75	<b>2.25</b>
<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.03	0.03	<b>0.03</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

##### 5.1.1. Conclusión general.

Los especímenes expuestos a la intemperie cuyo curado fueron sumergidos desarrollaron una resistencia a la compresión promedio de  $f'c=202.30$  kg/cm<sup>2</sup> y por el curado por riego a un  $f'c=165.78$  kg/cm<sup>2</sup>, cuyas temperaturas ambientes promedio mínimo y máximo fueron de 5°C y 18°C; por otro lado los especímenes sometidos a congelamiento y deshielo aplicando las técnicas de curado y protección con polietileno, polietileno más aserrín y polietileno más estiércol de ovino, desarrollaron una resistencia a la compresión de 127.98 kg/cm<sup>2</sup>, 160.44 kg/cm<sup>2</sup> y 185.32 kg/cm<sup>2</sup>, cuyas temperaturas ambientales oscilaron entre los -20.2°C hasta los 7.5°C.

##### 5.1.2. Conclusiones específicas.

Según la investigación desarrollada se ha determinado, que la propuesta planteada usando los materiales como el polietileno más estiércol de ovino, tiene un buen comportamiento térmico, con respecto a las técnicas de curado tradicional como el polietileno, se determinó un promedio de temperatura mínimas aplicadas dentro de la congeladora -5.08°C, empleando la protección con polietileno (curado tradicional) se logró incrementar a un promedio de -4.98°C, empleando la protección con polietileno más estiércol de ovino se logró incrementar a un promedio de 1.553°C.

Los especímenes expuestos a congelamiento y deshielo aplicando la técnica de curado y protección con polietileno desarrolló una resistencia a la compresión del 127.98 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 60.94%, generando una disminución de un 39.06% con respecto a la resistencia de diseño. Aplicando la técnica de curado y protección con polietileno más aserrín desarrolló una resistencia a la compresión del 160.44 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 76.40%; generando una disminución de un 23.60%. Aplicando la técnica de curado y protección con polietileno más estiércol de ovino desarrolló una resistencia a la compresión del 185.32 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 88.25%; generando una disminución de un 11.75% con respecto a la resistencia de diseño. Los especímenes expuestos a congelamiento y deshielo sin ningún tipo de protección desarrolló una resistencia a la compresión del 120.85 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 57.55%; generando una disminución de un 42.45% con respecto

a la resistencia de diseño, a la edad de los 28 días en todos los grupos de estudio, se concluye que protegiendo el concreto con el estiércol de ovino se aproxima más a la resistencia de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Se determinó que el concreto sumergido desarrolla mejor su resistencia, a diferencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo. El concreto sumergido desarrollo una resistencia de  $202.30\text{Kg/cm}^2$  y los concretos expuestos a congelamiento y deshielo protegido con polietileno (P) disminuyo en 36.74%, polietileno más aserrín (P+A) disminuye en un 20.69%, polietileno más Estiércol de Ovino (P+EO) disminuye en un 8.39% y sin protección disminuye en un 40.26% todos los valores fueron comparados en base a la resistencia del concreto patrón (grupo 6 - IS).

## **5.2. Recomendaciones**

Es de vital importancia controlar todos los parámetros que intervienen en el diseño del concreto, así como las propiedades de, los agregados, el agua, el tipo de cemento y el tipo de aditivo a usar, con el objetivo de que el concreto no presente daños a causa de ello.

Se recomienda utilizar el estiércol de ovino compostado, cuando este se encuentre en su fase (mesofílica), aproximadamente con un tiempo de 04 semanas a un tiempo mayor. Por otra parte también se recomienda aumentar el espesor del estiércol de ovino puesto que a mayor espesor mayor concentración de calor y por ende mayor protección.

Se recomienda compostar y exponer al sol el estiércol de ovino, después de haber protegido y curado al concreto durante el proceso de congelamiento, de tal forma que al volver a utilizar el método de protección sea efectiva durante la noche.

Se recomienda realizar una adecuada protección al concreto durante los primeros 14 días, cuando las condiciones climáticas sean severas, debido a que en este periodo de tiempo el concreto desarrolla su resistencia a un 90% del diseño establecido, de tal forma que se pueda garantizar la calidad, en la durabilidad y resistencia del concreto.

Se recomienda colocar el concreto fresco, en horas de la mañana (8:00am a 10:00am), de tal forma que en horas de la tarde (6:00 pm) se pueda aplicar los métodos de curado y protección más adecuados, debido a que durante la noche la temperatura ambiente disminuye en la temporada de heladas.

Se recomienda llevar acabo mayor investigación acerca de la influencia de las heladas y friajes en los concretos convencionales, autocompactantes, con aire incorporado, concretos de alta resistencia, vaciados masivos entre otros, con el fin proveer los problemas químicos, físico y mecánicos en el concreto.

## Referencias bibliográficas

- Abanto, F. (2009). Tecnología Del Concreto (Teoría y Problemas), *Editorial San Marcos E.I.R.L, Segunda Edición, Lima, Perú.*
- ASTM C595/C595M-09. Historical Standard: Especificación normalizada para cementos adicionados hidráulicos.
- ASTM C171-16. Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete.
- Alaejos, M., & Bermúdez, M. (2003). Durabilidad y Procesos de Degradación del Hormigón de Presas. España: Cedex.
- Assadi, G., Casati, M., Fernández, J., & Gálvez, J. (2008). Influencia De Las Condiciones de Curado en el Comportamiento del Hormigón Sometido a Ciclos Hielo-Deshielo. Madrid - España: Universidad Politécnica De Madrid.
- Apaza, M. E. (2004). Solución al Congelamiento Del Concreto En Zonas Altiplanicas. Lima, Perú: Instituto De La Construcción Y Gerencia.
- Basheer P.A.M, Chidiac S.E. Y Long A.E. (1996). Predictive Models For Durability Of Concrete From Its Permeation Proprieties: A Review, *Construction & Building Materials.*
- Borja (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo-Perú.
- Cánovas, M. (2007). Hormigon. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos. .
- Centro Nacional de Estimación, Prevención Y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. (2017). Escenarios de Riesgo Por Heladas Y Friajes en el Marco Del Plan Multisectorial 2018. Lima.
- Farfán, C. (2002). Caracterización de Fuentes Orgánicas para uso en Sistemas de la Agricultura Urbana, Curso de Continuación de Estudios "Agricultura Orgánica Y Gestión en Agronegocios" Monografía Previa a la Obtención del Título De Ingeniero Agrónomo. La Habana- Cuba 2002 Pp. 17- 33.
- Gonnerman, H., Shuman, C. (1928), "Flexure And Tension Tests Of Plain Concrete", Report To The Chief, Research And Development Laboratories Of The Portland Cement Association, Washington, USA, Pp. 149.
- Gutierrez y Salazar (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Segunda Edición MC-GRAW-HILL. ISBN: 978-970-10-6912-7. Mexico.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª edición. México: Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA.
- Hines W. y Montgomery (1996). Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Tercera edición. ISBN: 0-471-60090-3. Mexico 1996.



- Holguino Huarza, Antonio, Olivera Marocho, Luis, & Escobar Copa, Katterine Ursula. (2018). Confort Térmico en una Habitación de Adobe con Sistema de Almacenamiento de Calor en los Andes del Perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 289-300.
- Icold (1994). "Ageing of dams and appurtenant Works". Review and recommendations, Prepared by the ICOLD, Commite on Dam Ageing.
- Irassar, E. (2001). *Durabilidad del Hormigón Estructural*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2018. Lima Peru.
- Jacob , S. E., Jorgensen I. y Stolen, O. 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopo-dium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *J. Agric. Sci.* 122:47-52.
- LEVELTON B., "Combustion technology for the disposal and utilization of wood residue". Report EPS. 1975, EPS
- Litvan, G., & C. Power, T. (1976). Discussion to Power, T.C.: Freezing Effects in Concrete, Durability of concrete. Detroit: American Concrete Institute.
- Maceda, W. (2015). Efecto De Compost y Estiercol de Ovino en el Cultivo de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) - Villa Patarani Altiplano Central. Universidad Mayor De San Andres, La Paz. Bolivia.
- Martinez Ortega, Rosa Maria, et al. El Coeficiente de correlacion de los Rangos de Spearman Caracterizacion. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, Ciudad de la Habana.
- Medina L, D & Quispe N, S.(2017), " Protección Óptima en el Proceso de Curado y su Influencia en la Resistencia de los Concretos Expuestos a Ciclos de Congelamiento y Deshielo", Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú.
- Menéndez, E. ( 2005). Métodos de Ensayo para la Determinación de la Resistencia de los Materiales de Construcción a los Ciclos Hielo–Deshielo. *Revista Cemento Hormigon*.
- Meneses, Juliana, Corrales, Catalina María, & Valencia, Marco. (2007). Síntesis Y Caracterización de un Polímero Biodegradable a Partir del Almidón de Yuca. *Revista EIA*, (8), 57-67. Retrieved January 30, 2019, From [Http://Www.Scielo.Org.Co/Scielo.Php?Script=Sci\\_Arttext&Pid=S1794-12372007000200006&Lng=En&Tlng=Es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006&lng=en&tlng=es).
- Neville, A., & Brooks, J. (1998). *Tecnología del Concreto*. México: Editorial Trillas
- Neville, A. (2013), *Properties Of Concrete (Fourth And Final Edition)*, N° Editorial: M. En A. Soledad Moliné Venanzi, Mexico.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. 1ra edición, Lima, Perú. 2011.

- Norma Técnica Peruana NTP 400.017. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 2011.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, 2013.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, 2013.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.019. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles, 3013.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 1ra edición Lima, Perú. 2011.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, Perú. 2011.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú. 2014.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.088. 1ra Edición, Lima, Perú: CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos, 2014.
- Norma Técnica Peruana NTP 334.009. 1ra edición, Lima, Perú: CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos, 2016.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 1ra edición. Lima, Perú. 2018.
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Colegio De Ingenieros Del Perú, Lima, Perú.
- Price, W. (1951), "Factors Influencing Concrete Strength", Journal Of The American Concrete Institute, Detroit, USA, Vol. 47, No. 2, Pp. 145-159.
- Quispe, G. Et Al (2016). “Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto a Diferentes Altitudes en las Localidades de Puno – 2016”, Ciencia y Desarrollo, Universidad Alas Peruanas, Puno.
- Reyes J., "Reacción Asistida por Microondas para la Obtención de Hidrocarburos a Partir de Aserrín de Madera". Quito. 2013.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, (2016). Concreto armado (E.060) Lima Perú.

- Rizzo and Spadaro. "Mechanical properties of low density polyethylene-isotactic polypropylene blends-I. Effect of mixing time," *European Polymer Journal*, vol. 24, pp. 303–306, 1988. [Online]. Available: [http://dx.doi./10.1016/0014-3057\(88\)90191-7](http://dx.doi./10.1016/0014-3057(88)90191-7) 128
- Rivva, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Tomo 2, 2da Edición, Instituto de la Construcción y Gerencia, Mayo, Lima, Perú.
- Rodriguez, A. (2009). "Concreto en Climas Frios, con uso de Fibras de Polipropileno e Incorporador de Aire", Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ruiz, P. (2006), *Influencia de los Métodos Comunes de Curado en los Especímenes de Concreto de Alto Desempeño*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
- Speicher, M (2007). *Perdida de Consistencia del Concreto en el Tiempo a Temperaturas Inferiores o Cercanas a Cero*, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Suquillanda, M. (1996). *Agricultura Organica Alternativa Tecnológica Del Futuro*. Ediciones UPS. Quito, Ecuador.
- Sztem, D. Y M. Pravia. (1999). *Manual para la Elaboración De Compost*. Es Disponible En <Http://Www.Bvs>
- Serret, N Y Giralt G. (2016). *Caracterizacion de Aserrín de Diferentes Maderas*. Facultad De Ingeniería Química, Universidad De Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). *Mapa Climático*. 2018.
- Tellez, R. (1998). *Abonos Organicos*. <Http://Www.Gestiopolis.Com/Canales4/Eco/Agriga>.
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. FAO Y ANPE. Lima. 222 Pág.
- Yagodin, B. A. 1988. *Agroquímica*. Moscú: Editorial Mir.

## Anexos

### Anexo A: Ensayo de los Agregados.

 <small>Una Institución Avanzada</small>	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	

<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>NTP 400.016</b>
-------------------------------------------------------------


<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>			
<b>N° Tara</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>	<b>MUESTRA 3</b>
Peso de Tara (gr)	268.00	276.00	272.00
Peso de Tara +Muestra Humeda (gr)	668.00	676.00	672.00
Peso de Tara + muestra Seca (gr)	638.00	648.00	642.00
Peso del agua (gr)	30.00	28.00	30.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	370.00	372.00	370.00
Contenido de Humedad W%	7.50	7.00	7.50
<b>Contenido de Humedad W% Promedio</b>	<b>7.33</b>		



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>N° Tara</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>	<b>MUESTRA 3</b>
Peso de Tara (gr)	268.00	276.00	333.00
Peso de Tara +Muestra Humeda (gr)	648.00	656.00	713.00
Peso de Tara + muestra Seca (gr)	644.00	652.00	710.00
Peso del agua(gr)	4.00	4.00	3.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	376.00	376.00	377.00
Contenido de Humedad W%	1.05	1.05	0.79
<b>Contenido de Humedad W% Promedio</b>	<b>0.96</b>		

#### Observaciones

\*Ensayo desarrollado por los tesisistas en el laboratorio de tecnología de los materiales y concreto

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 Una Institución Adventista	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	

<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO</b> <b>NTP 400.017</b>
------------------------------------------------------

<b>DATOS DEL MOLDE</b>					
<b>Diametro (cm)</b>	11.011	<b>Altura (cm)</b>	20.383	<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	1940.937

<b>AGREGADO FINO</b>				
<b>N° de Ensayo</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde	gr	1851.00	1851.00	1851.00
Volumen de Molde	m <sup>3</sup>	0.0019	0.0019	0.0019
Peso del Molde + muestra	gr	4763.00	4733.00	4751.00
Peso de la muestra	gr	2912.00	2882.00	2900.00
Peso Unitario Suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1500.31	1484.85	1494.12
<b>Peso Unitario Suelto Promedio</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1493.09</b>		



<b>AGREGADO FINO</b>				
<b>N° de Ensayo</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde	gr	1851.00	1851.00	1851.00
Volumen de Molde	m <sup>3</sup>	0.0019	0.0019	0.0019
Peso del Molde + muestra	gr	4922.00	4915.00	4938.00
Peso de la muestra	gr	3071.00	3064.00	3087.00
Peso Unitario Compactado	Kg/m <sup>3</sup>	1582.23	1578.62	1590.47
<b>Peso Unitario Compactado Promedio</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1583.77</b>		

**Observaciones**

**\*Ensayo desarrollado por los tesisistas en el laboratorio de tecnología de los materiales y concreto**

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 Una Institución Avanzada	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	

<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO</b> <b>NTP 400.017</b>
------------------------------------------------------

<b>DATOS DEL MOLDE</b>					
<b>Diametro (cm)</b>	11.011	<b>Altura (cm)</b>	20.383	<b>Volumen (cm3)</b>	1940.937

<b>AGREGADO GRUESO</b>				
<b>N° de Ensayo</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde	gr	1851.00	1851.00	1851.00
Volumen de Molde	m3	0.0019	0.0019	0.0019
Peso del Molde + muestra	gr	4672.00	4681.00	4650.00
Peso de la muestra	gr	2821.00	2830.00	2799.00
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1453.42	1458.06	1442.09
<b>Peso Unitario Suelto Promedio</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>1451.19</b>		

<b>AGREGADO GRUESO</b>				
<b>N° de Ensayo</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde	gr	1851.00	1851.00	1851.00
Volumen de Molde	m3	0.0019	0.0019	0.0019
Peso del Molde + muestra	gr	4965.00	4965.00	4946.00
Peso de la muestra	gr	3114.00	3114.00	3095.00
Peso Unitario Compactado	Kg/m3	1604.38	1604.38	1594.59
<b>Peso Unitario Compactado Promedio</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>1601.12</b>		

**Observaciones**

\*Ensayo desarrollado por los tesisistas en el laboratorio de tecnología de los materiales y concreto

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



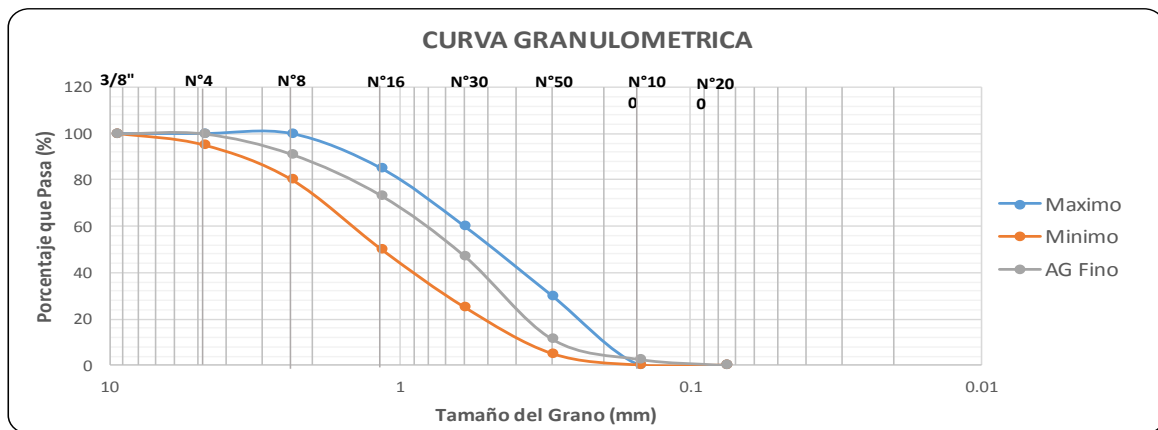
**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES**



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO**  
**NTP 400.012**

TAMIZ (Pulg)	TAMIZ (mm)	Peso Retenido	Peso Retenido Corregido	% Retenido	% Retenido acumulado	% que Pasa	Desscripcion
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°8	2.36	43.00	44.17	8.83	8.83	91.17	
N°16	1.16	88.00	89.17	17.83	26.67	73.33	
N°30	0.6	129.00	130.17	26.03	52.70	47.30	
N°50	0.3	178.00	179.17	35.83	88.53	11.47	
N°100	0.15	43.00	44.17	8.83	97.37	2.63	
N°200	0.075	12.00	13.17	2.63	100.00	0.00	
Cazuela		2.00	0	0.00	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>	<b>500.0</b>	<b>495.0</b>	<b>500.0</b>	<b>100.0</b>			



**Observaciones**

\*Ensayo desarrollado por los tesistas en el laboratorio de tecnologia de los materiales y concreto

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingenieria Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



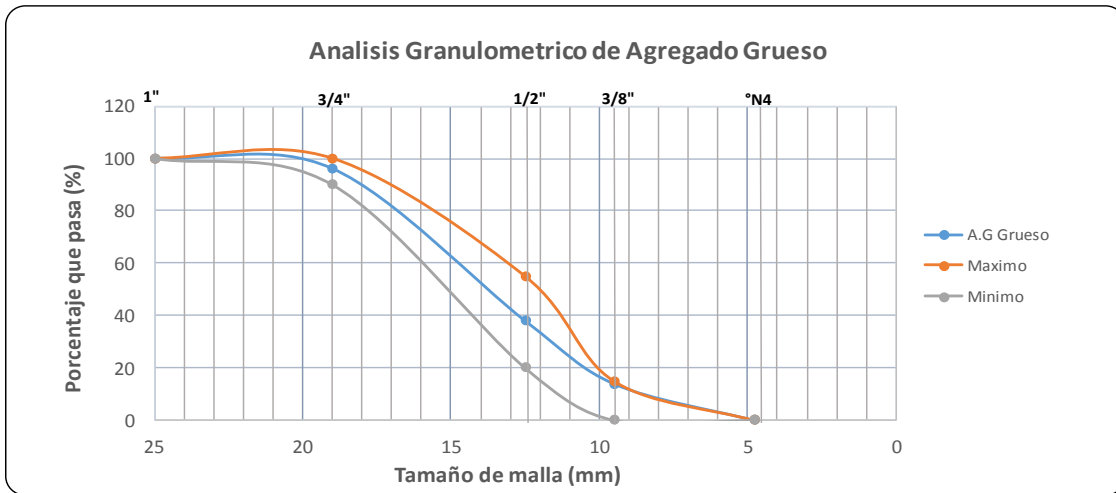
**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES**



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO**  
**NTP 400.012**

TAMIZ (Pulg)	TAMIZ (mm)	Peso Retenido Corregido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% que Pasa	Desscripcion
2"	50					Piedra chancada, extraida de la planta chancadora de Surupana.
1 1/2"	37.5					
1"	25	0.00	0	0	100	
3/4"	19	200.00	4	4	96.00	
1/2"	12.5	2900.00	58	62	38.00	
3/8"	9.5	1200.00	24	86	14.00	
N°4	4.75	700.00	14	100.00	0.00	
Cazuela		0.00	0	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>	<b>5000</b>	<b>5000.00</b>	<b>100</b>			





**Observaciones**

\*Ensayo desarrollado por los tesisistas en el laboratorio de tecnologia de los materiales y concreto

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 <i>Una Institución Avanzada</i>	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	"Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno"		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	19/11/2018

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN**  
**NTP 400.021 - 400.022**

AGREGADO FINO				
N° de Ensayo	Und	1	2	3
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00	500.00	500.00
peso de fiola	gr	158.00	158.00	158.00
Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso de fiola + peso de agua	gr	957.00	956.00	955.00
Peso de agua	gr	299.00	298.00	297.00
Peso de muestra seca	gr	480.00	479.00	481.00
Volumen de la Fiola	cm3	500.00	500.00	500.00
Peso especifico de masa	gr/cm3	2.39	2.37	2.37
Peso especifico de masa superficialmente seca	gr/cm3	2.49	2.48	2.46
Peso especifico aparente	gr/cm3	2.65	2.65	2.61
Absorcion	%	4.17	4.38	3.95
Absorcion promedio	%	4.17		

 <i>Una Institución Avanzada</i>	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	"Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno"		
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>CANTERA:</b>	Maravillas/Surupana
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	<b>FECHA:</b>	19/11/2018



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN**  
**NTP 400.021 - 400.022**

AGREGADO GRUESO				
N° de Ensayo	Und	1	2	3
Peso de la muestra SSS	gr	1500.00	1500.00	1500.00
Peso de la muestra SSS + canastilla + agua (sumergido)	gr	908.00	904.00	919.00
Peso de la muestra SSS - peso de muestra sumergido	gr	592.00	596.00	581.00
Peso de muestra seca	gr	1455.00	1453.00	1452.00
Volumen de la masa	cm3	547.00	549.00	533.00
Peso especifico de masa	gr/cm3	2.46	2.44	2.50
Peso especifico de masa SSS	gr/cm3	2.53	2.52	2.58
Peso especifico aparente	gr/cm3	2.66	2.65	2.72
Absorcion	%	3.09	3.23	3.31
Absorcion promedio	%	3.21		

  
Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Jefe de Laboratorio

## Anexo B: Diseño de Mezcla

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

PROYECTO :	"Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno"		
SOLICITANTES :	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe	CANTERA:	Maravillas/Surupana
	Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	FECHA:	
ASESOR:	Ing. Herson Duberty Pari Cusi		

### DISEÑO DE MEZCLA METODO DEL COMITE ACI 211

#### CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
TAMANO MAXIMO NOMINAL (pulg)	3/4"	PESO ESPECIFICO DE MASA (kg/m3)	2.38
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m3)	2.46	ABSORCION (%)	4.17
PESO SECO COMPACTADO (Kg/m3)	1601.1	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.33
ABSORCION (%)	3.21	MODULO DE FINURA	2.74
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.9649		

#### CARACTERISTICAS DEL CEMENTO

CEMENTO	
TIPO DE CEMENTO	I IP
PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	2.85

### DISEÑO DE MEZCLA METODO ACI

#### PASO 1

##### DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

$$f'_{cr} = f'_{c} + 84$$

$$f'_{cr} = 210 + 84$$

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

#### PASO 2

##### SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

Tamaño maximo nominal 3/4"

#### PASO 3

##### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Slump 3" a 4" (Mezcla Plástica)

#### PASO 4

##### SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA DE DISEÑO

Asentamiento	Agua, en lt/m3, para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	....
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Vol. Unitario **205** lt/m3

**PASO 5**

**SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE**

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Cont. Aire **2**

**PASO 6**

**SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA**

f'cr	Relacion agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
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	...

f'cr 294 **0.56**

**PASO 7**

**FACTOR CEMENTO**

Factor cemento 366.0714286 kg/m3 = 8.6 bolsas/m3

**PASO 8**

**CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos modulus de finura (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

MF Agregado Fino	2.74
b/bo	0.63
Peso del AG Grueso (kg/m3)	1008.70336

**PASO 9****CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS**

CEMENTO	0.12844612 m3
AGUA	0.205 m3
AIRE	0.02 m3
AGREGADO GRUESO	0.41004202 m3
<b>VOLUMEN CONOCIDO</b>	<b>0.76348813 m3</b>

**PASO 10****CONTENIDO DE AGREGADO FINO**

VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO FINO	0.236511868 m3
PESO DEL AGREGADO FINO SECO	562.8982461 kg/m3

**PASO 11****VALORES DE DISEÑO**

CEMENTO	366.07 kg/m3
AGUA DE DISEÑO	205.00 lt/m3
AGREGADO FINO SECO	562.90 kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO	1008.70 kg/m3

**PASO 12****CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

PESO HUMEDO DEL AGREGADO FINO	604.159 kg/m3
PESO HUMEDO DEL AGREGADO GRUESO	1018.436 kg/m3

	<b>CH</b>	<b>ABS</b>	<b>CORR.</b>
HUEMDAD SUPERFICIAL DEL AG FINO	7.33	4.17	3.16
HUEMDAD SUPERFICIAL DEL AG GRUESO	0.96	3.21	-2.25

APORTE DE HUMEDAD DEL AG FINO	17.79	lt/m3
APORTE DE HUMEDAD DEL AG GRUESO	-22.65	lt/m3
<b>APORTE DE HUMEDAD TOTAL</b>	<b>-4.86</b>	lt/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	<b>209.86</b>	lt/m3

**VALORES CORREGIDOS - PROPORCIONES DE DISEÑO**

CEMENTO	366.07 kg/m3
AGUA EFECTIVA	209.86 lt/m3
AGREGADO FINO HUMEDO	604.159 kg/m3
AGREGADO GRUESO HUMEDO	1018.436 kg/m3

**PASO 13****PROPORCIONES EN PESO****PROPORCION EN PESO DE LOS MATERIALES SIN CORREGIR Y YA CORREGIDO**

366.07	562.90	1008.70	=	1	1.54	2.76	23.80 lt/bolsa
366.07	366.07	366.07					



366.07	604.159	1018.436	=	1	1.65	2.78	24.36 lt/bolsa
366.07	366.07	366.07					

Relacion agua/cemento de diseño	0.56
Relacion agua/cemento efectiva	0.57

**PASO 14****PROPORCION EN PESO POR TANDA DE UNA BOLSA**

CEMENTO	42.50 kg/bolsa
AGUA EFECTIVA	24.36 lt/bolsa
AGREGADO FINO HUMEDO	70.141 kg/bolsa
AGREGADO GRUESO HUMEDO	118.238 kg/bolsa

## Anexo C: Resultados de Diámetros, alturas y peso de los especímenes de concreto

 Una Institución Avanzada	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe      Bach. Jose Vladimír	<b>Resultados de diámetros, alturas y peso primer grupo (P) protección con polietileno (plástico)</b>
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	

N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7	10.19	9.98	10.29	10.15	20.15	20.1	20.08	20.11	1627.17	3.684
2	7	10.65	10.50	10.41	10.52	20.3	20.3	20.35	20.32	1765.15	3.995
3	7	10.47	10.52	10.45	10.48	20.6	20.5	20.4	20.50	1769.02	4.023
4	7	10.32	10.12	10.05	10.16	20.1	20.1	20.15	20.12	1632.31	3.731
5	7	10.82	10.55	10.46	10.61	20.65	20.4	20.5	20.52	1813.84	4.178
6	7	10.09	10.19	9.92	10.06	19.85	19.6	19.82	19.76	1571.3	3.641
7	7	10.17	10.20	10.19	10.18	20.1	19.85	20	19.98	1627.99	3.692
8	7	10.35	10.14	10.34	10.28	20.1	20.05	20.25	20.13	1670.19	3.74
9	7	9.91	10.22	10.33	10.15	20.1	20.1	20.05	20.08	1625.76	3.676
10	7	10.22	10.25	10.24	10.24	20.4	20.5	20.56	20.49	1686.52	3.848
11	14	10.11	10.29	10.08	10.16	20.1	19.95	20	20.02	1623.45	3.659
12	14	10.66	10.45	10.76	10.62	20.7	20.5	20.4	20.53	1819.88	4.015
13	14	10.04	10.27	10.20	10.17	19.8	20.1	20.05	19.98	1622.67	3.644
14	14	10.74	10.33	10.67	10.58	20.6	20.45	20.5	20.52	1803.94	3.996
15	14	10.21	10.17	10.35	10.24	20.4	20.4	20.5	20.43	1683.88	3.775
16	14	10.59	10.54	10.64	10.59	20.3	20.8	20.5	20.53	1809.05	4.106
17	14	10.15	10.14	10.05	10.11	19.7	19.5	19.6	19.60	1574.37	3.575
18	14	10.09	10.33	10.00	10.14	20.5	20.5	20.6	20.53	1658.26	3.661
19	14	10.66	10.35	10.58	10.53	20.35	20.7	20.4	20.48	1783.13	4.046
20	14	10.62	10.34	10.56	10.51	20.6	20.4	20.5	20.50	1777.58	4.073
21	28	10.22	10.73	10.48	10.48	20.5	20.5	20.6	20.53	1770.65	4.55
22	28	10.22	10.18	10.38	10.26	20.3	20.25	20.2	20.25	1673.66	3.741
23	28	10.75	10.46	10.51	10.57	20.5	20.4	20.5	20.47	1797.51	4.148
24	28	10.24	9.97	10.27	10.16	20	20.1	19.9	20.00	1622.21	3.777
25	28	10.19	10.48	10.68	10.45	20.5	20.35	20.35	20.40	1748.65	4.163
26	28	11.09	10.43	10.94	10.82	20.7	20.4	20.5	20.53	1887.78	4.039
27	28	10.36	10.55	10.64	10.52	20.9	20.6	20.9	20.80	1807.26	4.108
28	28	10.55	10.53	10.79	10.63	20.5	20.6	20.5	20.53	1820.8	3.764
29	28	10.63	10.26	10.05	10.31	19.8	20.3	20	20.03	1672.69	3.248
30	28	10.2	10.05	10.153	10.13	20.3	20.4	20.35	20.35	1641.19	3.987

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>Resultados de diámetros, alturas y peso Segundo grupo (P+A) protección con polietileno (plástico) y Aserrín</b>
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	

N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7	10.31	10.28	10.34	10.31	20.40	20.35	20.40	20.38	1701.48	3.87
2	7	10.85	10.30	10.63	10.59	20.35	20.45	20.50	20.43	1800.69	4.03
3	7	10.17	10.30	10.15	10.21	19.80	19.95	19.90	19.88	1626.64	3.66
4	7	10.52	10.68	10.54	10.58	21.30	21.30	21.35	21.32	1873.10	4.23
5	7	10.32	10.27	10.13	10.24	20.20	20.10	20.15	20.15	1659.45	3.76
6	7	10.83	10.53	10.62	10.66	20.50	20.56	20.50	20.52	1831.28	4.08
7	7	10.14	10.27	10.07	10.16	19.95	19.80	20.00	19.92	1614.92	3.66
8	7	10.23	10.20	10.31	10.24	19.90	19.80	19.90	19.87	1637.50	3.71
9	7	10.22	10.21	10.08	10.17	20.30	20.50	20.45	20.42	1658.29	3.79
10	7	10.64	10.36	10.67	10.56	20.45	20.55	20.50	20.50	1794.20	4.01
11	14	10.19	10.06	10.15	10.13	20.10	20.10	20.00	20.07	1617.38	3.70
12	14	10.61	10.53	10.56	10.57	20.40	20.50	20.40	20.43	1792.54	3.97
13	14	10.38	10.06	10.13	10.19	20.20	20.15	20.10	20.15	1643.07	3.67
14	14	10.19	10.12	10.11	10.14	19.90	19.90	20.85	20.22	1633.33	3.64
15	14	10.45	10.71	10.80	10.65	20.50	20.40	20.60	20.50	1826.98	4.04
16	14	10.22	10.13	10.13	10.16	20.30	20.10	20.10	20.17	1634.44	3.68
17	14	10.52	10.43	10.17	10.37	20.30	20.20	20.20	20.23	1709.55	3.72
18	14	10.75	10.38	10.35	10.49	20.40	20.35	20.30	20.35	1759.65	3.98
19	14	10.01	10.04	9.84	9.96	20.10	19.90	20.10	20.03	1562.11	3.53
20	14	10.09	10.05	10.24	10.13	20.10	20.10	20.00	20.07	1615.79	3.57
21	28	10.34	10.59	10.32	10.42	20.30	20.50	20.60	20.47	1743.63	4.04
22	28	9.98	10.08	10.28	10.11	19.80	19.75	19.80	19.78	1588.78	3.59
23	28	10.27	10.30	10.18	10.25	19.70	19.90	19.80	19.80	1633.28	3.63
24	28	10.15	10.19	10.25	10.19	20.50	20.40	20.50	20.47	1180.88	3.85
25	28	10.56	10.58	10.50	10.55	20.40	20.50	20.60	20.50	1790.69	4.06
26	28	10.10	10.31	10.42	10.28	20.20	20.40	20.40	20.33	1686.46	3.76
27	28	10.20	10.13	10.22	10.18	20.20	20.20	20.30	20.23	1648.25	3.67
28	28	10.18	10.19	10.11	10.16	19.90	20.00	20.00	19.97	1617.81	3.68
29	28	10.22	10.19	10.04	10.15	20.40	20.10	20.20	20.23	1636.62	3.78
30	28	10.11	10.22	10.18	10.17	20.10	19.90	19.90	19.97	1622.48	3.73

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>Resultados de diámetros, alturas y peso Tercer grupo (P+E) protección con polietileno (plástico) y Estiércol de ovino</b>
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	



N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7	9.97	10.10	10.26	10.11	19.95	19.90	20.00	19.95	1600.79	3.58
2	7	10.16	10.27	10.02	10.15	19.90	20.05	20.10	20.02	1619.30	2.65
3	7	10.49	10.62	10.62	10.58	20.56	20.60	20.60	20.59	1808.62	4.05
4	7	9.88	10.21	9.99	10.03	20.00	20.00	19.90	19.97	1576.13	3.50
5	7	10.80	10.38	10.41	10.53	20.50	20.40	20.45	20.45	1780.56	4.03
6	7	10.25	10.14	10.20	10.20	19.90	19.80	19.90	19.87	1623.26	3.63
7	7	10.41	10.09	10.20	10.23	20.40	20.20	20.30	20.30	1670.06	3.71
8	7	10.19	10.19	10.13	10.17	20.10	20.10	20.00	20.07	1630.29	3.68
9	7	10.35	10.03	10.00	10.13	20.00	19.90	19.90	19.93	1604.94	3.59
10	7	10.68	10.61	10.16	10.48	20.55	20.60	20.50	20.55	1774.01	4.03
11	14	10.37	9.96	10.33	10.22	19.90	20.00	20.00	19.97	1637.83	3.65
12	14	10.15	10.24	10.26	10.22	20.00	19.00	20.10	19.70	1614.48	3.57
13	14	10.06	10.12	10.23	10.14	19.90	19.90	19.85	19.88	1605.24	3.56
14	14	10.10	10.19	10.31	10.20	19.55	19.70	19.70	19.65	1605.24	3.57
15	14	10.53	10.51	10.15	10.39	20.40	20.60	20.50	20.50	1739.44	4.00
16	14	10.24	10.12	10.14	10.16	19.90	20.00	19.95	19.95	1618.47	3.62
17	14	10.61	10.61	10.87	10.70	20.60	20.40	20.60	20.53	1845.21	4.05
18	14	10.16	10.41	10.29	10.29	20.50	20.35	20.40	20.42	1697.32	3.72
19	14	10.43	10.25	10.27	10.32	20.40	20.40	20.50	20.43	1707.97	3.86
20	14	10.30	10.19	10.11	10.20	20.10	19.80	20.10	20.00	1634.47	3.62
21	28	10.26	9.99	10.08	10.11	20.20	20.00	20.00	20.07	1611.32	3.71
22	28	10.27	10.27	10.25	10.26	19.80	19.85	19.70	19.78	1637.11	3.71
23	28	11.20	10.72	11.24	11.05	20.30	20.40	20.50	20.40	1957.76	4.35
24	28	10.29	10.15	10.29	10.24	19.60	19.70	19.70	19.67	1621.12	3.68
25	28	10.33	10.35	10.48	10.39	20.50	20.50	20.40	20.47	1734.05	4.10
26	28	10.07	10.23	10.09	10.13	20.20	20.40	20.20	20.27	1632.32	3.71
27	28	10.25	10.17	10.13	10.18	20.00	20.10	20.00	20.03	1630.89	3.69
28	28	10.28	10.16	10.31	10.25	20.10	20.15	20.00	20.08	1656.12	3.73
29	28	10.25	10.21	10.18	10.21	20.00	19.90	20.00	19.97	1635.69	3.74
30	28	10.09	10.22	10.12	10.14	19.90	20.00	20.00	19.97	1613.24	3.68



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil





Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Jefe de Laboratorio

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES									
<b>PROYECTO :</b>		<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>									
<b>SOLICITANTES :</b>		Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo					Resultados de diámetros, alturas y peso Cuarto grupo (SP) Sin protección concreto expuesto a congelamiento y deshielo				
<b>ASESOR:</b>		Ing. Herson Duberly Pari Cusi									
N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7.00	10.35	10.07	10.14	10.18	20.40	20.40	20.50	20.43	1664.32	3.84
2	7.00	10.12	10.43	10.52	10.36	20.60	20.50	20.30	20.47	1723.82	4.09
3	7.00	10.09	10.22	10.76	10.36	20.10	20.00	20.10	20.07	1691.33	3.72
4	7.00	10.65	10.67	10.56	10.62	20.60	20.65	20.70	20.65	1830.68	4.12
5	7.00	10.19	10.06	10.11	10.12	19.85	19.60	19.60	19.68	1582.42	3.59
6	7.00	10.10	10.16	10.18	10.15	19.95	20.00	19.80	19.92	1611.11	3.70
7	7.00	10.43	10.69	10.51	10.55	20.05	20.10	20.20	20.12	1756.87	4.06
8	7.00	10.13	10.32	10.05	10.17	19.80	19.75	19.85	19.80	1607.04	3.64
9	7.00	10.24	10.11	10.04	10.13	20.20	20.30	20.30	20.27	1633.07	3.73
10	7.00	10.50	10.66	10.75	10.64	20.60	20.55	20.70	20.62	1831.40	4.14
11	14	10.111	10.291	10.084	10.16	20.1	19.95	20	20.02	1623.45	3.659
12	14	10.66	10.447	10.762	10.62	20.7	20.5	20.4	20.53	1819.88	4.015
13	14	10.039	10.27	10.195	10.17	19.8	20.1	20.05	19.98	1622.67	3.644
14	14	10.739	10.333	10.67	10.58	20.6	20.45	20.5	20.52	1803.94	3.996
15	14	10.207	10.173	10.35	10.24	20.4	20.4	20.5	20.43	1683.88	3.775
16	14	10.594	10.54	10.64	10.59	20.3	20.8	20.5	20.53	1809.05	4.106
17	14	10.15	10.139	10.05	10.11	19.7	19.5	19.6	19.60	1574.37	3.575
18	14	10.092	10.332	9.997	10.14	20.5	20.5	20.6	20.53	1658.26	3.661
19	14	10.659	10.348	10.577	10.53	20.35	20.7	20.4	20.48	1783.13	4.046
20	14	10.62	10.338	10.564	10.51	20.6	20.4	20.5	20.50	1777.58	4.073
21	28	10.468	10.462	10.204	10.38	20	19.9	19.9	19.93	1686.15	3.704
22	28	10.187	10.221	10.171	10.19	20.1	20.15	20.2	20.15	1644.25	3.727
23	28	10.057	10.255	10.159	10.16	20.4	20.4	20.3	20.37	1650.22	3.828
24	28	10.206	10.007	10.039	10.08	20.1	20.1	20.2	20.13	1607.95	3.693
25	28	10.432	10.696	10.741	10.62	20.6	20.5	20.6	20.57	1822.84	4.141
26	28	10.218	10.361	10.324	10.30	20.4	20.35	20.35	20.37	1697.34	3.906
27	28	10.264	10.326	10.18	10.26	20	20	19.9	19.97	1649.71	3.728
28	28	10.53	10.616	10.535	10.56	20.6	20.6	20.4	20.53	1798.48	4.09
29	28	10.132	10.13	10.05	10.10	19.9	20.1	19.95	19.98	1602.3	3.69
30	28	10.121	10.394	10.135	10.22	19.8	19.7	19.7	19.73	1617.74	3.66

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>Resultados de diámetros, alturas y peso quinto grupo (IR) Intemperie concreto no sometido a congelamiento y deshielo</b>
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	

N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7	10.53	10.64	10.44	10.54	20.9	20.7	20.55	20.72	1805.95	4.143
2	7	10.47	10.62	10.70	10.60	20.65	20.6	20.6	20.62	1817.65	4.117
3	7	10.21	10.11	10.20	10.17	20.4	20.3	20.2	20.30	1650.11	3.751
4	7	10.23	10.03	10.17	10.14	20	10.8	19.8	16.87	1362.95	3.619
5	7	10.19	10.21	10.18	10.19	20.2	20.15	20.2	20.18	1646.54	3.737
6	7	10.34	10.29	10.29	10.31	20	20.1	20.15	20.08	1676.11	3.764
7	7	10.20	10.29	10.18	10.22	20.15	20.1	19.95	20.07	1647.64	3.743
8	7	10.25	10.12	10.45	10.28	20.3	20.2	20.15	20.22	1676.45	3.743
9	7	10.24	10.07	10.31	10.21	20.1	19.9	19.85	19.95	1632.2	3.622
10	7	10.82	10.47	10.65	10.65	20.4	20.6	20.4	20.47	1821.95	3.956
11	14	10.18	10.17	10.14	10.16	19.9	20.1	20.2	20.07	1626.76	3.745
12	14	10.11	10.33	10.04	10.16	20.1	20.1	20.1	20.10	1630.11	3.743
13	14	10.12	10.26	10.15	10.18	20.05	20.05	20	20.03	1628.97	3.729
14	14	10.58	10.53	10.58	10.56	20.6	20.5	20.7	20.60	1804.66	4.052
15	14	10.15	10.27	10.30	10.24	19.8	2.1	20	13.97	1150.07	3.679
16	14	10.21	10.21	10.35	10.26	20.1	20.1	20.2	20.13	1663.37	3.719
17	14	10.06	10.24	10.09	10.13	19.8	19.8	19.9	19.83	1598.26	3.64
18	14	10.14	10.15	10.17	10.15	20	20.1	19.95	20.02	1620.37	3.678
19	14	10.12	10.27	10.32	10.23	20.1	20	20.2	20.10	1653.4	3.741
20	14	10.44	10.80	10.53	10.59	20.4	20.35	20.4	20.38	1795.61	4.054
21	28	10.47	10.46	10.20	10.38	20	19.9	19.9	19.93	1686.15	3.704
22	28	10.19	10.22	10.17	10.19	20.1	20.15	20.2	20.15	1644.25	3.727
23	28	10.06	10.26	10.16	10.16	20.4	20.4	20.3	20.37	1650.22	3.828
24	28	10.21	10.01	10.04	10.08	20.1	20.1	20.2	20.13	1607.95	3.693
25	28	10.43	10.70	10.74	10.62	20.6	20.5	20.6	20.57	1822.84	4.141
26	28	10.22	10.36	10.32	10.30	20.4	20.35	20.35	20.37	1697.34	3.906
27	28	10.26	10.33	10.18	10.26	20	20	19.9	19.97	1649.71	3.728
28	28	10.53	10.62	10.54	10.56	20.6	20.6	20.4	20.53	1798.48	4.09
29	28	10.13	10.13	10.05	10.10	19.9	20.1	19.95	19.98	1602.3	3.69
30	28	10.12	10.39	10.14	10.22	19.8	19.7	19.7	19.73	1617.74	3.66

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan Leonardo Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	<b>Resultados de diámetros, alturas y peso sexto grupo (IS) Intemperie sumergido conocido también como concreto patrón no sometido a congelamiento y deshielo</b>
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	

N°	Edad (días)	d1(cm)	d2(cm)	d3(cm)	Diametro Promedio (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	Altura promedio (cm)	Vol (cm3)	Peso (kg)
1	7	10.22	10.20	10.26	10.23	20.1	19.9	20	20.00	1643.35	3.672
2	7	10.17	10.13	10.19	10.16	20.1	20.3	20.2	20.20	1638.86	3.74
3	7	10.00	10.26	10.06	10.11	20.1	19.98	20.05	20.04	1608.39	3.724
4	7	10.36	10.35	10.21	10.31	20.6	20.5	20.6	20.57	1715.67	3.944
5	7	10.21	10.16	10.30	10.22	20.4	20.35	20.3	20.35	1669.71	3.774
6	7	10.12	10.20	10.25	10.19	20.1	20.05	20.1	20.08	1637.74	3.726
7	7	10.27	10.08	10.25	10.20	20.1	20.1	19.9	20.03	1636.98	3.638
8	7	10.61	10.49	10.74	10.62	20.65	20.45	20.5	20.53	1817.6	4.074
9	7	10.74	10.45	10.55	10.58	20.6	20.5	20.7	20.60	1810.93	4.105
10	7	10.23	10.28	10.12	10.21	20.2	20.15	20.25	20.20	1653.3	3.725
11	7	10.16	10.09	10.30	10.18	20	19.9	20.05	19.98	1627.14	3.687
12	14	10.24	10.13	10.17	10.18	20	20	19.9	19.97	1625.03	3.646
13	14	10.48	9.87	10.17	10.17	20.05	20	20.05	20.03	1627.79	3.714
14	14	10.52	10.66	10.58	10.59	21.4	21.6	21.5	21.50	1893.14	4.279
15	14	10.74	10.60	10.56	10.63	20.6	20.65	20.6	20.62	1830.83	4.082
16	14	10.19	10.27	10.12	10.19	19.8	20	19.9	19.90	1624.39	3.679
17	14	10.62	10.55	10.44	10.54	20.6	20.25	20.6	20.48	1786.52	4.07
18	14	10.80	10.45	10.37	10.54	20.6	20.5	20.5	20.53	1791.1	4.067
19	14	10.38	10.28	10.40	10.35	20.4	20.3	20.4	20.37	1714.19	3.863
20	14	10.10	10.28	10.17	10.18	19.8	19.75	19.7	19.75	1607.93	3.651
21	28	10.13	10.24	10.32	10.23	19.8	20.1	19.95	19.95	1639.99	3.806
22	28	10.13	10.21	10.21	10.18	19.9	20	19.9	19.93	1622.75	3.669
23	28	10.42	10.08	10.43	10.31	20.2	20.3	20.1	20.20	1686.61	3.742
24	28	9.94	10.19	10.33	10.15	20.2	20.1	20.2	20.17	1632.83	3.658
25	28	10.19	10.06	10.15	10.13	20	19.9	19.9	19.93	1607.59	3.652
26	28	10.07	10.19	10.06	10.11	19.95	20.1	20	20.02	1606.14	3.648
27	28	10.67	10.65	10.50	10.61	20.2	20.3	20.35	20.28	1792.09	4.076
28	28	10.51	10.58	10.48	10.52	20.4	20.5	20.3	20.40	1773.96	4.077
29	28	10.14	10.15	10.30	10.19	20.2	20.2	20.3	20.23	1651.27	3.774
30	28	9.98	10.26	10.08	10.11	19.8	19.9	20	19.90	1596.15	3.66

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

## Anexo D: Resultados del ensayo a la compresión de los especímenes de concreto.

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN Una Institución Avanzada	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan L. Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión del concreto protegido con Polietileno a los 7,14 y 28 Días. Expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO</b>
<b>NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007</b>

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	20.11	10.15	3.684	5022.2	80.91	62.07	5
2	7	20.32	10.52	3.995	4827.5	86.88	55.56	5
3	7	20.50	10.48	4.023	5277.1	86.29	61.15	5
4	7	20.12	10.16	3.731	5681.1	81.14	70.01	2
5	7	20.52	10.61	4.178	5527.2	88.41	62.52	5
6	7	19.76	10.06	3.641	5027.2	79.53	63.21	2
7	7	19.98	10.18	3.692	4699.4	81.47	57.68	5
8	7	20.13	10.28	3.74	5527.7	82.96	66.63	3
9	7	20.08	10.15	3.676	4914.4	80.95	60.71	2
10	7	20.49	10.24	3.848	5791.5	82.32	70.35	5
1	14	20.02	10.162	3.659	9317.5	81.11	114.88	2
2	14	20.53	10.623	4.015	9464.8	88.63	106.79	5
3	14	19.98	10.168	3.644	9952.3	81.20	122.56	5
4	14	20.52	10.581	3.996	9444.9	87.93	107.42	2
5	14	20.43	10.243	3.775	8431.1	82.41	102.31	3
6	14	20.53	10.591	4.106	10082.2	88.10	114.44	2
7	14	19.60	10.113	3.575	9399.9	80.32	117.02	5
8	14	20.53	10.140	3.661	9947.6	80.76	123.18	3
9	14	20.48	10.528	4.046	9977.6	87.05	114.62	2
10	14	20.50	10.507	4.073	9846.1	86.71	113.55	5
1	28	20.11	10.15	4.55	10843.4	80.91	134.01	2
2	28	20.32	10.52	3.741	10628.5	86.88	122.33	5
3	28	20.50	10.48	4.148	10595.2	86.29	122.78	3
4	28	20.12	10.16	3.777	10665.4	81.14	131.44	3
5	28	20.52	10.61	4.163	10193	88.41	115.29	5
6	28	19.76	10.06	4.039	10424	79.53	131.07	3
7	28	19.98	10.18	4.108	11036.2	81.47	135.47	5
8	28	20.13	10.28	3.764	10712.7	82.96	129.14	3
9	28	20.08	10.15	3.248	10822.3	80.95	133.69	2
10	28	20.49	10.24	3.987	10258.3	82.32	124.61	3

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 Una Institución Avanzada	<b>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES</b>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan L. Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo	Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con Polietileno y Aserrín a los 7, 14 y 28 Días.
<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi	Expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO**  
**NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007**

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	20.38	10.31	3.868	7967.7	83.47	95.45	3
2	7	20.43	10.59	4.026	8143.7	88.13	92.41	5
3	7	19.88	10.21	3.656	8014.1	81.81	97.96	3
4	7	21.32	10.58	4.227	7486.5	87.87	85.20	2
5	7	20.15	10.24	3.76	8216.1	82.35	99.76	3
6	7	20.52	10.66	4.079	7180.9	89.24	80.46	3
7	7	19.92	10.16	3.662	8294.1	81.08	102.29	5
8	7	19.87	10.24	3.711	8015.5	82.42	97.25	2
9	7	20.42	10.17	3.785	7642.7	81.22	94.10	3
10	7	20.50	10.56	4.012	7735.7	87.52	88.39	5
1	14	20.07	10.13	3.695	12156	80.60	150.82	5
2	14	20.43	10.57	3.973	12251.5	87.73	139.66	3
3	14	20.15	10.19	3.665	11970.2	81.54	146.80	3
4	14	20.22	10.14	3.637	12088.9	80.79	149.63	4
5	14	20.50	10.65	4.041	11444.4	89.12	128.41	3
6	14	20.17	10.16	3.682	11795.8	81.05	145.54	3
7	14	20.23	10.37	3.715	12539.5	84.49	148.41	3
8	14	20.35	10.49	3.981	12238	86.47	141.53	3
9	14	20.03	9.96	3.527	11447.4	77.98	146.81	2
10	14	20.07	10.13	3.574	12182	80.52	151.29	5
1	28	20.47	10.42	4.036	12835.9	85.19	150.67	2
2	28	19.78	10.11	3.593	13943.4	80.31	173.62	5
3	28	19.80	10.25	3.633	12977.8	82.49	157.33	4
4	28	20.47	10.19	3.849	13271.5	81.63	162.59	3
5	28	20.50	10.55	4.061	13281.3	87.35	152.05	3
6	28	20.33	10.28	3.764	13331.8	82.94	160.74	3
7	28	20.23	10.18	3.671	12911.6	81.46	158.50	5
8	28	19.97	10.16	3.684	13429	81.03	165.74	3
9	28	20.23	10.15	3.782	12820.4	80.89	158.50	4
10	28	19.97	10.17	3.734	13383.9	81.26	164.71	3

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
	<b>SOLICITANTES :</b>	Resultados de la resistencia a compresión del concreto protegido con Polietileno y Estiercol de Ovino a los 7,14 y 28 Días. expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo
	<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO</b>
<b>NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007</b>

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	19.95	10.11	3.584	10515.8	80.24	131.05	5
2	7	20.02	10.15	2.647	10662	80.90	131.80	5
3	7	20.59	10.58	4.054	9859.4	87.85	112.23	5
4	7	19.97	10.03	3.5	10248.9	78.94	129.83	2
5	7	20.45	10.53	4.028	10241.9	87.07	117.63	5
6	7	19.87	10.20	3.626	9466.5	81.71	115.86	2
7	7	20.30	10.23	3.708	10238.1	82.27	124.45	5
8	7	20.07	10.17	3.683	9551.8	81.24	117.57	3
9	7	19.93	10.13	3.592	9669.4	80.52	120.09	2
10	7	20.55	10.48	4.03	10288.1	86.33	119.18	5
1	14	20.00	10.220	3.654	13564.5	82.03	165.36	3
2	14	20.10	10.215	3.574	13515.7	81.95	164.92	3
3	14	19.85	10.139	3.558	12920.5	80.73	160.04	3
4	14	19.70	10.199	3.571	12953.7	81.69	158.57	2
5	14	20.50	10.394	3.998	13604.2	84.85	160.33	3
6	14	19.95	10.163	3.62	13818.6	81.13	170.33	3
7	14	20.60	10.697	4.052	13244.3	89.86	147.38	5
8	14	20.40	10.288	3.72	13893.3	83.13	167.12	3
9	14	20.50	10.316	3.858	13763.5	83.59	164.66	3
10	14	20.10	10.201	3.619	13821.9	81.72	169.13	5
1	28	20.07	10.11	3.711	14269.4	80.30	177.70	2
2	28	19.78	10.26	3.707	14341.1	82.75	173.30	3
3	28	20.40	11.05	4.347	14952.8	95.97	155.81	3
4	28	19.67	10.24	3.683	14428.8	82.43	175.04	3
5	28	20.47	10.39	4.102	14580.9	84.73	172.10	3
6	28	20.27	10.13	3.705	14096.6	80.54	175.02	4
7	28	20.03	10.18	3.691	14440.3	81.41	177.38	3
8	28	20.08	10.25	3.733	14507.8	82.46	175.93	4
9	28	19.97	10.21	3.738	14259.2	81.92	174.06	3
10	28	19.97	10.14	3.682	14460.9	80.80	178.98	5

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
	<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan L. Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo
	<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Resultados de la resistencia a compresión del concreto Sin Protección a los 7,14 y 28 Dias expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO**  
**NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007**

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	20.433	10.184	3.841	5153.5	81.45	63.27	3
2	7	20.467	10.356	4.09	4304.3	84.23	51.10	3
3	7	20.067	10.359	3.719	4091.2	84.29	48.54	3
4	7	20.650	10.624	4.118	4494.3	88.65	50.70	3
5	7	19.683	10.117	3.591	4583.8	80.39	57.02	3
6	7	19.917	10.149	3.696	4355.1	80.89	53.84	5
7	7	20.117	10.545	4.062	4481.5	87.33	51.31	4
8	7	19.800	10.166	3.637	4573.9	81.16	56.35	5
9	7	20.267	10.129	3.727	4013.4	80.58	49.81	5
10	7	20.617	10.635	4.135	4378.7	88.83	49.29	3
1	14	19.867	10.170	3.706	8331.9	81.23	102.57	4
2	14	20.333	10.396	3.788	8470.3	84.88	99.79	3
3	14	19.850	10.141	3.637	8548.5	80.76	105.84	3
4	14	20.367	10.240	4.062	8779.3	82.35	106.61	3
5	14	20.017	10.192	3.687	8507.8	81.59	104.27	3
6	14	20.000	10.232	3.679	7311.2	82.23	88.91	2
7	14	20.400	10.590	4.062	7987.6	88.08	90.68	5
8	14	19.983	10.230	3.706	7990.8	82.19	97.22	4
9	14	19.783	10.120	3.58	7443.6	80.43	92.55	2
10	14	20.350	10.617	4.012	8300.6	88.54	93.75	5
1	28	19.93	10.38	3.704	9982.4	84.59	118.01	3
2	28	20.15	10.19	3.727	9922.5	81.60	121.60	5
3	28	20.37	10.16	3.828	9790.9	81.03	120.84	4
4	28	20.13	10.08	3.693	9898.3	79.86	123.94	5
5	28	20.57	10.62	4.141	9714.8	88.63	109.61	5
6	28	20.37	10.30	3.906	10275.1	83.34	123.29	5
7	28	19.97	10.26	3.728	9884	82.62	119.63	3
8	28	20.53	10.56	4.09	10593.2	87.59	120.94	3
9	28	19.98	10.10	3.69	10794.5	80.18	134.63	2
10	28	19.73	10.22	3.66	9512	81.98	116.03	5



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Jefe de Laboratorio



<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
	<b>SOLICITANTES :</b>	Bach. Jhonathan L. Quispe Quispe Bach. Jose Vladimir Tintaya Turpo
	<b>ASESOR:</b>	Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo curado con riego a los 7,14 y 28 Días

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO**  
**NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007**

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	20.55	10.54	4.143	10126.8	87.17	116.17	3
2	7	20.60	10.60	4.117	10597.6	88.16	120.20	3
3	7	20.20	10.17	3.751	10451	81.29	128.57	5
4	7	19.80	10.14	3.619	9257.8	80.81	114.57	3
5	7	20.20	10.19	3.737	9716.3	81.58	119.10	5
6	7	20.15	10.31	3.764	10779.6	83.46	129.16	5
7	7	19.95	10.22	3.743	10005.4	82.11	121.86	5
8	7	20.15	10.28	3.743	10418.7	82.92	125.64	2
9	7	19.85	10.21	3.622	9804.3	81.81	119.84	5
10	7	20.40	10.65	3.956	9849.7	89.02	110.65	3
1	14	20.20	10.160	3.745	12647.7	81.07	156.01	3
2	14	20.10	10.162	3.743	12905.1	81.10	159.13	3
3	14	20.00	10.175	3.729	13583.1	81.31	167.05	3
4	14	20.70	10.561	4.052	13558.4	87.60	154.77	3
5	14	20.00	10.239	3.679	12994.8	82.34	157.81	3
6	14	20.20	10.256	3.719	13898.8	82.62	168.23	3
7	14	19.90	10.129	3.64	13334	80.58	165.47	5
8	14	19.95	10.152	3.678	12250.4	80.95	151.33	3
9	14	20.20	10.234	3.741	12903	82.26	156.86	2
10	14	20.40	10.591	4.054	14954	88.09	169.75	5
1	28	20.15	10.07	3.735	13751.80	79.61	172.75	3
2	28	20.50	10.60	4.07	14973.00	88.29	169.59	3
3	28	21.25	10.63	4.289	14217.80	88.80	160.10	3
4	28	20.15	10.24	3.772	13572.90	82.33	164.86	4
5	28	19.90	10.11	3.696	13604.20	80.34	169.33	5
6	28	19.90	10.07	3.575	13823.00	79.57	173.71	5
7	28	20.50	10.35	3.953	13970.40	84.06	166.20	5
8	28	20.60	10.70	4.146	14766.30	89.88	164.29	3
9	28	20.65	10.58	4.091	14548.30	87.99	165.34	3
10	28	20.50	10.61	4.177	13395.60	88.36	151.61	3



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES




<b>PROYECTO :</b>	<b>“Análisis comparativo de técnicas de curado en concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en la región de Puno”</b>	
	<b>SOLICITANTES :</b>	Resultados de la resistencia a compresión del concreto no sometido a congelamiento y deshielo sumergido a los 7, 14 y 28 Días
	<b>ASESOR:</b>	

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE CONCRETO**  
**NTP 339.214:2007, NTP 339.216:2007**

N°	Edad	Altura (cm)	Diametro (cm)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
1	7	20.00	10.228	3.672	11226.7	82.17	136.63	3
2	7	20.20	10.164	3.74	12137.3	81.13	149.60	3
3	7	20.04	10.108	3.724	11009	80.25	137.19	5
4	7	20.57	10.306	3.944	12368.7	83.42	148.27	4
5	7	20.35	10.221	3.774	11317.9	82.05	137.94	2
6	7	20.08	10.190	3.726	11367.7	81.55	139.40	2
7	7	20.03	10.200	3.638	11780	81.71	144.16	3
8	7	20.53	10.616	4.074	12976.8	88.52	146.60	4
9	7	20.60	10.580	4.105	12897.2	87.91	146.71	3
10	7	20.20	10.208	3.725	11672.5	81.85	142.61	3
1	14	19.98	10.182	3.687	15415	81.42	189.32	2
2	14	19.97	10.180	3.646	15144.7	81.39	186.08	3
3	14	20.03	10.171	3.714	14385.1	81.25	177.04	3
4	14	21.50	10.588	4.279	15915.9	88.05	180.75	5
5	14	20.62	10.633	4.082	15945.4	88.80	179.56	3
6	14	19.90	10.195	3.679	15152	81.63	185.62	2
7	14	20.48	10.538	4.07	15123.4	87.22	173.40	3
8	14	20.53	10.539	4.067	15978.2	87.23	183.18	3
9	14	20.37	10.352	3.863	14975.2	84.17	177.92	2
10	14	19.75	10.181	3.651	14966	81.41	183.83	5
1	28	19.95	10.23	3.806	16942.2	82.20	206.10	2
2	28	19.93	10.18	3.669	16133.2	81.41	198.18	5
3	28	20.20	10.31	3.742	16674	83.50	199.70	5
4	28	20.17	10.15	3.658	16092.6	80.97	198.76	3
5	28	19.93	10.13	3.652	16390.9	80.65	203.24	2
6	28	20.02	10.11	3.648	17120.8	80.24	213.37	4
7	28	20.28	10.61	4.076	17695.8	88.35	200.29	3
8	28	20.40	10.52	4.077	17150.6	86.96	197.23	3
9	28	20.23	10.19	3.774	16393.5	81.61	200.87	3
10	28	19.90	10.11	3.66	16464.9	80.21	205.28	5

  
 Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
 Coordinador E.P. de Ingeniería Civil

  
 Ing. Yesenia Apaza Pinto  
 Jefe de Laboratorio

**Anexo E: Panel Fotográfico.**

**Anexo E.1. Extracción de Agregados**



**Fotografía N°01:** Extracción de la piedra canchada “Planta Chancadora Surupana”



**Fotografía N°02:** Extracción del Agregado Fino “Cantera Maravillas”

## Anexo E.2. Ensayos del agregado

### Granulometría



**Fotografía N°03: Tamizado del Agregado**



**Fotografía N°04: Ensayo de Peso Específico del Agregado Grueso**



**Fotografía N°05: Peso Específico del agregado Fino**



**Fotografía N°06: Peso Unitario del Agregado Fino**



**Fotografía N°07: Peso Unitario del Agregado Grueso**



**Fotografía N°08: Lavado de los Agregados**

**Anexo E.3. Elaboración de Especímenes de concreto.**



**Fotografía N°09: Peso de los Agregados**



**Fotografía N°10: Moldes cubiertos con petróleo.**



**Fotografía N°11: Mezclado de los Materiales.**



**Fotografía N°12: Acabado Superior de las probetas de concreto.**



**Fotografía N°13:** Desmolde de las probetas de concreto



**Fotografía N° 14:** Identificación de los especímenes de concreto.



**Fotografía N°15:** Curado por Riego de las probetas.



**Fotografía N°16:** Curado de Probetas Sumergidas a la intemperie.



**Fotografía N°17: Secado de Probetas.**

**Anexo E.4. Protección de los especímenes de concreto.**



**Fotografía N°18: Moldes de plásticos para la protección de las probetas.**



**Fotografía N°19:** Protección con polietileno y Guano de Ovino.



**Fotografía N°20:** Protección de las probetas con polietileno y Aserrín



**Fotografía N°21:** Protección del concreto con Polietileno (Plástico)



**Fotografía N°22:** probetas de concreto sin protección



**Fotografía N°23:** Colocación de Probetas en la congeladora



**Fotografía N°24:** Probetas de concreto en las congeladoras para el ciclo de congelamiento



**Fotografía N°25:** Probetas después del ciclo de congelamiento

**Anexo E.5. Ensayo a la compresión del concreto.**



**Fotografía N°26:** Medida de las alturas de los especímenes de concreto.



**Fotografía N°27:** Rotura de probetas de concreto



**Fotografía N°28:** Probetas de concreto ya ensayadas a compresión

## ANEXO F. Constancia de ensayos del laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales



# ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi; Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

### HACE CONSTAR

Que los Bachilleres en Ingeniería Civil:

**JHONATHAN LEONARDO QUISPE QUISPE** Código universitario N° 201322706

**JOSE VLADIMIR TINTAYA TURPO** Código universitario N° 201322724

Han realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales para completar su trabajo de tesis denominado: “**Análisis Comparativo de Técnicas de Curados en Concretos Expuestos a Ciclos de Congelamiento y Deshielo en la Región de Puno**” con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos efectuados por los tesisistas fueron los siguientes:

- ✓ 02 Ensayos de Contenido de Humedad
- ✓ 02 Ensayos de Análisis Granulométrico.
- ✓ 02 Ensayos de Peso Específico y Absorción.
- ✓ 02 Ensayos de Peso Unitario.
- ✓ 01 Diseño de Mezcla.
- ✓ 180 Ensayos de Resistencia a la Compresión en Testigos de Concreto.

Los trabajos se realizaron en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales, llevándose a cabo entre 12/11/18 al 18/01/19.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiani, 26 de marzo del 2019



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Jefe de Laboratorio

## ANEXO G. Constancia de Ensayos Físico Químico del Agua.



*Una Institución Adventista*

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera; Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

#### HACE CONSTAR

Que los bachilleres en Ingeniería Civil:

**JHONATHAN LEONARDO QUISPE QUISPE** Código universitario N° 201322706

**JOSE VLADIMIR TINTAYA TURPO** Código universitario N° 201322724

Han realizado análisis de agua potable del campus de la UPeU - Juliaca en los Laboratorios de la EP de Ingeniería Ambiental para completar su trabajo de tesis denominado: “**Análisis Comparativo de Técnicas de Curados en Concretos Expuestos a Ciclos de Congelamiento y Deshielo en la Región de Puno**” con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos efectuados por los testistas fueron los siguientes:

Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6.83
Conductividad eléctrica	μS/cm	235

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la escuela de Ingeniería Ambiental, llevándose a cabo el 02/05/2019.


Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiani, 14 de mayo del 2019



## ANEXO H. Ficha técnica del cemento Rumi IP.

**FICHA TÉCNICA**



# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA RESISTENCIA

**TIPO IP – ALTA RESISTENCIA**

**DESCRIPCIÓN**

El Cemento Portland Puzolánico Rumi IP, ALTA RESISTENCIA, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico Rumi IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA RESISTENCIA, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

**LA DURABILIDAD**

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
MgO (%)	1.99		6.00 Máx.	
SO <sub>3</sub> (%)	1.75		4.00 Máx.	
Pérdida por ignición (%)	2.14		5.00 Máx.	

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C 150	
	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Min.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	
Resistencia a la compresión					Cemento Tipo I	
					Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
	1 días	104	10	-	-	-
	3 días	199	20	133 Min.	13	122
	7 días	247	24	204 Min.	20	194
28 días	342	34	255 Min.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018		-		0.04 Máx.	

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Carretera Juliaca - Puno Km 11 - Caracoto  
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa  
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
 www.grupogloria.com.pe