

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO  
LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO  
UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA  
PROVINCIA DE TACNA”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ**

**BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ**

**TACNA – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

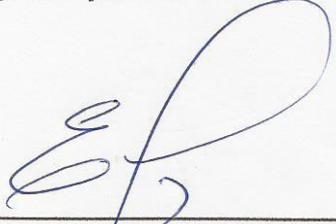
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL  
BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO  
DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 5 de abril del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

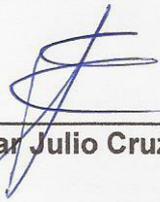
**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Edwin Martín Pino Vargas.**

**SECRETARIO:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. María Etelvina Duarte Lizarzaburo.**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Cesar Julio Cruz Espinoza.**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Milton Cesar Gordillo Molina**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente; nosotros José Antonio Tello Martínez y José Luis Tello Martínez, identificados con DNI 72929923 y DNI 72929927 respectivamente, en calidad de tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna declaramos bajo juramento:

1. Ser autores de la tesis titulada:

“Influencias del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en el distrito La Yarada – Los Palos de la provincia de Tacna”

La cual presentamos para optar por el título profesional de Ingeniero Civil.

2. La tesis no es plagio total ni parcial de anteriores publicaciones, habiéndose respetado las fuentes de consulta, así como las normas internacionales de citado.

3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceras personas.

4. La tesis no ha sido presentada, ni publicada anteriormente con la finalidad de obtener un grado académico o título profesional.

Por lo expuesto, mediante la presente declaración asumimos ante la UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA las responsabilidades que se deriven por la autoría, veracidad y original del contenido de nuestra tesis, así como los derechos sobre la misma.

Así mismo, somos plenamente conscientes que el hecho de no respetar estos extremos nos hacemos responsables frente a la UNIVERSIDAD y a terceros, asumiendo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 5 de abril del 2018



---

José Antonio Tello Martínez  
DNI 72929923



---

José Luis Tello Martínez  
DNI 72929927

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a Dios por llenarnos de fe e iluminar el camino que nos llevó a obtener grandes logros en nuestros propósitos.

A nuestros padres, José Antonio y María Elena quienes se esforzaron día a día para darnos una buena educación y apoyarnos en todos los momentos de nuestras vidas.

A toda nuestra familia en general que dieron su apoyo y nunca dudaron en nosotros para poder lograr nuestros objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres por darnos el aliento y los medios necesarios para hacer realidad y finalizar este trabajo de investigación.

A nuestros familiares, amigos y seres queridos por la confianza depositada y el apoyo moral brindado durante el desarrollo de nuestra carrera profesional y el tiempo que duro nuestra investigación.

A nuestros docentes universitarios quienes compartieron con nosotros sus conocimientos importantes en nuestra formación y necesarios para desarrollar esta tesis.

Al Ing. Milton Gordillo por la dedicación y paciencia brindada durante la asesoría.

A los señores James y Leonardo por donarnos materiales para la elaboración de las muestras de concreto.

# Índice General

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	1
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1. Descripción del problema. ....	4
1.2. Formulación del problema. ....	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problema específico.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.4. Objetivos .....	7
1.4.1. Objetivo general. ....	7
1.4.2. Objetivos específicos. ....	7
1.5. Hipótesis. ....	7
1.5.1. Hipótesis General:.....	7
1.5.2. Hipótesis Específicas: .....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes del estudio. ....	8
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Concreto. ....	10
2.2.2. Principales propiedades del concreto.....	10
2.2.3. Tipos de concreto.....	10
2.2.4. Características del Concreto Fresco. ....	11
2.2.5. Características del concreto endurecido. ....	14
2.2.6. Componentes del concreto. ....	17
2.2.7. Cloruros. ....	25
2.2.8. Sulfatos.....	25
2.2.9. Diseño de Mezclas por el método del comité 211 del ACI.....	26
2.3. Definición de términos.....	29

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	30
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2. Población y/o muestra de estudio.....	30
3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	30
3.4. Procesamiento y análisis de datos. ....	30
3.5. Operacionalización de variables.....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS. ....	32
4.1. Extracción de agua de pozo y agregados.....	32
4.1.1. Extracción del agua de pozo. ....	32
4.1.2. Extracción agregados fino y grueso .....	33
4.2. Análisis del agua .....	35
4.3. Ensayos de Laboratorio de los Agregados. ....	37
4.3.1. Contenido de Humedad Natural. ....	38
4.3.2. Análisis Granulométrico. ....	40
4.3.3. Absorción.....	46
4.3.4. Peso Específico. ....	49
4.3.5. Peso Unitario. ....	52
4.4. Diseño de Mezclas por el Método del ACI Comité 211.....	56
4.4.1. Selección de la resistencia promedio $F'_{cr}$ . ....	56
4.4.2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	58
4.4.3. Selección del asentamiento. ....	58
4.4.4. Selección de volumen unitario de agua.....	58
4.4.5. Selección del contenido de aire.....	58
4.4.6. Selección de la relación agua – cemento A/C. ....	58
4.4.7. Selección de las proporciones del concreto. ....	59
4.5. Elaboración y curado de probetas cilíndricas. ....	62
4.5.1. Materiales y Equipos. ....	62
4.5.2. Procedimiento. ....	63
4.6. Ensayo de resistencia a la compresión ( $F'_c$ ). ....	69

4.6.1. Materiales y Equipos.....	69
4.6.2. Procedimiento.....	69
4.6.3. Resultados del ensayo.....	70
4.7. Análisis de costos.....	76
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	78
5.1. Discusión del análisis del agua.....	78
5.2. Discusión de los ensayos de agregados.....	79
5.3. Discusión de la elaboración del concreto.....	80
5.4. Discusión de la rotura de probetas.....	80
5.5. Discusión del análisis de costos.....	87
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	93

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos granulométricos del agregado fino.....	18
Tabla 2: Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	18
Tabla 3: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	19
Tabla 4: Principales componentes del cemento.....	22
Tabla 5: Resistencia a la compresión promedio cuando no hay registros.....	26
Tabla 6: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	26
Tabla 7: Volumen unitario de agua.....	27
Tabla 8: Contenido de aire atrapado.....	27
Tabla 9: Relación agua - cemento por resistencia.....	28
Tabla 10: Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto.....	28
Tabla 11: Operacionalización de variables.....	31
Tabla 12: Límite permisible de sustancias disueltas según MTC.....	36
Tabla 13: Límite permisible de sustancias disueltas según NTP.....	36
Tabla 14: Resultados del análisis químico del agua.....	37
Tabla 15: Contenido de humedad natural en el agregado fino.....	40
Tabla 16: Contenido de humedad natural del agregado grueso.....	40
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado fino.....	44
Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	45
Tabla 19: Absorción del agregado fino.....	49
Tabla 20: Absorción del agregado grueso.....	49
Tabla 21: Peso específico del agregado fino.....	52
Tabla 22: Peso específico del agregado grueso.....	52
Tabla 23: Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado fino.....	55
Tabla 24: Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado grueso.....	56
Tabla 25: Factores de corrección para desviación estándar.....	57
Tabla 26: Resumen de ensayos de los agregados.....	59
Tabla 27: Comparación de los valores de diseño y valores húmedos.....	62
Tabla 28: Pesos unitarios para cada tipo de mezcla.....	67
Tabla 29: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 7 días.....	71
Tabla 30: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 14 días.....	71
Tabla 31: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 28 días.....	72

Tabla 32: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 7 días.....	72
Tabla 33: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 14 días.....	73
Tabla 34: Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 28 días.....	73
Tabla 35: Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo a los 7 días.....	74
Tabla 36: Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo a los 14 días.....	74
Tabla 37: Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo a los 28 días.....	75
Tabla 38: Análisis de costos de materiales (Cemento HE + agua potable) .....	76
Tabla 39: Análisis de costos de materiales (Cemento HE + agua de pozo) .....	77
Tabla 40: Análisis de costos de materiales (Cemento HS + agua potable) .....	77
Tabla 41: Análisis de costos de materiales (Cemento HS + agua de pozo) .....	77
Tabla 42: Tabla de comparación del análisis químico del agua vs los valores máximos permisibles .....	78
Tabla 43: Requisitos para Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfato .....	79
Tabla 44: Módulo de finura del agregado fino .....	80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cono de Abrams .....	13
Figura 2: Periodo mínimo de curado .....	15
Figura 3: Tanque de almacenamiento del agua de pozo "IRHS-42" .....	32
Figura 4: Ubicación del pozo "IRHS-42" .....	32
Figura 5: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Arunta .....	33
Figura 6: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Magollo .....	33
Figura 7: Extracción del agregado fino en la Cantera Zúñiga .....	34
Figura 8: Extracción del agregado grueso en la Cantera Zúñiga .....	35
Figura 9: Muestras de agua potable y agua de pozo para su análisis químico en la Universidad Nacional Agraria La Molina .....	37
Figura 10: Cuarteo de agregados grueso y fino .....	38
Figura 11: Agregado fino después de haber sido pesado .....	39
Figura 12: Agregado fino y grueso secos al cabo de 24 horas en el horno .....	39
Figura 13: Ensayo de granulometría del agregado fino y grueso .....	42
Figura 14: Agregados fino y grueso retenidos en los tamices .....	42
Figura 15: Curva granulométrica del agregado fino .....	44
Figura 16: Curva granulométrica del agregado grueso .....	45
Figura 17: Agregados sumergidos por un periodo de 24 horas .....	47
Figura 18: Agregado fino secando al sol y grueso secado con franela para llegar al estado saturado superficialmente seco (SSS) .....	48
Figura 19: Comprobación del estado SSS del agregado fino .....	48
Figura 20: Colocación del agregado grueso en las probetas .....	50
Figura 21: Baño maría del agregado fino para eliminar burbujas atrapadas .....	51
Figura 22: Secado al sol de los agregados .....	53
Figura 23: Recipiente con agua para hallar su volumen .....	54
Figura 24: Ensayo de pesos unitarios de los agregados fino y grueso .....	55
Figura 25: Traslado de cemento HE, HS y agua de pozo del sector Los Palos al laboratorio de la UPT .....	63
Figura 26: Pesaje de insumos para la elaboración de las probetas .....	64
Figura 27: Proceso de mezclado del concreto .....	65
Figura 28: Consistencia de la mezcla .....	65
Figura 29: Ensayo de Slump con el Cono de Abrams .....	66
Figura 30: Método de consolidación por apisonado .....	66
Figura 31: Vaciado de 45 probetas .....	67
Figura 32: Transporte de las probetas al lugar de curado .....	68

Figura 33: Curado de probetas M1 (HE + agua potable), M2 (HE + agua de pozo), M3 (HS + agua de pozo).....	68
Figura 34: Toma de dimensiones de las probetas.....	69
Figura 35: Ensayo de compresión de las probetas cilíndricas.....	69
Figura 36: Tipos de fallas obtenidos .....	70
Figura 37: Tipos de fracturas en probetas de concreto .....	70
Figura 38: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HE + agua potable .....	81
Figura 39: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HE + agua potable .....	81
Figura 40: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HE + agua potable .....	82
Figura 41: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo .....	82
Figura 42: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo .....	83
Figura 43: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo .....	84
Figura 44: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo .....	84
Figura 45: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo .....	85
Figura 46: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo .....	85
Figura 47: Resistencia a la compresión VS Edad .....	86

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia .....	94
Anexo 2: Certificado del contenido de humedad del agregado fino .....	95
Anexo 3: Certificado del contenido de humedad del agregado grueso .....	96
Anexo 4: Certificado de absorción del agregado fino .....	97
Anexo 5: Certificado de absorción del agregado grueso .....	98
Anexo 6: Certificado del peso específico del agregado fino .....	99
Anexo 7: Certificado del peso específico del agregado grueso .....	100
Anexo 8: Certificado del peso unitario del agregado fino .....	101
Anexo 9: Certificado del peso unitario del agregado grueso .....	102
Anexo 10: Certificado de la granulometría del agregado fino .....	103
Anexo 11: Certificado de la granulometría del agregado grueso .....	104
Anexo 12: Certificado de la resistencia a la compresión del concreto (Agua potable + Cemento HE) .....	105
Anexo 13: Certificado de la resistencia a la compresión del concreto (Agua de pozo + Cemento HE) .....	106
Anexo 14: Certificado de la resistencia a la compresión del concreto (Agua de pozo + Cemento HS) .....	107
Anexo 15: Certificado del análisis químico del agua potable de la red pública del distrito de Pocollay - Tacna .....	108
Anexo 16: Certificado del análisis químico del agua del pozo IRHS-42 del distrito La Yarada – Los Palos - Tacna .....	109
Anexo 17: Ficha técnica del cemento HE .....	111
Anexo 18: Ficha técnica del cemento HS .....	113

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La presente tesis de investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto, donde se analizó las propiedades químicas del agua y evaluó la calidad del agua de pozo en el diseño de mezclas de concreto. Para lograr los objetivos, se extrajo agua del pozo del Inventario de Recursos Hídricos Subterráneos número 42 para la realización del análisis químico; los resultados presentaron un alto contenido de sales solubles totales, cloruros y sulfatos, sustancias perjudiciales en la resistencia del concreto que superaron los parámetros máximos permisibles según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mas no de la Norma Técnica Peruana 339.088. Se elaboraron 15 probetas cilíndricas de 3 tipos de muestras usando el método del comité 211 del American Concrete Institute: cemento tipo HE con agua potable, cemento tipo HE con agua de pozo y cemento tipo HS con agua de pozo. Los ensayos de resistencia a la compresión demostraron que las probetas elaboradas con cemento tipo HE con agua de pozo tenían una resistencia menor con respecto a las probetas elaboradas con cemento tipo HE con agua potable en un 8.30% a los 28 días de curado, demostrando así que el agua de pozo del sector Los Palos disminuyó la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento HE debido al alto contenido de sales solubles totales, cloruros y sulfatos disueltos en el agua subterránea. De la misma forma los ensayos a compresión arrojaron que existió una diferencia significativa de ganancia de la resistencia cuando se varió el uso del tipo de cemento y se comparó las resistencias de las probetas elaboradas con cemento tipo HE y tipo HS, ambos con agua de pozo, donde se demostró que el cemento tipo HE produjo un incremento mayor en la resistencia. Pese a que los componentes químicos del agua de pozo exceden límites permisibles, ésta es apta para el uso en mezclas de concreto luego de verificarse mediante los ensayos, en vista que las resistencias a los 28 días superaron la resistencia de diseño de 210 Kg/cm<sup>2</sup>; con promedios de 311.5 kg/cm<sup>2</sup>, 285.65 kg/cm<sup>2</sup> y 239.23 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Esta última aseveración tomó en cuenta el diseño de la mezcla por resistencia a la compresión mas no por durabilidad, propiedad que deberá ser estudiada en una posterior investigación para así evaluar los dos parámetros más importantes de la resistencia del concreto.

**Palabras Clave:** agua de pozo, cemento, concreto, edad de ensayo, resistencia a la compresión, tiempo de curado.

## ABSTRACT AND KEYWORDS

The main objective of this research thesis was to determine the influence of the use of water from the IRHS-42 well at the Los Palos beach resort in the compressive strength of concrete, where the chemical properties of the water were analyzed and the water quality of the well was evaluated in the design of concrete mixtures. To achieve the objectives, water was extracted from the well of the Inventory of Subterranean Water Resources number 42 for the realization of the chemical analysis; the results presented a high content of total soluble salts, chlorides and sulphates, harmful substances in the concrete resistance that exceeded the maximum permissible parameters according to the Ministry of Transport and Communications but not of the Peruvian Technical Standard 339.088. 15 cylindrical specimens from 3 types of samples were prepared using the method of committee 211 of the American Concrete Institute: HE type cement with potable water, HE type cement with well water and HS type cement with well water. The compressive strength tests showed that the specimens made with HE type cement with well water had a lower resistance compared to the specimens made with HE type cement with drinking water in 8.30% after 28 days of curing, thus demonstrating that the well water in the Los Palos sector decreased the compressive strength of concrete made with HE cement due to the high content of total soluble salts, chlorides and sulphates dissolved in the groundwater. In the same way, the compression tests showed that there was a significant difference in resistance gain when the use of the cement type was varied and the resistance of the specimens made with cement type HE and type HS was compared, both with well water, where it was demonstrated that HE cement produced a greater increase in resistance. Although the chemical components of the well water exceed permissible limits, it is suitable for use in concrete mixtures after verification by the tests, given that the resistance at 28 days exceeded the design resistance of 210 Kg/cm<sup>2</sup>; with averages of 311.5 kg/cm<sup>2</sup>, 285.65 kg/cm<sup>2</sup> and 239.23 kg/cm<sup>2</sup> respectively. This last statement took into account the design of the mixture due to compression resistance but not durability, a property that should be studied in a later investigation in order to evaluate the two most important parameters of concrete strength.

**Keywords:** well water, cement, concrete, age of test, compressive strength, curing time.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú vive una bonanza en el sector construcción donde el componente más usado es el concreto, siendo el agua un elemento de gran importancia ya que sin ella no podrían elaborarse la pasta de cemento necesaria para desarrollar las reacciones químicas que produzcan un correcto endurecimiento de concreto.

El agua actúa en el concreto como agua de mezclado, de curado y de lavado, en general se establece que el agua potable es el agua ideal para el mezclado. Sin embargo, muchas aguas no aptas para el consumo humano si lo son para el diseño del concreto.

El agua pese a ser un recurso de bajo costo en el Perú, no es un elemento que se encuentre disponible en todas las poblaciones, siendo un ejemplo el distrito de la Yarada- Los Palos que carece de abastecimiento de agua potable para el consumo humano, sin embargo, cuenta con un abundante recurso de aguas subterráneas pertenecientes al acuífero de la Yarada, destinado en mayor parte al sector agrario. No obstante, es común que se utilicen como agua de mezclado en la construcción.

Es así como surge la preocupación por los efectos de su uso en la elaboración del concreto debido a la explotación indiscriminada del acuífero y la intrusión marina; razones que pueden influir en la calidad del agua de los pozos del distrito de la Yarada-Los Palos incrementando sales solubles totales, sulfatos y cloruros. De esta forma la composición físico química del agua puede generar efectos en las propiedades mecánicas del concreto como la resistencia a compresión y a la vez en la durabilidad.

Por ello en esta investigación se analizará los estándares de calidad del agua del pozo IRHS-42, así como la diferencia en las resistencias a la compresión de probetas de concreto con un diseño de mezcla ( $F'c$  210kg/cm<sup>2</sup>) por el método del Comité 211 del ACI, donde se elaborarán distintas tandas de mezclado con agua potable de la ciudad de Tacna y con agua del Pozo IRHS-42 del balneario Los Palos del distrito La Yarada- Los Palos. Por lo que se determinará si es conveniente el uso de agua de dicho pozo para el mezclado, como estipula la Norma Técnica Peruana NTP 339.088.

Es así como los resultados que se obtengan de la presente investigación colaborará a la mejora en la elaboración del concreto en obras del balneario Los Palos y extenderá el conocimiento sobre los efectos del agua de pozo en la resistencia del concreto nutriendo así el campo de investigación y el prestigio de nuestra Alma Mater.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema.**

Los profesionales de la ingeniería y todo aquel que trabaje o elabore concreto sabe que sin agua no se puede elaborar concreto o morteros en sus diferentes tipos, más aún, ni siquiera puede elaborarse una pasta de cemento. Por otra parte, se debe tener en cuenta que el agua y el concreto son dos de los materiales más utilizados por la humanidad, el agua ocupa el primer lugar y el concreto el segundo. De lo expuesto podemos afirmar que el agua cobra importancia en la fabricación del concreto como agua de mezclado, curado y de contacto.

Si bien el agua es el componente de más bajo costo para la elaboración del concreto, es un elemento tan importante como el cemento, ya que la variación de su contenido en una mezcla, hace variar la relación agua – cemento (A/C), permite realizar la dosificación del concreto variando su resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad. Además, cuando se desconoce la calidad del agua utilizada, su procedencia y composición química, se corre un gran riesgo, porque aunque la relación agua-cemento sea la deseada o requerida, no se sabe si en el interior del concreto el agua provocará un beneficio o un inconveniente.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

En general, se establece que, si el agua es potable, es adecuada para agua de mezclado, y una gran parte de los concretos se elaboran con agua potable. Sin embargo, muchas aguas no aptas para beber son satisfactorias para el mezclado. En todo caso, las especificaciones de la norma técnica peruana NTP 339.088 “Requisitos de calidad del agua para concreto” y del manual de ensayos del MTC E 728 “Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland”, establecen las cantidades máximas de impurezas que pueden ser aceptadas, dependiendo del tipo de concreto a elaborar. Cuando existen dudas acerca de la calidad del agua de mezclado, se deben extraer muestras para someterlas a ensayos de laboratorio.

Como bien lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones, pueden distinguirse las aguas aptas, pero sujetas a verificación por ensayo como: agua potable, agua procedente de fuentes subterráneas, agua de lluvia, agua superficial natural, aguas residuales industriales, agua de mar y las aguas no aptas, excepto que sean tratadas como el agua residual cloacal.

El Distrito de la Yarada – Los Palos colinda con el océano Pacífico, cuyas aguas comenzaron a infiltrarse en las reservas de agua dulce del acuífero de la Yarada, modificándose la composición química y por tanto variando la calidad del agua. Estas aguas subterráneas son destinadas para la agricultura, el consumo humano y la construcción.

El sector Los Palos, compuesto por la zona agrícola, el centro poblado y el balneario Los Palos carecen de abastecimiento de agua potable, por lo que la extracción de agua de pozos es la alternativa que actualmente utilizan los pobladores de la zona, para el abastecimiento de agua de riego y el consumo humano, así como para la utilización en la elaboración de concreto que utilizan en la construcción de edificaciones de diferentes tipos.

Desde siempre las construcciones de estructuras de concreto en el sector Los Palos del Distrito de la Yarada – Los Palos vienen utilizando el agua de los pozos existentes como componente para la elaboración de mezcla de concreto y morteros. Por tanto, es correcto pensar que desconociendo la calidad del agua de los pozos de este sector se corre un gran riesgo, porque a ciencia cierta no se sabe si en el interior del concreto el agua provocará un beneficio o un inconveniente, sobre todo en la resistencia a la compresión del concreto.

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1. Problema general.**

- ¿Cuál es la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión en el concreto?

### **1.2.2. Problema específico.**

- ¿En qué proporción los niveles de sales, sulfatos y cloruros del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos se encuentra con respecto a los límites

máximos permisibles establecidos según la norma del uso de agua para elaboración del concreto?

- ¿Cuál es la diferencia en la resistencia a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos con respecto a las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7, 14 y 28 días?

### **1.3. Justificación e importancia.**

La importancia de esta investigación está en que el concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción de obras civiles, siendo el material constitutivo de los elementos estructurales en la mayoría de las edificaciones en el Perú y como se sabe al cambiar las proporciones o características de alguno de sus componentes éste es susceptible al cambio de sus propiedades entre ellos la resistencia de compresión, tal como es en el caso de las construcciones de la población del distrito La Yarada-Los Palos donde el agua de pozo se utiliza como agua de mezclado.

Asumiendo que los ingenieros toman en cuenta la resistencia especificada,  $f'c$ , y especifican que el concreto cumpla con el requerimiento de resistencia estipulado en los documentos del contrato del proyecto o expediente técnico, se considera necesario evaluar y determinar cómo influye la calidad del agua en las propiedades del concreto.

Por lo cual la investigación estriba en la necesidad de la determinación de la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la disminución de la resistencia a la compresión del concreto; para lo cual es fundamental comparar la resistencia a la compresión de testigos de concreto convencional denominado concreto patrón utilizando para su elaboración agua potable y testigos de concreto elaborados utilizando agua del pozo antes mencionado, siendo tema de relevancia en el ámbito de la construcción para la población del balneario Los Palos de un punto considerado foco turístico, el cual se encuentra en un distrito de creación política reciente donde el gobierno desea implementar políticas de fronteras vivas.

En definitiva, de lo anteriormente planteado es considerable pensar que la presente investigación sea una fuente de referencia para estudios más específicos y variados sobre la influencia que tiene el agua de pozo utilizado en mezclas de

concreto no solo en la resistencia a la compresión, sino en la durabilidad y otras propiedades.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

- Determinación de la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Caracterización de las propiedades químicas del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos según la norma del uso de agua para elaboración del concreto.
- Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos con respecto a las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7, 14 y 28 días.

#### **1.5. Hipótesis.**

##### **1.5.1. Hipótesis General:**

- La utilización de agua del pozo IRHS-42 del sector Los Palos influye en la disminución de la resistencia a la compresión del concreto.

##### **1.5.2. Hipótesis Específicas:**

- La cantidad de sales, sulfatos y cloruros del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos en la norma del uso de agua para elaboración del concreto.
- La resistencia a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 es inferior a la resistencia a la compresión de las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7,14 y 28 días.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio.**

Para el desarrollo de la presente tesis fue necesario la recopilación de antecedentes de tesis e investigaciones:

Torres (2013) en la tesis de grado: **“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO AGUA DE MAR Y ARENA DE PLAYA, PROVENIENTES DEL EDO. VARGAS (CATIA LA MAR)”**, evaluó la variación de la resistencia del concreto utilizando agua de mar y arena de playa proveniente de Catia La Mar – Vargas - Venezuela donde se aplicó la metodología de variación del uso de insumos del concreto donde se obtuvo como resultados el incremento de las resistencias a la compresión a la edad de 7 días, al variar el uso de agua de mar y agregados provocada por los agentes químico y sales contenida en ellos.

Díaz, Ríos, Murga y Robles (2014) en la investigación: **“INFLUENCIA DEL AGUA POTABLE, RÍO Y MAR EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CONVENCIONAL NO ESTRUCTURADO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACERAS EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”**, analizaron la influencia del uso de agua potable, río y de mar, en la resistencia del concreto para estructuras sin esfuerzos en edificaciones, donde compararon los resultados de la prueba de laboratorio de resistencia a la compresión, de tres muestras de concreto normal hechas con el mismo diseño de mezclas, bajo la variante del tipo de agua (potable, mar y río) y el tipo de curado en los días 7 y 14. Concluyendo que el esfuerzo de compresión resultante de cada tipo de agua, superó el valor propuesto en el diseño de mezcla, que el uso de agua potable mantuvo la resistencia a compresión de los testigos de concreto según lo especificado en el diseño de mezcla; mientras que el uso de agua de río genera disminución en menor grado respecto al agua de mar en la resistencia a compresión de los testigos de concreto a lo especificado en el diseño de mezcla, siendo el agua de mar genera una disminución respecto al diseño de mezcla de la resistencia a compresión en los testigos de concreto.

Orozco y Palacio (2015) en la tesis de grado: **“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA RESISTENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON PERFORACIONES VERTICALES DE FABRICACIÓN ARTESANAL. CASO DE ESTUDIO: VILLANUEVA, BOLÍVAR”**, estudiaron el efecto que produjeron las características del agua subterránea del acuífero de Villanueva en el Departamento Bolívar-Colombia en la resistencia de unidades de mampostería perforada (bloque hueco) de concreto N<sup>o</sup>4 y N<sup>o</sup>6 a las edades de 7,14 y 28 días, con la finalidad de verificar si se podía sustituir el agua potable por la subterránea. Se concluyó en dicha tesis que el agua subterránea efectivamente influye en la resistencia a la compresión dándose un rango entre el 11% y el 16% menor en la resistencia, aunque observaron al mismo tiempo que la resistencia se movía en ese rango debido al tipo de cemento y al tipo de arena que se utilizaba.

Arévalo (2016) en la tesis de grado: **“INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR TRATADA, A TRAVÉS DE UN DESTILADOR SOLAR, EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA LAS RESISTENCIAS DE 3000 PSI Y 4000 PSI”**, determinó la influencia del uso agua de mar tratada a través de un destilador solar en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000PSI y 4000PSI, a través de ensayos y pruebas de laboratorio con el fin de aportar al desarrollo sostenible de las poblaciones costeras. En esta tesis el autor analizó y comparó los resultados de los ensayos de resistencia (compresión, tracción indirecta, flexión) realizados para el agua de mar tratada y el agua de grifo. Concluyendo que la influencia que ejerce el agua de mar destilada en la mezcla de concreto, en las propiedades físicas y mecánicas del mismo, no es óptima lo cual lo hace inviable para la construcción de elementos estructurales y por lo tanto no puede ayudar en el desarrollo de las comunidades costeras.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Concreto.**

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua (Polanco, 2010).

### **2.2.2. Principales propiedades del concreto.**

Las cuatro propiedades principales del concreto son: Trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad. El concreto tiene tres estados diferentes: Plástico, Fraguado y Endurecido. Cada estado tiene propiedades diferentes (IMCYC, 2004) .

### **2.2.3. Tipos de concreto.**

Sánchez y Tapia (2015) clasifican los tipos de concreto:

#### **a) Por el peso específico.**

- Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m<sup>3</sup>.
- Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m<sup>3</sup>.

#### **b) Según su aplicación.**

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Post tensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

#### **c) Por su composición.**

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: Concreto de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árida >25 mm.
- Con aire incorporado: en el concreto se le inyecta aire >6% V.
- Ligero: 1,2 – 2 = 2 N/mm<sup>2</sup> Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

**d) Por su resistencia.**

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos (Sánchez y Tapia, 2015).

**2.2.4. Características del Concreto Fresco.**

Se denomina concreto fresco al estado fluido del material, cuando son mezclados todos los componentes hasta el inicio del endurecimiento de la masa (Torres,2013). Ciertas características importantes a destacar en el concreto fresco son las siguientes:

**2.2.4.1. Mezclado.**

La función de la mezcla de materiales del concreto es revestir con la pasta de cemento la superficie de los agregados formándose una masa homogénea, la secuencia de carga de los ingredientes del concreto en la mezcladora es importante para la calidad de uniformidad final del producto donde el volumen del concreto debe ir en relación con el tamaño del tambor, el tiempo de mezclado, el diseño, condiciones del tambor y estado de las paletas. Se acepta que al inicio de mezclado se coloque aproximadamente el 10% de la proporción de agua, añadiendo luego los materiales sólidos conjuntamente con el 80% del agua. Se termina de introducir el 10% faltante cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora (ASOCEM, s.f.).

**2.2.4.2. Reología.**

Según Portugal (2003), La reología es la ciencia del flujo y deformación de la materia del concreto; la medición de las propiedades reológicas del concreto son importantes para la industria de la construcción dado que el concreto es emplazado en su estado fluido. Desafortunadamente dado la compleja composición de materiales del concreto, este no permite establecer un método exacto para predecir su flujo. El ACI menciona algunas propiedades calificadas como críticas para una aplicación: trabajabilidad, compactación, estabilidad, consistencia, compactación, etc. Los conceptos comunes abarcan todas estas propiedades en definiciones como la facilidad con que el concreto puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado o la habilidad del concreto para fluir.

#### **2.2.4.3. Fluidez.**

Describe la capacidad de movilidad que tendrá la mezcla de concreto (Torres,2013).

#### **2.2.4.4. Compactibilidad.**

Se da cuando al vibrar la mezcla se hace más fluida y puede distribuirse uniformemente, envolviendo bien las armaduras de acero y ocupando cualquier irregularidad dentro del encofrado (Torres, 2013).

#### **2.2.4.5. Estabilidad a la segregación.**

Es la capacidad que tiene los componentes del concreto de permanecer unidas sin provocar exudación cuando se separa el agua de los demás componentes, o segregación cuando los granos del agregado grueso se separan del resto de la mezcla (Torres, 2013).

#### **2.2.4.6. 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 de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación. Esta definición involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación (Rivva,2015).

#### **2.2.4.7. Asentamiento.**

El método de determinación empleado es conocido como método del cono de Asentamiento, método del cono de Abrams, o método del Slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactado en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica, por consiguiente, se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría (Rivva, 2015).

Rivva (2015) indica que en la actualidad se acepta una correlación entre la Norma Alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

- A las consistencias secas corresponde asentamientos de 1" a 2" (25 mm a 50 mm).
- A las consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3" a 4" (75 mm a 100 mm).
- A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de 6" a 7" (150 mm a 175 mm).

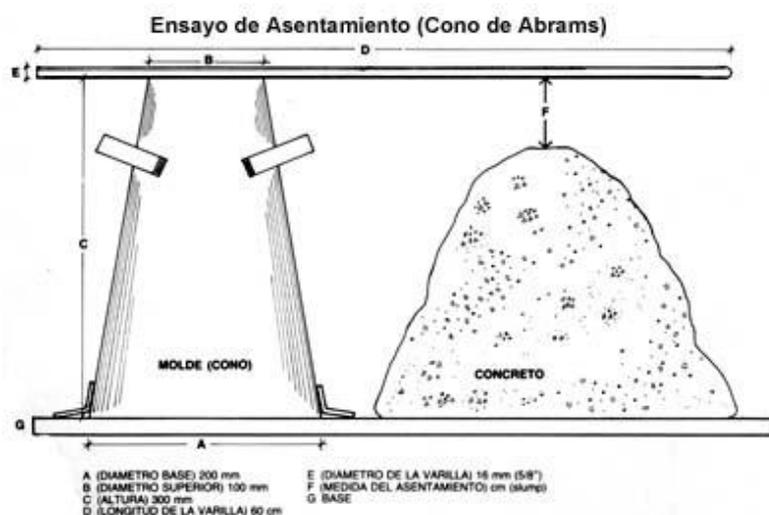


Figura 1: Cono de Abrams.

Fuente del "Manual de Concreto Estructural" de Porrero, Ramos, Graces y Velazco.

#### 2.2.4.8. Retracción.

Es el fenómeno de encogimiento o contracción del concreto que se origina producto de la pérdida parcial de agua en las primeras horas de fraguado el cual puede llegar a producir grietas en el mismo.

El fenómeno de retracción se puede producir en dos etapas distintas, la primera se da en el momento del fraguado del concreto denominándose como retracción de fraguado. La otra retracción del concreto se da en menor escala, pero es de mucha importancia, se da cuando el concreto esta endurecido al cabo de semanas o meses y se conoce como retracción hidráulica (Porrero, Ramos, Grases y Velazco, 2009).

#### 2.2.4.9. Mecanismo de Lubricación.

Según Porrero et al. (2009), explica que "es una forma bastante interesante para entender las relaciones cualitativas entre la calidad y proporciones de los componentes, así como algunas de las características más importantes del concreto,

es de considerar que este está formado por un conjunto de materiales en piezas que se debe mover, unas entre otras, lubricadas por la pasta de cemento. Es importante destacar que no solo la pasta de cemento funge como lubricante, sino también las partículas más finas del agregado fino”.

#### **2.2.4.10. Sangrado.**

Sangrado o exudación es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente el ascenso del agua a la superficie. El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la figuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente (Kostmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi, 2004).

#### **2.2.5. Características del concreto endurecido.**

El concreto tiene la característica de endurecer hasta hacerse una roca artificial, debido a las reacciones químicas que existen entre el agua y el cemento. Estas reacciones internas se producen aun así la mezcla de concreto se encuentre encerrada herméticamente bajo agua.

##### **2.2.5.1. Curado.**

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que este pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada. Sin una adecuada humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad.

La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación, por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a altas temperaturas, la temperatura del concreto se debe mantener por encima de los 10° C para un ritmo adecuado del desarrollo de resistencias (NRMCA, s.f.).

EJEMPLO DE PERÍODO MÍNIMO DE CURADO PARA ALCANZAR EL 50% DE LA RESISTENCIA ESPECIFICADA\*

Cemento Tipo I	Cemento Tipo II	Cemento Tipo III
<b>Temperatura – 50° F (10° C)</b>		
6 días	9 días	3 días
<b>Temperatura – 70° F (21° C)</b>		
4 días	6 días	3 días

\* Los valores son aproximados y están basados en ensayos de resistencia de cilindros de prueba. Se pueden establecer valores específicos para materiales y mezclas específicas. De la Referencia 7.

Figura 2: Periodo mínimo de curado.

Fuente del American Concrete Institute 306R.

### 2.2.5.2. Velocidad de secado.

Según Kosmatka et al (2004), el concreto no endurece ni se cura con el secado, este requiere de humedad para hidratarse y endurecerse. El secado del concreto únicamente está relacionado con la hidratación y el endurecimiento de manera indirecta.

Cuando se seca el concreto, deja de ganar resistencia; el hecho de que esté seco no indica que haya padecido la suficiente hidratación para obtener las propiedades físicas esperadas.

El conocimiento de la velocidad de secado es útil para interpretar las propiedades o la condición física del concreto. Por ejemplo, tal como se mencionó, el concreto necesita retener suficiente humedad durante toda la etapa de curado para que el cemento se hidrate. El concreto recién colado tiene abundante agua, pero mientras progresa el tiempo de secado desde la superficie del concreto a su interior, la resistencia ira en aumento en cada profundidad siempre y cuando la humedad relativa de ese punto permanezca por encima del 80%.

El concreto se retrae al secarse, siendo la contracción por secado la causa principal de fisuración (rajaduras, agrietamiento), y el ancho de las grietas es función del grado del secado.

### 2.2.5.3. Resistencia.

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, 2015).

La resistencia es una propiedad del concreto que, que casi siempre, es nativo de preocupación. Por lo general, se determina por la resistencia final de una probeta

en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o de tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad (Waddell, 1968).

#### **2.2.5.4. Durabilidad.**

La durabilidad es otra importante propiedad del concreto. El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación (Troxell, Davis y Kelly, 1968).

#### **2.2.5.5. Permeabilidad.**

La Permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (Kosmatka y Panarese, 1992).

#### **2.2.5.6. Peso Volumétrico.**

En concreto convencional, normalmente utilizado en pavimentos, edificios y diferentes estructuras, tiene una masa volumétrica que varía de 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup> en promedio. La masa volumétrica del concreto varía obedeciendo a la cantidad y densidad del agregado, porción de aire atrapado o intencionalmente incorporado y las cantidades de agua y cemento.

De otra parte, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta se aumenta la cantidad de agregado, produciéndose un incremento en la masa volumétrica. La masa volumétrica de concreto considerada para el concreto armado es de 2400 kg/m<sup>3</sup> (Kosmatka et al., 2004).

#### **2.2.5.7. Porosidad.**

##### **2.2.5.7.1. Ultramicroporos de gel.**

El concreto presenta gel de cemento en cuyo interior se encuentra ultramicroporos del tamaño de una micra (10<sup>-3</sup> mm) y de menor dimensión. Los cuales depende de la relación agua cemento (Torres, 2013).

#### **2.2.5.7.2. Poros entre granos de cemento.**

Entre los granos de cemento en proceso de hidratación, quedan microporos de mayores tamaños con respecto a los ultramicroporos de gel. Estos microporos dependen de la relación agua cemento tanto como de la fluidez de la mezcla y del nivel de compactación (Torres, 2013).

#### **2.2.5.7.3. Canalillos y Burbujas.**

Durante el vibrado y compactado del concreto se generan escapes de agua y aire, generándose vacíos producto de la sedimentación que se produce en torno a los agregados o el acero de refuerzo. Estos vacíos dependen de la calidad del vibrado y la consistencia de la mezcla (Torres, 2013).

### **2.2.6. Componentes del concreto.**

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos (Kosmatka, et al., 1992).

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm (Kosmatka y Panarese, 1992).

#### **2.2.6.1. Agregados.**

Denominado también como áridos o inertes, son granos pétreos fragmentados usualmente cuyo fin es dar a la mezcla características favorables como la disminución de la retracción de fraguado. Los agregados representan entre un 70% y 85% del peso del concreto formando la mayor parte de la masa, por esta razón las propiedades del material pétreo son muy importantes para la calidad final de la mezcla.

##### **2.2.6.1.1. Granulometría.**

En cumplimiento con la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037, los agregados finos y grueso deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Tabla 1  
Requisitos granulométricos del agregado fino.

Requisitos granulométricos del agregado fino	
MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 8	80 – 100
Nº 16	50 – 85
Nº 30	25 – 60
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 - 10

Fuente del libro "Diseño de Mezclas" de Rivva López.

Tabla 2  
Requisitos granulométricos del agregado grueso.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO												
	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
	100	90	75	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	4"	3 ½"	3"	2½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº 8	Nº16
90 mm a	3 ½" a	100	90 a	--	25 a	--	0 a	--	0 a	--	--	--	--
37.5 mm	1 ½"		100		60		15		15		--	--	--
63 mm a	3 ½" a	--	--	100	90 a	35 a	0 a	--	0 a	--	--	--	--
37.5 mm	1 ½"				100	70	15		5		--	--	--
50 mm a	2" a	--	--	--	100	90 a	35 a	0 a	0 a	--	--	--	--
25.00 mm	1"				100	100	70	15	15		--	--	--
50 mm a	2" a	--	--	--	100	95 a	--	35 a	--	10 a	--	0 a	--
4.75 mm	Nº4				100	100	70	--	30		5	--	--
37.5 mm a	1 ½" a	--	--	--	--	100	90 a	20 a	0 a	--	0 a 5	--	--
19.0 mm	¾"					100	100	55	5		--	--	--
37.5 mm a	1 ½" a	--	--	--	--	100	95 a	--	35 a	--	10 a	0 a	--
4.75 mm	Nº 4					100	100	--	70	--	30	5	--
25 mm a	1" a	--	--	--	--	--	100	90 a	20 a	0 a	0 a 5	--	--
9.5 mm	½"						100	100	55	10	--	--	--
25 mm a	1" a	--	--	--	--	--	100	90 a	40 a	10 a	0 a	0 a	--
9.5 mm	3/8"						100	100	85	40	15	5	--
25 mm a	1" a	--	--	--	--	--	100	95 a	--	25 a	--	0 a	0 a
4.75 mm	Nº 4						100	100	--	60	--	10	5
19 mm a	¾" a	--	--	--	--	--	--	100	90 a	20 a	0 a	0 a	--
9.5 mm	3/8"							100	100	55	15	5	--
19 mm a	¾" a	--	--	--	--	--	--	100	90 a	--	20 a	0 a	0 a
4.75 mm	Nº4							100	100	--	55	10	5
12.5 mm a	½" a	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a	40 a	0 a	0 a
4.75 mm	Nº 4								100	100	70	15	5

9.5 mm a	3/8" a	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a	10 a	0 a	0 a 5
2.36 mm	Nº 8										100	30	10	
9.5 mm a	3/8" a	--	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a	25 a	5 a	0 a
1.18 mm	Nº16										100	55	30	10
4.75 mm a	Nº4 a	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a	10 a	0 a
1.18 mm	Nº16											100	40	10

Fuente del libro "Diseño de Mezclas" de Rivva López.

El uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas anteriormente están permitidos siempre y cuando existan estudios clasificados a satisfacción que aseguren que el material pueda producir concreto con la calidad requerida.

-Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

-Agregado grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla:

Tabla 3

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.*

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global	
Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadradas	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo
mm (pulg)	Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente de la Norma Técnica Peruana 400.012.

### 2.2.6.1.2. Tamaño Máximo.

Como conceptos de caracterización física de los agregados tenemos:

- TAMAÑO MÁXIMO: Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.
- TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO: Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

- **MÓDULO DE FINEZA:** Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

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

### 2.2.6.1.3. Impurezas.

La mayoría de impurezas acompañan al agregado fino, el cual debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas (Rivva, 2015).

Según Neville, A. (1998), los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aun así no resultar adecuados para la elaboración del concreto si contienen impurezas orgánicas que interfieran al proceso de hidratación.

El agregado fino no deberá presentar materia orgánica siempre y cuando no supere lo permisible en la Norma N.T.P. 400.013.

Según Rivva, (2015). El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentas de arcilla y partículas desmenuzables:	3%
- Material más fino que la malla N <sup>o</sup> 200:	
a) Concretos sujetos a abrasión:	3%
b) Otros Concretos:	5%
- Carbón:	
a) Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante:	0.5%
b) Otros Concretos:	1%

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes límites:

- Arcilla	0.25%
- Material más fino que la malla N <sup>o</sup> 200	1.00%
-Partículas deleznales	5.00%
-Carbón y Lignito:	
a) Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	0.5%
b) Otros Concretos	1%

#### **2.2.6.1.4. Sales Naturales.**

Los agregados finos y gruesos no deben contener sales solubles totales en porcentaje superior del 0.04% de tratarse de concreto armado; ni del 0.015% en el caso de concreto presforzado.

Se determinará el contenido de cloruro de calcio presente en el agregado como cloruro soluble en agua, según a lo especificado en la Norma ASTM D 1411. En lo posible no será empleado el agregado que proceda del mar; de ser ello inevitable se deberá contar con autorización de una inspección y el agregado deberá ser tratado por lavado con agua potable antes de utilizarlo en la preparación del concreto (Rivva, 2015).

#### **2.2.6.1.5. Humedad.**

Según Neville y Brooks (1998) explica el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, puesto que la absorción la representa el agua contenida en el agregado en condición saturada y de superficie seca. Así el contenido total de agua de un agregado húmedo será igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad.

La humedad es considerada como la diferencia de peso que existe entre el material húmedo y el material secado al horno y se expresa como porcentaje en peso referido al material seco.

Es una característica importante pues contribuye a relacionar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en la proporción de las mezclas.

#### **2.2.6.1.6. Peso Específico.**

Es la propiedad en los agregados que se define como la correlación entre el peso y el volumen de una cantidad de agregado donde no se cuenta con los vacíos que quedan entre grano y grano (Pineda, 2009).

#### **2.2.6.1.7. Peso Unitario de los Agregados.**

El peso unitario indica el grado de reacomodo de las partículas en el agregado fino y grueso, es decir mientras mayor sea el peso unitario menor será el volumen de vacíos.

Los Pesos unitarios se clasifican en:

- a) Peso Unitario Suelto:

Se utiliza para diseños en volumen donde el agregado se medirá sin compactar. Para obtener el peso unitario suelto se debe pesar el agregado en un recipiente luego de haberse dejado caer libremente.

b) **Peso Unitario Compactado:**

En el caso del peso unitario compactado se pesa luego de haber compactado el agregado de forma similar que el concreto.

**2.2.6.1.8. Absorción de los Agregados:**

Es la capacidad que tienen los agregados de llenar los espacios vacíos que tiene en sus partículas la cual depende de la porosidad del agregado. Se llama absorción a la cantidad de agua que absorbe el agregado luego de ser sumergido por 24 horas la cual debe ser expresada en porcentaje del peso (Sánchez y Tapia,2015)

**2.2.6.2. Cemento.**

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto.

En la siguiente tabla se podrá observar con mayor precisión los principales componentes del cemento:

Tabla 4  
*Principales componentes del cemento.*

Principales Componentes del Cemento		
Nombre del componente	Composición óxida	Abreviatura
Silicato de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Silicato de bicalcio	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Aluminio de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$

Fuente del libro "Tecnología del Concreto" de Neville y Brooks.

**2.2.6.2.1 Tipos de cemento.**

**a) Cementos Portland sin adición:**

Sánchez y Tapia (2015) indican que estos cementos están constituidos por Clinker pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Teniéndose según las normas técnicas:

- Tipo I: Para usos que no requieren propiedades especiales de ningún otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

**b) Cementos Portland Adicionados:**

Contienen además de Clinker portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que se constituyen a mejorar las propiedades del cemento. Por ejemplo. puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfatos de calcio, incorporadores de aire (Sánchez y Tapia, 2015).

**2.2.6.2.2. Desarrollo de las Resistencias.**

La resistencia del cemento dependerá tanto de su composición como de su finura. El desarrollo de las resistencias, o velocidad de secado, tiene importancia en el concreto, debido a que puede orientar las acciones del desencofrado y permitir inferir en las informaciones relativas a la predicción de resistencias normativas, a los 28 días, con base en los resultados obtenidos de los ensayos realizados en edades más tempranas (Porrero, 2009.).

**2.2.6.2.3. Resistencia a los ataques químicos.**

Los concretos elaborados sobre la base de cemento Portland son, en general resistentes a ciertas agresiones químicas con un PH mayor de 6. Sin embargo, hay excepciones, como lo son en el caso de los sulfatos presentes en el suelo, en el agua de mar y aguas servidas. Cuanto mayor sea el contenido de aluminio tricálcico del cemento será mayor su susceptibilidad a ser atacado por sulfatos (Porrero, 2009).

**2.2.6.3. Agua.**

Sánchez y Tapia (2015) indican que las aguas potables y aquellas que no presenten sabores y olores se pueden utilizar para la preparación del concreto, no obstante, algunas aguas no potables se pueden utilizar siempre y cuando cumplan

con algunos requisitos, en el Perú es frecuente trabajar con aguas no potables en especial cuando se tratan de obras en fuera de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el cemento para lograr:

- a) La formación de gel.
- b) En estado fresco, faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
- c) En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

#### **2.2.6.3.1. Calidad del Agua**

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y de preferencia ser potable. No existen criterios uniformes entre las distintas normativas respecto a los límites permisibles para sales y sustancias presentes en el agua destinada a emplearse.

##### **- Restricciones de uso de agua:**

De acuerdo a Rivva (2015), no se podrá utilizar en la preparación del concreto:

- Aguas ácidas. En general, el agua de mezclado que contiene ácido clorhídrico, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10,000 ppm no tiene un efecto adverso en la resistencia. Las aguas ácidas con valores pH menores que 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible

- Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas; o naturales
- Aguas que procedan de minas o relaves
- Aguas que contengan residuos industriales
- Aguas que contengan cloruro de sodio superior 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- Aguas que contengan algas; materia orgánica; humus; partículas de carbón; turba; azufre; o descargas de desagües.
- Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos.
- Aguas con contenido azúcares o sus derivados.
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado. Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5% el peso del cemento, no afecta en gran medida a la resistencia del concreto toda vez que no ocasionen un fraguado rápido.

### **2.2.6.3.2. Agua de Acuífero.**

Agua subterránea está contenida en que se llama: acuíferos. Un Acuífero es una formación geológica o una parte de ese, que consta de un material permeable capaz de almacenar una cierta cantidad significativa de agua. Acuíferos pueden estar compuestos de distintos materiales: arena suelta y ripio, rocas permeables sedimentadas como piedras de arena o piedras de lodo, lava volcánica fracturada y rocas cristalizadas etc.

Agua subterránea se puede encontrar en casi todos los lugares. La tabla de agua puede estar profundo o superficial, depende de varios factores, como las características físicas de la región, las condiciones meteorológicas y las tasas de explotación y recarga.

Lluvia fuerte puede incrementar recarga y causa incremento de la tabla de agua. Pero de otra manera un periodo extendido de tiempo seco se baja el nivel de la tabla de agua. El agua subterránea se moverá hasta que se descargue en otro acuífero u otro cuerpo como una laguna, un océano o hasta que se extrae por un pozo (Clark y Briar, 2001).

### **2.2.7. Cloruros.**

La principal razón que preocupa respecto al contenido de cloruros en agua destinadas para la preparación del concreto es la corrosión que generan los iones de cloruro en las armaduras de refuerzo. Los iones cloruro atacan la capa protectora de óxido que se forma sobre el acero, producto de la alta alcalinidad (pH mayor que 12.5) que se presenta en el concreto.

La corrosión empieza en el concreto con un nivel de iones de cloruro solubles en ácido aproximado de 0.2% al 0.4% en peso de cemento (0.15% al 0.3% soluble en agua). Del total contenido de iones de cloruro en el concreto, solo aproximadamente del 50% al 85% es soluble en agua (Kostmatka, et al, 2004).

### **2.2.8. Sulfatos.**

El concreto adquiere una apariencia blanquecina luego que es atacado por sulfatos. Regularmente el daño inicia por las esquinas y en los bordes, a lo que siguen fisuración y astillamiento.

El deterioro ocasionado se debe a que el ataque de sulfatos provoca el sulfato de calcio (yeso) y sulfoaluminato de calcio (estringuita): ambos productos ocupan un mayor volumen que los componentes a los que reemplazan, por lo que tiene lugar la expansión, factura y ablandamiento del concreto (Neville y Brooks, 1998).

### 2.2.9. Diseño de Mezclas por el método del comité 211 del ACI.

#### a) Selección de la resistencia promedio.

A través de las ecuaciones del ACI. Donde  $s$  es la desviación estándar.

$$F'_{cr} = F'_c + 1.34 * S$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 * S - 35$$

Cuando no se cuenta con registros de resistencia de probetas en obras y proyectos anteriores:

Tabla 5

*Resistencia a la compresión promedio cuando no hay registros.*

Resistencia especificada a la compresión ( $F'_c$ , kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio requerida a la compresión ( $F'_{cr}$ , kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Mas de 350	$f'_c + 98$

Fuente de la norma E.060 Concreto Armado adaptado por Rivva López.

#### b) Selección del tamaño máximo nominal de agregados finos:

Se debe contemplar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y espacios libres entre varillas individuales o paquetes de ella. Es preferible el mayor tamaño disponible por consideraciones económicas, debiendo contar con una trabajabilidad conveniente y el proceso de compactado permite que el concreto sea colado sin generar vacíos.

#### c) Selección del asentamiento (slump):

Se debe realizar la selección del slump teórico según el tipo de estructura. La trabajabilidad del concreto fresco se comprobará mediante el ensayo de slump mediante el uso de cono de Abrams.

Tabla 6

*Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.*

Tipo de Estructura	Asentamiento Máximo	Asentamiento mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"

Columna de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente del American Concrete Institute adaptado por Rivva López.

**d) Selección del volumen unitario de agua (tablas):**

Se seleccionará el contenido de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido según la siguiente tabla:

Tabla 7  
Volumen unitario de agua.

Agua en lt/m <sup>3</sup> , para TNM agregados y consistencia indicada								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto 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	--
Concreto 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	187	184	174	166	154	--

Fuente del American Concrete Institute adaptado por Rivva López.

**e) Selección de Contenido de aire (tablas):**

Tabla 8  
Contenido de aire atrapado.

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

Fuente del American Concrete Institute adaptado por Rivva López.

**f) Selección de la relación agua /cemento (tablas):**

El ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera.

Tabla 9  
*Relación agua - cemento por resistencia.*

<b>RELACION AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO</b>		
F'cr (28 días)	CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.80	0.71
175	0.75	0.66
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.58	0.49
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	....
450	0.38	....

Fuente del American Concrete Institute adaptado por Rivva López.

**g) Determinación del cemento:**

El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua considerando la relación agua/cemento.

**h) Determinación del agregado (tablas):**

Tabla 10  
*Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto.*

<b>Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/bo)</b>				
TMN del agregado grueso	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"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente del American Concrete Institute adaptado por Rivva López.

**i) Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes:** el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.

**j) Determinación del peso seco del agregado fino:** Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia.

**k) Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección:** Este Consiste en realizar los ajustes por humedad de los agregados al diseño de mezcla para posteriormente realizar los ajustes a las mezclas de prueba.

### 2.3. Definición de términos.

- **Agregado Fino:** Es aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. (E.060, 2009).
- **Agregado Grueso:** Es el material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. (E.060, 2009).
- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto.
- **Diseño de mezcla:** Es el procedimiento de diseño basado principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado. (Osorio,2013)
- **Materiales de construcción:** Son materias primas o con más frecuencia, un producto elaborado empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil. (Mirave,2005)
- **Cemento:** Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire. (OxfordDictionaries, s.f.)
- **Análisis químico:** Es el conjunto de técnicas y procedimientos empleados en muchos campos de la ciencia para identificar y cuantificar la composición química de una sustancia mediante diferentes métodos (Consumoteca, 2009)
- **Acuífero:** son aquellas formaciones geológicas en las cuales se encuentra agua y que son permeables permitiendo así el almacenamiento de agua en espacios subterráneos. (Bembibre,2010)
- **Relación agua/cemento:** Es la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa. (IMOCOM, s.f.)

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación.**

- Tipo de investigación: EXPLICATIVO.
- Diseño de investigación: DISEÑO DE LABORATORIO.

### **3.2. Población y/o muestra de estudio.**

- 15 probetas de mezcla de concreto elaboradas con agua potable y Cemento HE (mezcla patrón).
- 15 probetas de mezcla de concreto elaboradas con agua de pozo del sector Los Palos y cemento HE.
- 15 probetas de mezcla de concreto elaboradas con agua de pozo del sector Los Palos y cemento HS.

### **3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.**

El problema se estudió iniciando por la observación donde los investigadores pudieron cerciorarse que el distrito de la Yarada – Los Palos carece de abastecimiento de agua potable, a la vez se realizó entrevista (no estructuradas) con pobladores de la zona quienes aseguraron que el agua de pozo es su principal recurso hídrico de consumo y principal insumo en las construcciones del sector.

Se realizó observaciones experimentales: mediante ensayos de laboratorio de muestras de agua potable de Tacna y Agua de Pozo del sector Los Palos de forma externa que fueron enviadas a la Universidad Nacional Agraria la Molina ; así como ensayos presenciales de las propiedades de los agregados, la elaboración y sometimiento a ruptura de probetas de concreto en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se pudo experimentar mediante la utilización de la variable “agua” en el diseño de mezcla. Utilizando como instrumentos: ficha de registros de datos obtenidos como resultados de los ensayos, hojas de cálculo digitales para el procesamiento de datos y cámara fotográfica durante el proceso de investigación.

### **3.4. Procesamiento y análisis de datos.**

- Estadística inferencial o inductiva.
  - Tratamientos: Agua (pozo La Yarada, Red pública).
  - Factor fijo: Agregados y cemento.
  - Unidad experimental: Probetas de concreto.
  - Variable de respuesta: Resistencia a la compresión

### 3.5. Operacionalización de variables.

Tabla 11  
Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR
<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u>			
Resistencia a la Compresión	Capacidad del concreto para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm <sup>2</sup> o MPa	Esfuerzo de Compresión Simple F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup> a distintas edades	Diseño de mezcla. Relación A/C. Calidad del agua - Ensayos. Calidad de los agregados – Ensayos. Numero de probetas cilíndricas. Ensayo de compresión simple por edad de ensayo.
<u>VARIABLES INDEPENDIENTES</u>			
Cemento	Sustancia adhesiva artificial, con la que se pueden formar masas plásticas que son capaces de unir entre sí a fragmentos de materiales sólidos (agregados) con una distribución granulométrica determinada, formando un conjunto totalmente compacto y resistente.	Cemento Portland HE y HS	Tipo de cemento. Proporción en peso o volumen (Kg ó P <sup>3</sup> ).
Agregados	Material granular graduado mediante husos granulométricos, empleado como componente para elaborar concreto hidráulico.	Piedra chancada y arena gruesa	Gradación del agregado grueso y fino. Proporción en peso o volumen (Kg ó P <sup>3</sup> ).
Agua	Componente del concreto que al entrar en contacto con el cemento provoca reacciones químicas e hidratación, y que junto a los agregados proporcionan propiedades de fraguado y endurecimiento.	Agua Potable o Agua de pozo	Cloruros (ppm). Sulfatos (ppm). Sales Solubles Totales (ppm). Ph.

Fuente Propia.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS.

### 4.1. Extracción de agua de pozo y agregados.

#### 4.1.1. Extracción del agua de pozo.

La extracción de agua se realizó en el pozo identificado como “2016.ANA.IRHS-42”, ubicado a 180 metros del mar y 1450 metros de la plaza principal de Los Palos aproximadamente, con coordenadas 347079.68 m Este, 7976431.79 m Sur y 7 metros sobre el nivel del mar (M.S.N.M.) en el distrito La Yarada – Los Palos.

El agua se extrajo del acuífero para almacenarse en el tanque principal y de ahí abastecer a la zona del balneario, donde se accedió a la administración con permiso del encargado de los bungalows del distrito. Provistos de cilindros contenedores y camioneta, se extrajo aproximadamente 500 litros de agua del acuífero en el sector de Los Palos que se destinó para el análisis químico, diseño de mezcla y curado respectivo de las probetas de concreto.



*Figura 3:* Tanque de almacenamiento del agua de pozo “IRHS-42”.  
Fuente Propia.



*Figura 4:* Ubicación del pozo “IRHS-42”.  
Fuente del programa “Google Earth”.

#### 4.1.2. Extracción agregados fino y grueso

La extracción de agregados fino y grueso se realizó en la cantera del Consorcio Zúñiga, ubicado a inmediaciones de los reservorios de agua del Proyecto Especial Tacna (P.E.T.) en Cerro Blanco, distrito de Calana con coordenadas 376239.31 m Este, 8011196.97 Sur y 822 metros sobre el nivel del mar (M.S.N.M.).

Por recomendación del técnico del Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna y tesis pasadas, no se utilizaron las canteras de Magollo y Arunta debido a que en el ensayo de granulometría no cumplían los requisitos por los tamices normalizados en su gran mayoría.

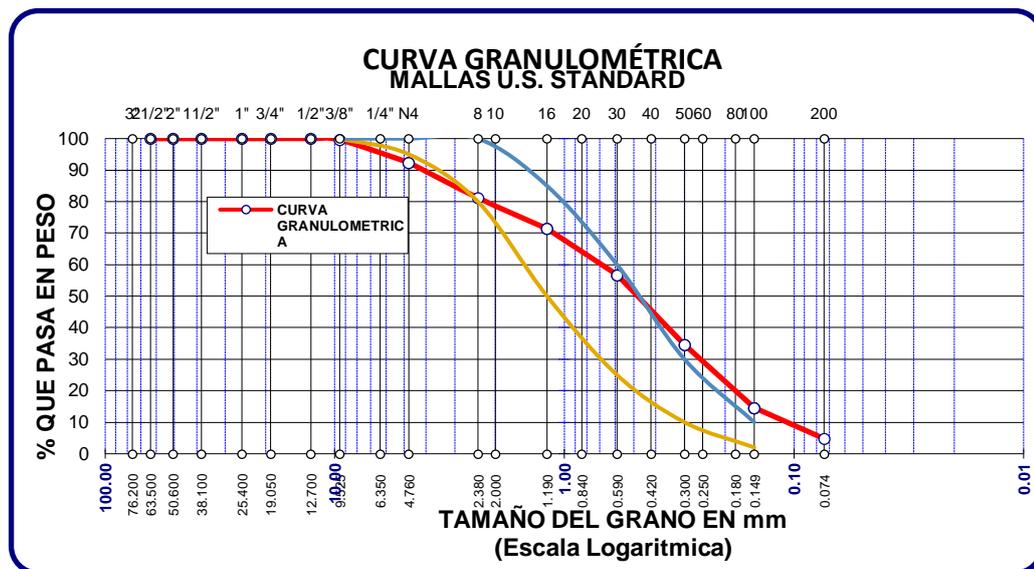


Figura 5: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Arunta. Fuente de la tesis “DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA EN LA CIUDAD DE TACNA” de Rodríguez y Ticona.

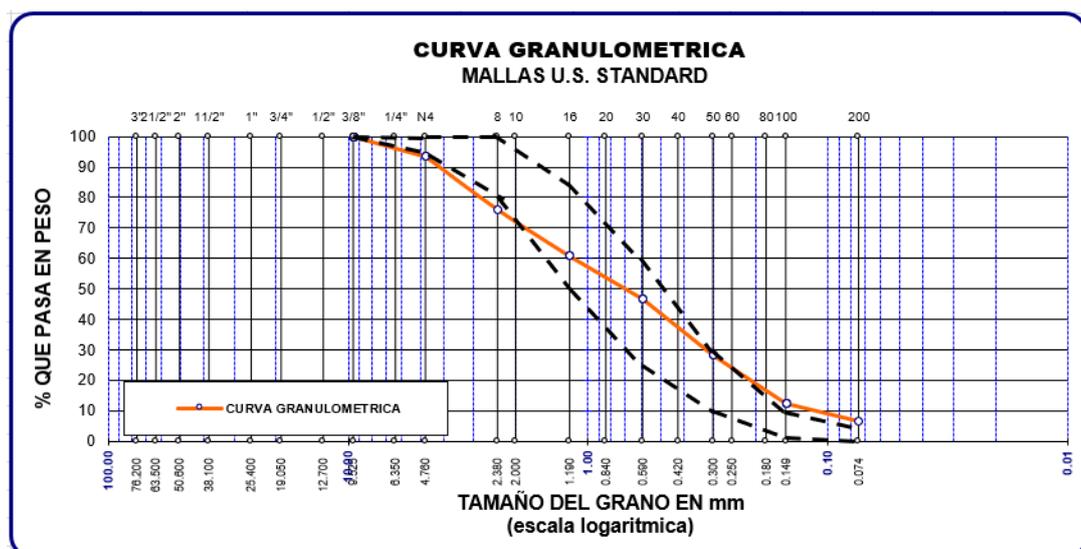


Figura 6: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Magollo. Fuente del análisis granulométrico del Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna.

Provistos de sacos, palas y camioneta, se extrajo aproximadamente 240 kilogramos de arena gruesa y 300 kilogramos de piedra chancada de tres cuartos de pulgada (3/4”).

El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.010 “Agregados. Extracción y Preparación de las Muestras”.

Muestreo de depósitos o unidades de transporte: De ser posible evitar este tipo de muestreo, particularmente para la determinación de las propiedades del agregado que puedan ser dependientes de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario realizar este tipo de muestreo, designar un plan de muestreo para este caso, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos.

Al llegar a la Cantera Zúñiga se siguió las indicaciones de la norma para la extracción de los agregados:

- Para agregado grueso, obtener tres incrementos, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo de la pila.
- Para agregado fino, es necesario tomar la muestra que se encuentra bajo el material segregado, en tres lugares aleatorios (Norma Técnica Peruana, 2001).



Figura 7: Extracción del agregado fino en la Cantera Zúñiga.  
Fuente propia.



Figura 8: Extracción del agregado grueso en la Cantera Zúñiga.  
Fuente propia.

#### 4.2. Análisis del agua

De acuerdo a la norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Técnica Peruana 339.088 Requisitos de Calidad del Agua para el Concreto se consideró lo siguiente:

- El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.
- Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:

(a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

(b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

(c) Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

La calidad del agua, determinada mediante análisis de laboratorio, debe cumplir con los valores que a continuación se indican; debiendo ser aprobados por la inspección las excepciones de los mismos (Rivva López , 2015).

Tabla 12  
*Límite permisible de sustancias disueltas según MTC.*

Descripción	Máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles	1500 ppm
Totales	
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente del libro "Diseño de Mezclas" de Rivva López.

La NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 13  
*Límite permisible de sustancias disueltas según NTP.*

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000 ppm
Materia Orgánica	3 ppm
Alcalinidad (NaCHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm
Cloruros (ión Cl <sup>-</sup> )	1000 ppm
pH	5 a 8

Fuente de la NTP 339.088.

Se optó por hacer 2 análisis químicos del agua, uno del agua potable de la red del distrito de Pocollay y la otra del agua de pozo IRHS-42 del balneario los Palos. En dos botellas limpias de un litro se llenó con cada tipo de agua, se sellaron y se enviaron al Laboratorio de Agua, Suelos, Medio Ambiente y Fertirriego de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina en la ciudad de Lima (certificado en anexos); obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 14  
Resultados del análisis químico del agua.

N° Lab.	N° Campo	SST (mg/L)	CL (mg/L)	SO4 (mg/L)	PH	CO3 (mgco3/L)
2420	Agua Potable	670.00	42.56	166.22	7.41	0.00
2421	Agua de Pozo	2580.00	503.63	422.87	7.85	5.73

Resultados del análisis químico de Sales Solubles Totales, Cloruros, Sulfatos, PH y Carbonatos.

Fuente Propia.



Figura 9: Muestras de agua potable y agua de pozo para su análisis químico en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Fuente propia.

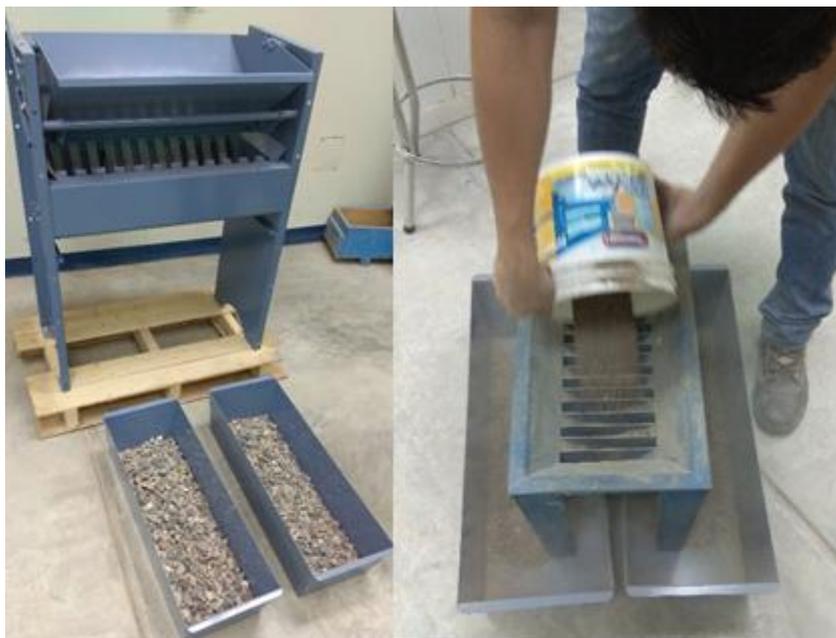
#### 4.3. Ensayos de Laboratorio de los Agregados.

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna, donde se llevó los agregados fino y grueso.

Para realizar los ensayos, se realizó el cuarteo de los agregados basándose en la norma ASTM C702 "Práctica Normativa para Reducir las Muestras de Agregados a Tamaño de Prueba". Dicha norma tiene por objetivo reducir las muestras de los agregados a cantidades menores para que sean representativas y lo más homogéneas posible. (ASTM INTERNATIONAL, 2003).

Los equipos que se utilizaron fueron el cuarteador mecánico para cada tipo de agregado y una cuchara alimentadora. La muestra se colocó dentro del cuarteador con ayuda de la cuchara alimentadora de modo que se distribuya uniformemente en

toda la longitud, para que al verter la muestra fluya por cada uno de los conductos en cantidades aproximadamente iguales con una velocidad que permita un flujo constante por los conductos. Se seleccionó uno de los 2 recipientes para los ensayos a realizar, mientras que el otro se devolvió como descarte para nuevos ensayos, este procedimiento se repitió las veces que fue necesario para obtener la cantidad requerida para las pruebas a realizar.



*Figura 10: Cuarteo de agregados grueso y fino.*  
Fuente propia.

#### **4.3.1. Contenido de Humedad Natural.**

Para realizar el ensayo de humedad natural, se empleó la norma NTP 139.185 “Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

La humedad o contenido de humedad de los agregados es la relación expresada como porcentaje del peso de agua que contiene el agregado en un momento dado al peso de las partículas en estado seco (Norma Técnica Peruana, 2013).

##### **4.3.1.1 Materiales y Equipos.**

- Agregados: Muestras fino y grueso para su análisis.
- Taras: Recipientes metálicos con una capacidad de por lo menos 1000 gramos.
- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.1 gramos.

- Horno: De capacidad de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- Otros utensilios: Franelas, etiquetas, cuchara alimentadora, libreta de apuntes.

#### 4.3.1.2 Procedimiento.

- Se seleccionó una cantidad representativa de los agregados, aproximadamente de 500 gramos.
- Se pesaron las taras en la balanza electrónica.
- Se colocaron las muestras en las taras para pesarlas en la balanza electrónica.
- Se colocaron etiquetas para distinguir las muestras y fueron llevadas al horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de  $110^\circ \text{C}$  aproximadamente para que tengan un proceso de secado.
- Al cabo de 24 horas en el horno, se retiraron las muestras para que enfríen y sean pesadas en la balanza electrónica.
- Se anotaron los datos y se procedió a realizar los cálculos del contenido de humedad natural de los agregados.



Figura 11: Agregado fino después de haber sido pesado y posteriormente etiquetado.  
Fuente propia.



Figura 12: Agregado fino y grueso secos al cabo de 24 horas en el horno.  
Fuente propia.

#### 4.3.1.3 Fórmulas.

$$\%W = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

- %W: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.
- $W_h$ : Masa de la muestra húmeda original en gramos.
- $W_s$ : Masa de la muestra seca en gramos.

#### 4.3.1.4 Resultados.

- ✓ Agregado fino:

Tabla 15

*Contenido de humedad natural en el agregado fino.*

MUESTRA N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	39.4	39.1	39.4
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	301.3	382.8	455.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	299.4	380.4	452.6
Peso del Agua	gr.	1.9	2.4	2.8
Peso de la muestra seca neta	gr.	260.0	341.3	413.2
Porcentaje de humedad	%	0.73	0.70	0.68
<b>Promedio</b>	<b>%</b>		<b>0.70</b>	

Fuente propia.

- ✓ Agregado grueso:

Tabla 16

*Contenido de humedad natural del agregado grueso.*

MUESTRA N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	162.9	94.8	54.1
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	707.9	783.5	582.9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	705.6	780.8	580.7
Peso del Agua	gr.	2.3	2.7	2.2
Peso de la muestra seca neta	gr.	542.7	686.0	526.6
Porcentaje de humedad	%	0.42	0.39	0.42
<b>Promedio</b>	<b>%</b>		<b>0.41</b>	

Fuente propia.

#### 4.3.2. Análisis Granulométrico.

Para realizar el ensayo de humedad natural, se empleó la NTP 400.012 "Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global".

La granulometría de los agregados se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados de mayor a menor.

Los tamices son mallas de aberturas cuadradas, que se encuentran estandarizadas por la Norma Técnica Peruana 400.037 "Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto".

La serie de tamices utilizados para agregado grueso son 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8 y para agregado fino son 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200. Los agregados deberán estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037 o en la norma ASTM C-33 "Requisitos granulométricos de los agregados en porcentaje que pasa por los tamices normalizados.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como aquel que corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro de los límites de más o menos 0.2 del valor asumido por la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10. Si se excede el límite de más o menos 0.2, el agregado podrá ser rechazado por la inspección.

#### **4.3.2.1. Materiales y Equipos.**

- Charola: Recipiente de la muestra.
- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.1 gramos.
- Agregados: Muestras fino y grueso para su análisis.
- Tamices: Que cumplan la NTP o ASTM.
- Otros utensilios: Cuchara alimentadora, libreta de apuntes.

#### **4.3.2.2. Procedimiento.**

- Se cuarteó los agregados fino y grueso antes de pasarlos por los tamices respectivos.
- Se pesó una cantidad representativa de los agregados; para el agregado fino una cantidad mínima de 300 gramos y para el agregado grueso de tamaño máximo nominal 3/4 de pulgada unos 5 kilogramos como mínimo según la NTP 400.012.
- Se seleccionaron los tamices para cada tipo de agregados; se pesaron los tamices y se armaron en forma de torre en orden descendente de arriba abajo.
- Se vertió las muestras en los tamices para cada tipo de agregado y luego se agitó los tamices durante unos 10 minutos.

- Después de agitar las muestras en los tamices se procedió a desarmar las torres con cuidado y pesar los tamices con el material retenido.
- Se anotaron los datos y se procedió a realizar los cálculos respectivos del ensayo.



*Figura 13:* Ensayo de granulometría del agregado fino y grueso.  
Fuente propia.



*Figura 14:* Agregados fino y grueso retenidos en los tamices.  
Fuente propia.

#### 4.3.2.3. Fórmulas.

- ❖ Porcentaje retenido parcial:

$$\%Rp = \frac{Pr}{Pm} \times 100$$

Donde:

- %Rp: Porcentaje retenido parcial.
- Pr: Peso retenido en el tamiz.
- Pm: Peso de la muestra.

- ❖ Porcentaje retenido acumulado:

$$\%Ra = \Sigma \%Rp$$

Donde:

- %Ra: Porcentaje retenido acumulado.
- $\Sigma \%Rp$ : sumatoria del porcentaje retenido parcial.

- ❖ Porcentaje que pasa el tamiz:

$$\%Pt = 100 - \%Ra$$

Donde:

- %Pt: Porcentaje que pasa el tamiz.
- %Ra: Porcentaje retenido acumulado.

- ❖ Módulo de fineza del agregado fino:

$$Mf = \frac{\Sigma \%Ra(N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Donde:

- Mf: Módulo de fineza.
- %Ra: Porcentaje retenido acumulado.

#### 4.3.2.4. Resultados

- ✓ Agregado fino:

$$Mf = \frac{(3.70 + 26.24 + 43.04 + 57.74 + 77.42 + 90.58)}{100}$$

$$Mf = \frac{(298.72)}{100} = 2.99$$

Tabla 17  
Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido gramos	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	% Que pasa (NORMA)
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	6.350					
No4	4.760	35.80	3.70	3.70	96.30	95 100
No8	2.380	217.80	22.53	26.24	73.76	80 100
No10	2.000					
No16	1.190	162.40	16.80	43.04	56.96	50 85
No20	0.840					
No30	0.590	142.10	14.70	57.74	42.26	25 60
No40	0.420					
No 50	0.300	190.20	19.68	77.42	22.58	10 30
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	127.20	13.16	90.58	9.42	2 10
No200	0.074	62.00	6.41	96.99	3.01	0 5
<b>BASE</b>		29.10	3.01	100.00	0.00	
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>		<b>966.60</b>				

Fuente Propia.

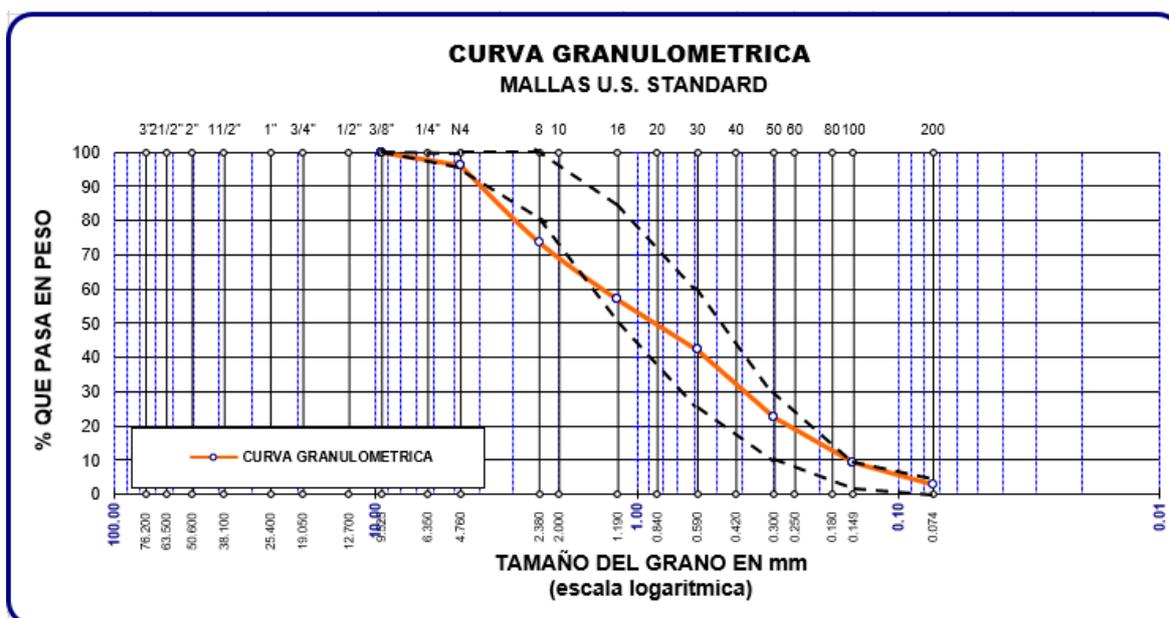


Figura 15: Curva granulométrica del agregado fino en comparación con los límites especificados en la NTP 400.037 o la norma ASTM C33. Fuente propia.

✓ Agregado grueso:

Tabla 18

Análisis granulométrico del agregado grueso.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido gramos	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	% Que pasa (NORMA)
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.050	69.80	1.23	1.23	98.77	90
1/2"	12.700	2829.50	49.85	51.08	48.92	-
3/8"	9.525	1096.60	19.32	70.40	29.60	20
1/4"	6.350					
No4	4.760	1655.50	29.17	99.56	0.44	0
No8	2.380	24.70	0.44	100.00	0.00	0
No10	2.000					
No16	1.190					
No20	0.840					
No30	0.590					
No40	0.420					
No 50	0.300					
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149					
No200	0.074					

BASE  
PESO TOTAL DE LA MUESTRA 5676.10

El tamaño máximo nominal corresponde al tamiz que produce el primer retenido, en este caso se tiene un TMN de 3/4".

Fuente propia.

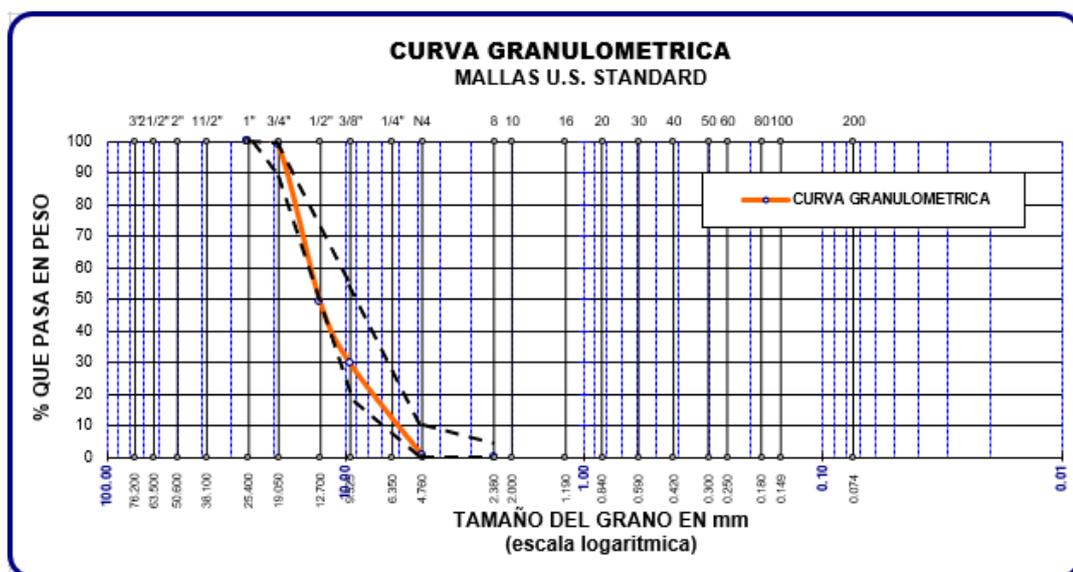


Figura 16: Curva granulométrica del agregado grueso en comparación con los límites especificados en la NTP 400.037 o la norma ASTM C33. Fuente propia.

### **4.3.3. Absorción.**

Para realizar el ensayo de absorción, se empleó la NTP 400.021 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso” y la NTP 400.022 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

La absorción de los agregados se define como el incremento en la masa debido al agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresado como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

#### **4.3.3.1. Materiales y Equipos.**

- Agregados: Muestras fino y grueso para su análisis.
- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.1 gramos.
- Taras: Recipientes metálicos con una capacidad de por lo menos 1000 gramos.
- Horno: De capacidad de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamiz N°4: Tamiz normalizado de 4.75 mm (N°4).
- Cono y barra compactadora: Para verificar si la muestra está saturada superficialmente seca.
- Otros utensilios: Franelas, cuchara alimentadora, balde, sacos, libreta de apuntes.

#### **4.3.3.2. Procedimiento.**

- Se cuarteó los agregados y se pesó una cantidad representativa para realizar los ensayos respectivos.
- Se descartó el material pasante del tamiz N° 4 en el agregado grueso y luego se lavó el material para remover las impurezas.
- Se colocaron las muestras en baldes para sumergirlos en agua a una temperatura ambiente por un periodo de 24 horas  $\pm$  4 horas.
- Pasadas las 24 horas, se decantó el agua teniendo cuidado especial en la arena gruesa para evitar la pérdida de finos.
- El agregado grueso se hizo rodar en un paño absorbente para hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las

partículas aún parezca húmeda (estado saturado superficialmente seco). Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie.

- El agregado fino se extendió sobre un saco en una superficie plana no absorbente en el sol para lograr el estado saturado superficialmente seco (SSS).
- El estado SSS para el agregado fino se comprobó colocando un molde cónico con el diámetro mayor hacia abajo y llenándolo hasta el tope; se golpeó 25 veces con la barra compactadora a 5mm por encima de la superficie superior del agregado fino, permitiendo que la barra caiga libremente bajo la atracción gravitatorio de cada golpe. Se retiró el molde cónico verticalmente; la ligera caída del agregado fino moldeado indica que se llegó al estado SSS.
- Teniendo cuidado en evitar la evaporación después de obtener los estados SSS, se obtuvo el peso de los agregados y se ingresó al horno las muestras por un periodo de 24 horas.
- Se retiraron las muestras luego de 24 horas de secado, dejándolas enfriar para luego pesarlas como muestra seca.
- Se anotaron los datos y se procedió a realizar los cálculos respectivos del ensayo.



*Figura 17:* Agregados sumergidos por un periodo de 24 horas.  
Fuente propia.



*Figura 18:* Agregado fino secado al sol y grueso secado con franela para llegar al estado saturado superficialmente seco (SSS).  
Fuente propia.



*Figura 19:* Comprobación del estado SSS del agregado fino.  
Fuente propia.

#### 4.3.3.3. Formulas.

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

Donde:

- %Abs: Contenido de absorción de la muestra en porcentaje.
- $W_{sss}$ : Masa de la muestra en estado saturada superficialmente seca (SSS).

- Ws: Masa de la muestra seca en gramos.

#### 4.3.3.4 Resultados.

- ✓ Agregado fino:

Tabla 19  
Absorción del agregado fino.

MUESTRA N°		1	2	3
<b>Peso de la muestra (SSS)</b>	<b>gr.</b>	239.8	262.8	285.3
<b>Peso de la muestra seca</b>	<b>gr.</b>	237.3	260.1	282.3
<b>Peso del Agua</b>	<b>gr.</b>	2.5	2.7	3.0
<b>Porcentaje de Absorción</b>	<b>%</b>	1.05	1.04	1.06
<b>Promedio</b>	<b>%</b>		<b>1.05</b>	

Fuente propia.

- ✓ Agregado grueso:

Tabla 20  
Absorción del agregado grueso.

MUESTRA N°		1	2	3
<b>Peso de la muestra (SSS)</b>	<b>gr.</b>	270.3	328.0	337.1
<b>Peso de la muestra seca</b>	<b>gr.</b>	266.7	323.7	332.8
<b>Peso del Agua</b>	<b>gr.</b>	3.6	4.3	4.3
<b>Porcentaje de Absorción</b>	<b>%</b>	1.35	1.33	1.29
<b>Promedio</b>	<b>%</b>		<b>1.32</b>	

Fuente propia.

#### 4.3.4. Peso Específico.

Para realizar el ensayo de peso específico, se empleó la NTP 400.021 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso” y la NTP 400.022 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas.

##### 4.3.4.1. Materiales y Equipos.

- Agregados: Muestras fino y grueso para su análisis.

- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.1 gramos.
- Taras: Recipientes metálicos con una capacidad de por lo menos 1000 gramos.
- Horno: De capacidad de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- Tamiz N°4: Tamiz normalizado de 4.75 mm (N°4).
- Cono y barra compactadora: Para verificar si la muestra está saturada superficialmente seca.
- Fiola: Con capacidad de 500 mililitros.
- Probeta: Con capacidad de 1000 mililitros.
- Cocina eléctrica.
- Otros utensilios: Franelas, cuchara alimentadora, balde, sacos, embudo, olla, libreta de apuntes.

#### 4.3.4.2. Procedimiento.

- Se considera el mismo procedimiento del ensayo de absorción hasta lograr el estado saturado superficialmente seco de los agregados.
- Para el agregado grueso se llenó 2 probetas con 500 mililitros de agua y se colocó las muestras dentro de las mismas para hallar el volumen desplazado.



Figura 20: Colocación del agregado grueso en las probetas.  
Fuente propia.

- Para el agregado fino se colocaron las muestras dentro de las fiolas y a continuación se llenaron con agua hasta cubrir las muestras. Se calentó agua en la cocina eléctrica con una olla grande para contener las 3 fiolas; se sumergieron las fiolas en el agua caliente (baño maría) para eliminar las burbujas de aire atrapadas en las muestras, luego de eliminadas las burbujas se dejó enfriar las muestras y se llenó con agua hasta los 500 mililitros para pesar las fiolas + muestras + agua. Después se limpiaron las fiolas y se llenaron con agua hasta los 500 mililitros para también pesarlas.



Figura 21: Baño maría del agregado fino para eliminar burbujas atrapadas. Fuente propia.

#### 4.3.4.3. Fórmulas.

$$\gamma_m = \frac{W_{sss}}{V_d}$$

- Agregado fino

$$V_{desplazado} = W_{sss} - (W_{fiola+Wsss+ agua} - W_{fiola+agua})$$

- Agregado grueso

$$V_{desplazado} = V_{probeta+mestra} - V_{inicial}$$

Donde:

- $V_m$ : Peso específico de la muestra.

- $W_{SSS}$ : Peso de la muestra en estado saturada superficialmente seca (SSS).
- $V_d$ : Volumen desplazado.

#### 4.3.4.4. Resultados.

- ✓ Agregado fino:

Tabla 21

*Peso específico del agregado fino.*

MUESTRA N°		1	2	3
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	872.0	876.5	878.5
Peso de la fiola + Agua	gr.	659.4	648.4	662.8
Peso de la muestra (SSS)	gr.	348.5	375.1	354.3
Volumen desplazado	cc.	135.9	147.0	138.6
Peso específico	gr/cc.	2.564	2.552	2.556
Promedio	gr/cc.		<b>2.557</b>	

Fuente propia.

- ✓ Agregado grueso:

Tabla 22

*Peso específico del agregado grueso.*

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (SSS)	gr.	618.5	642.6
Volumen inicial	cc.	500.0	500.0
Volumen Agua + piedra	cc.	740.0	750.0
Volumen desplazado	cc.	240.000	250.000
Densidad de la piedra	gr/cc.	2.577	2.570
Promedio	gr/cc.		<b>2.574</b>

Fuente propia.

#### 4.3.5. Peso Unitario.

Para realizar el ensayo de peso unitario, se empleó la NTP 400.017 "AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados".

Se define al peso unitario como la relación de la masa del agregado que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de éste, incluyendo el volumen de vacíos del agregado, que ha de ir a ocupar parte de este volumen unitario patrón. Los pesos unitarios pueden ser sueltos (P.U.S.) cuando se coloca el material suavemente en el recipiente hasta enrasarlo, es importante cuando se trata del transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos están sueltos en esos procesos; y los pesos unitarios compactados (P.U.C.) cuando los granos han

sido compactados, incrementando el grado de acomodamiento de las partículas del agregado.

#### 4.3.5.1. Materiales y Equipos.

- Agregados: Muestras fino y grueso para su análisis.
- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.5 kilogramos.
- Recipiente: Cilíndrico de metal provisto de asas.
- Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.
- Otros utensilios: cuchara alimentadora, libreta de apuntes.

#### 4.3.5.2. Procedimiento.

- Se cuarteó los agregados y se seleccionó una cantidad representativa para realizar los ensayos respectivos.
- Se dejó secar los agregados fino y grueso en el sol.



*Figura 22: Secado al sol de los agregados.*  
Fuente propia.

- Se pesó los recipientes en la balanza electrónica y se halló el volumen llenándolos con agua hasta su capacidad máxima.



Figura 23: Recipiente con agua para hallar su volumen.  
Fuente propia.

Para el Peso Unitario Suelto:

- Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, descargando el agregado a una altura que no excedió los 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Se niveló la superficie de los agregados y se determinó la masa del recipiente.

Para el Peso Unitario Compactado:

- Se llenaron los recipientes en 3 capas iguales con el agregado para compactar con 25 golpes de la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie por cada capa. En la primera capa se evitó golpear el fondo del recipiente y en las otras dos solo se usó la fuerza necesaria para compactar la capa respectiva.
- Se niveló la superficie de los agregados y se determinó la masa del recipiente.
- Se anotaron los datos y se procedió a realizar los cálculos respectivos del ensayo.



Figura 24: Ensayo de pesos unitarios de los agregados fino y grueso.  
Fuente propia.

#### 4.3.5.3. Formulas.

$$P. U. S = \frac{W_m}{V_r}$$

$$P. U. C = \frac{W_m}{V_r}$$

Donde:

- P.U.S: Peso unitario suelto.
- P.U.C: Peso unitario compactado.
- $W_m$ : Peso de la muestra suelto o compactado.
- $V_r$ : Volumen del recipiente.

#### 4.3.5.4. Resultados.

✓ Agregado fino:

Tabla 23

*Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado fino.*

Fracción Fina	S U E L T O			V A R I L L A D O		
	1	2	3	1	2	3
<b>MUESTRA N°</b>						
- Peso del molde + la muestra seca	gr. 19,969	20,007	19,981	21,764	21,899	21,893
-Peso del molde	gr. 4,476	4,476	4,476	4,476	4,476	4,476
-Peso de la muestra seca neta	gr. 15,493	15,531	15,505	17,288	17,423	17,417

-Peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867	13,867	13,867	13,867
-Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391	9,391	9,391	9,391
-Peso Unitario	gr/cc.	1.650	1.654	1.651	1.841	1.855	1.855
-Promedio	gr/cc.		<b>1.652</b>			<b>1.850</b>	

Fuente propia.

✓ Agregado grueso:

Tabla 24

*Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado grueso.*

Fracción Gruesa		S U E L T O			V A R I L L A D O		
		1	2	3	1	2	3
MUESTRA Nº							
-Peso del molde + la muestra seca	gr.	18,277	18,263	18,281	19,585	19,518	19,531
-Peso del molde	gr.	4,476	4,476	4,476	4,476	4,476	4,476
-Peso de la muestra seca neta	gr.	13,801	13,787	13,805	15,109	15,042	15,055
-Peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867	13,867	13,867	13,867
-Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391	9,391	9,391	9,391
-Peso Unitario	gr/cc.	1.470	1.468	1.470	1.609	1.602	1.603
-Promedio	gr/cc.		<b>1.469</b>			<b>1.605</b>	

Fuente propia.

#### 4.4. Diseño de Mezclas por el Método del ACI Comité 211.

El Comité 211 del American Concrete Institute (A.C.I.) ha desarrollado un procedimiento de mezclas bastante simple el cual, basándose en tablas de diseño descritas en el marco teórico, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto (Rivva López , 2015).

##### 4.4.1. Selección de la resistencia promedio $F'_{cr}$ .

Los diseños de mezclas deben diseñarse con una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior a la resistencia de diseño especificada; la selección se realiza con el criterio del código 318 del ACI y la norma E.060 Concreto Armado, usando el mayor valor entre las siguientes fórmulas cuando se tiene desviación estándar:

$$F'_{cr} = F'_c + 1.34 * S$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 * S - 35$$

Dichas formulas con desviación estándar se emplean si se tiene un registro de por los menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia a la compresión o dos grupos que sumen 30 ensayos como mínimo. Si se tiene resultados de muestras de ensayos basados en 15 a 29 ensayos consecutivos, se podrá multiplicar por factores de corrección.

Tabla 25  
*Factores de corrección para desviación estándar.*

Número de ensayos	Factor de corrección para desviación estándar
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Se permite interpolar para un número de ensayos intermedios.  
Fuente de la Norma E.060 Concreto Armado adaptado por Rivva López.

De no contar con registros, la resistencia promedio requerida se determinará usando la tabla 5:

Tabla 5  
*Resistencia a la compresión promedio cuando no hay registros.*

Resistencia especificada a la compresión (F'c, kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio requerida a la compresión (F'cr, kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	f'c+70
210 a 350	f''c+84
Mas de 350	f''c+98

Fuente de la norma E.060 Concreto Armado adaptado por Rivva López.

Para este estudio, como no se cuenta con registros pasados de resistencia a la compresión del concreto con agua de pozo del sector Los Palos para una resistencia especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, entonces se usó la tabla 5 para su cálculo:

$$F'cr = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F'cr = 294 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### **4.4.2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.**

El tamaño máximo nominal corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido; de acuerdo a los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso, el tamiz de 3/4 de pulgada retuvo 69.8 gramos del material. Entonces el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de **3/4"**.

#### **4.4.3. Selección del asentamiento.**

Para el asentamiento se considera que la mezcla tenga una consistencia plástica para que sea trabajable a la hora de vaciarla. Entonces el asentamiento a elegir está entre **3 y 4** pulgadas (75mm a 100 mm).

#### **4.4.4. Selección de volumen unitario de agua.**

Para la selección del volumen unitario del agua usamos la tabla 7, la selección se hace teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el asentamiento y si el concreto es con o sin aire incorporado. En el presente caso es sin aire incorporado, tamaño máximo nominal de 3/4" y un asentamiento de 3 a 4 pulgadas; entonces la cantidad de agua por metro cúbico de concreto a utilizar en nuestro diseño fue de **205 l/m<sup>3</sup>**.

#### **4.4.5. Selección del contenido de aire.**

En este punto se consideró el contenido de aire atrapado de la tabla 8 ya que el concreto no estará en condiciones de exposición que requieran incorporar aire a la mezcla. La selección se hace teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso; en nuestro caso de 3/4", así que el contenido de aire atrapado que corresponde es de **2%** del volumen total en un metro cúbico de concreto.

#### **4.4.6. Selección de la relación agua – cemento A/C.**

Para la selección de la relación agua – cemento se tiene por resistencia y durabilidad de la cual se escoge la menor de los dos valores. Para nuestro estudio se consideró la relación agua – cemento por resistencia ya que no se van a evaluar los requisitos de durabilidad. Para la selección se tiene en cuenta la resistencia promedio requerida a la compresión ( $F'_{cr}$ ) y la condición si es concreto con o sin aire incorporado. En el presente caso es un concreto sin aire incorporado para una resistencia promedio requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>; entonces de acuerdo a la tabla 9 como no se tiene el valor exacto para la  $F'_{cr}$ , se puede interpolar:

$$\frac{294 - 250}{300 - 250} = \frac{A/C - 0.62}{0.55 - 0.62}$$

$$\frac{44}{50} = \frac{A/C - 0.62}{-0.07}$$

$$A/C = 0.88 * -0.07 + 0.62$$

$$A/C = 0.56$$

#### 4.4.7. Selección de las proporciones del concreto.

Para la selección de proporciones del concreto necesitamos datos del cemento y de los ensayos de agregados que nos ayudaron para el cálculo de las cantidades de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.

Tabla 26  
Resumen de ensayos de los agregados.

Descripción	UNIDAD	ARENA	GRAVA
Peso Especifico	gr./cm <sup>3</sup>	2.557	2.574
Peso Unitario Suelto	gr/cm <sup>3</sup>	1.652	1.469
Peso Unitario Compactado	gr/cm <sup>3</sup>	1.850	1.605
Absorción	%	1.05	1.32
Contenido de Humedad	%	0.70	0.41
Módulo de Fineza		2.99	
Tamaño Máximo nominal			3/4"

Fuente propia.

Se usó cemento de alta resistencia inicial (HE) y el anti salitre (HS) de Yura; según Rivva López, en los casos que no se conozca el valor del peso específico del cemento, se considerará 3.15 gr/cm<sup>3</sup>. Al no encontrarse en la ficha técnica de los cementos se consideró 3.15 gr/cm<sup>3</sup> para ambos cementos.

##### 4.4.7.1. Cálculo de contenido de cemento.

Para el cálculo de contenido de cemento se requiere saber el volumen unitario de agua y la relación agua – cemento; teniendo los datos de 205 l/m<sup>3</sup> de agua y A/C=0.56, se calcula el contenido de cemento por metro cúbico de concreto dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua – cemento.

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{205 \text{ kg}}{0.56}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 367.38 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad de bolsas} = \frac{367.38}{42.5} = 8.64 \text{ bolsas.}$$

#### 4.4.7.2. Selección del agregado.

Para el cálculo de la proporción del agregado grueso se requiere del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino para hallar el volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto ( $b/b_0$ ), este valor obtenido de la tabla 10 se multiplicó por el peso unitario seco compactado del agregado grueso. En el presente caso el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4" y el módulo de fineza del agregado fino es 2.99; al no encontrar el valor en la tabla, se procede a interpolar.

$$\frac{2.99 - 2.80}{3.00 - 2.80} = \frac{b/b_0 - 0.62}{0.60 - 0.62}$$

$$\frac{0.19}{0.20} = \frac{b/b_0 - 0.62}{-0.02}$$

$$b/b_0 = 0.95 * -0.02 + 0.62$$

$$\mathbf{b/b_0 = 0.601}$$

Entonces:

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 0.601\text{m}^3 * 1605 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mathbf{\text{Contenido de agregado grueso} = 964.61 \text{ kg}}$$

Conocidos los pesos del cemento, agua, agregado grueso y porcentaje de aire atrapado, se calculan los volúmenes absolutos.

$$\text{Vol. cemento} = \frac{367.38 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{0.1166\text{m}^3}$$

$$\text{Vol. agua} = \frac{205 \text{ l}}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = \mathbf{0.2050\text{m}^3}$$

$$\text{Vol. aire} = \frac{2\%}{100} = \mathbf{0.0200\text{m}^3}$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = \frac{964.61 \text{ kg}}{2574 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{0.3747\text{m}^3}$$

Hallados los volúmenes absolutos de los materiales mencionados, se calcula el volumen del agregado fino el cual será la diferencia de la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual al volumen calculado multiplicado por su peso específico.

$$\text{Vol. agregado fino} = 1\text{m}^3 - (0.1166\text{m}^3 + 0.2050\text{m}^3 + 0.0200\text{m}^3 + 0.3747\text{m}^3)$$

$$\text{Vol. agregado fino} = 1\text{m}^3 - (0.7164\text{m}^3)$$

$$\text{Vol. agregado fino} = \mathbf{0.2836\text{m}^3}$$

Entonces:

$$\text{Contenido de agregado fino} = 0.2836\text{m}^3 * 2557 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Contenido de agregado fino} = \mathbf{725.22 \text{ kg}}$$

#### 4.4.7.3. Corrección por humedad del agregado.

Las proporciones de diseño calculadas son valores de diseño seco, pero como los materiales en la realidad presentan humedad, deben ser corregidos para que la cantidad de agua no afecte en la resistencia y con el fin de obtener los valores utilizados en obra.

Los agregados se corrigen en función a condiciones de humedad hallado en los ensayos, los pesos de diseño se multiplican por la unidad más el contenido de humedad expresado en forma decimal.

Pesos corregidos:

$$\text{Agregado fino} = 725.22 \text{ kg} * 1.0070 = \mathbf{730.30 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 964.61 \text{ kg} * 1.0041 = \mathbf{968.56 \text{ kg}}$$

Para hallar el agua efectiva, debemos hallar la humedad superficial de los agregados restando el contenido de humedad con la absorción:

$$\text{Agregado fino} = 0.7\% - 1.05\% = \mathbf{-0.35\%}$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.41\% - 1.32\% = \mathbf{-0.91\%}$$

Entonces los aportes de los agregados serán:

$$\text{Agregado fino} = 725.22 \text{ kg} * -0.0035 = \mathbf{-2.54 \text{ litros}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 964.61 \text{ kg} * -0.0091 = \mathbf{-8.78 \text{ litros}}$$

$$\text{Aporte de los agregados} = -2.54\text{kg} - 8.78 \text{ kg} = \mathbf{-11.32 \text{ litros}}$$

Finalmente podemos hallar el agua efectiva que es el agua de diseño menos el aporte de agregados.

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-11.32) = \mathbf{216.32 \text{ litros}}$$

Tabla 27

Comparación de los valores de diseño y valores húmedos (utilizados en obra).

Descripción	Valores de diseño	Valores húmedos (utilizados en obra)
Cemento	367.38	367.38
Agua	205.00	216.32
Agregado fino	725.22	730.30
Agregado grueso	964.61	968.56
Peso por metro cúbico	2262.21	2282.59

Fuente propia.

#### 4.4.7.4. Proporciones en peso y por tanda de un saco de cemento.

Las proporciones en peso de los materiales se logra dividiendo los pesos del cemento y agregados a utilizar (húmedos) entre el peso del cemento. Para el agua se divide entre la cantidad de bolsa de cemento a usar.

$$\frac{367.38}{367.38} : \frac{730.30}{367.38} : \frac{968.56}{367.38} / \frac{216.32}{\frac{367.38}{42.5}} = \mathbf{1 : 1.99 : 2.64 / 25.02 \text{ litros/saco}}$$

Para conocer la cantidad de materiales por una tanda de un saco, se multiplica la proporción en peso por el peso de un saco de cemento. El agua se mantiene porque está dado ya en litros por cada saco.

$$\text{Cemento} = 1 * 42.5 = \mathbf{42.5 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua efectiva} = \mathbf{25.02 \text{ litros/saco}}$$

$$\text{Agregado fino} = 1.99 * 42.5 = \mathbf{84.58 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 2.64 * 42.5 = \mathbf{112.20 \text{ kg}}$$

#### 4.5. Elaboración y curado de probetas cilíndricas.

Para realizar la elaboración y curado de las probetas, se empleó la NTP 339.033 "HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo".

##### 4.5.1. Materiales y Equipos.

- Agregados: Muestras fino y grueso para la elaboración de probetas.
- Agua: Potable y de pozo en estudio para la elaboración de probetas.
- Balanza electrónica: Calibrada con aproximación a 0.5 kilogramos.

- Moldes cilíndricos: Para cilindros de 15 x 30 cm.
- Varilla compactadora Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 500 mm de longitud, teniendo extremos de forma redondeada del mismo diámetro de la varilla.
- Martillo de goma: Con una masa de 0.6 kg ± 0.2 kg.
- Cono de Abrams: Aparato de asentamiento para medir el asentamiento del concreto.
- Mezcladora de concreto: con capacidad necesaria para la elaboración de probetas.
- Otros utensilios: cuchara alimentadora, herramientas de acabados, carretilla, baldes, regla, libreta de apuntes.

#### 4.5.2. Procedimiento.

- Se llevó al laboratorio los insumos faltantes como el cemento HE, cemento HS y el agua de pozo del sector Los Palos.



Figura 25: Traslado de cemento HE, HS y agua de pozo del sector Los Palos al laboratorio de la UPT.  
Fuente propia.

- Para la elaboración del concreto se calculó el peso de cada insumo para 4 y 3 briquetas (3 tandas de 4 briquetas y 1 tanda para 3 briquetas) para un total de 15 probetas.

$$\text{Volumen de la probeta} = \frac{\pi * (0.15\text{m})^2}{4} * 0.30\text{m} = 0.0053 \text{ m}^3$$

Cálculo para 4 briquetas considerando 20% de desperdicio:

$$\text{Cemento} = 367.38 * 4 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{9.35 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua} = 216.32 * 4 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{5.51 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado fino} = 730.30 * 4 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{18.58 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 730.30 * 4 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{24.65 \text{ kg}}$$

Cálculo para 3 briquetas considerando 20% de desperdicio:

$$\text{Cemento} = 367.38 * 3 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{7.01 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua} = 216.32 * 3 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{4.13 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado fino} = 730.30 * 3 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{13.94 \text{ kg}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 730.30 * 3 * 1.2 * 0.0053 = \mathbf{18.49 \text{ kg}}$$

- Se procedió a pesar los insumos (cemento, agua, agregado fino, agregado grueso) en la balanza electrónica.



Figura 26: Pesaje de insumos para la elaboración de las probetas.  
Fuente propia.

- Se humedeció la mezcladora, carretilla y herramientas para la elaboración del concreto.
- Se colocaron los insumos en la mezcladora en orden de 10% de agua (potable o de pozo), piedra, cemento, arena y el resto del agua al mismo tiempo progresivamente van ingresando los materiales. Se realizó el proceso de mezclado durando 90 segundos como máximo para que no se pierda agua por evaporación ni que se trituren los agregados.



Figura 27: Proceso de mezclado del concreto.  
Fuente propia.

- Se vació la mezcla en la carretilla y se procedió a hacer el ensayo de “slump” con el Cono de Abrams de acuerdo a la norma NTP 339.035. Se colocó el concreto en 3 capas de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde, la cual se compactó con la varilla de punta redondeada 25 veces por cada. En la primera capa la varilla debe penetrar hasta el fondo, en las otras capas se compactó de modo que la varilla penetre hasta 1 pulgada por debajo de la capa. Se limpió el cono de los residuos y se levantó verticalmente en un tiempo de 5 segundos  $\pm$  2 segundos. Luego se verificó el asentamiento con una regla.



Figura 28: Consistencia de la mezcla.  
Fuente propia.



Figura 29: Ensayo de Slump con el Cono de Abrams.  
Fuente Propia.

Se realizaron 2 ensayos de Slump, obteniéndose 3.5 y 4 pulgadas de asentamiento.

- Se procedió al vaciado de los cilindros sobre una superficie nivelada y rígida. Para moldes de 15x30 cm se colocó el concreto en 3 capas de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde, la cual se compactó con la varilla de punta redondeada 25 veces por cada de manera uniforme. Después de consolidar cada capa, se golpeó con el martillo de goma ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire que puedan haber quedado atrapadas. En la primera capa la varilla debe penetrar hasta el fondo, en las otras capas se compactó de modo que la varilla penetre hasta 1 pulgada por debajo de la capa. Finalmente, se le dio el acabado con el fin que la superficie no tenga depresiones o proyecciones de 3.3 mm.



Figura 30: Método de consolidación por apisonado.  
Fuente propia.



Figura 31: Vaciado de 45 probetas.

- Se halló los pesos unitarios de 3 muestras (cemento HE + agua potable, cemento HE+ agua de pozo, cemento HS + agua de pozo).

Tabla 28

*Pesos unitarios para cada tipo de mezcla.*

<b>TIPO DE MEZCLA</b>	Peso del molde + concreto fresco (kg)	Peso del molde (kg)	Peso del concreto fresco (kg)	Promedio de diámetro (m)	Promedio de altura (m)	<b>Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>-HE + AGUA POTABLE</b>	19.566	6.673	12.893	0.152	0.303	<b>2347.27</b>
<b>-HE + AGUA DE POZO</b>	19.339	6.528	12.811	0.152	0.302	<b>2347.77</b>
<b>-HS + AGUA DE POZO</b>	19.207	6.673	12.534	0.151	0.302	<b>2319.90</b>

Fuente propia.

- Se desencofró las probetas a las 24 horas del vaciado para empezar con el curado en un tanque de agua para las muestras patrón con agua potable (15 probetas) y las demás probetas se trasladaron a nuestro domicilio donde se curaron con agua de pozo del sector Los Palos. El traslado no

excedió las 4 horas según reglamento, siendo de 10 minutos el tiempo de transporte del laboratorio al lugar de almacenaje para evitar la pérdida de humedad. Para evitar el daño de las probetas durante el transporte se colocó sacos doblados de modo que sirvieron para amortiguar cualquier daño por golpes o sacudidas.

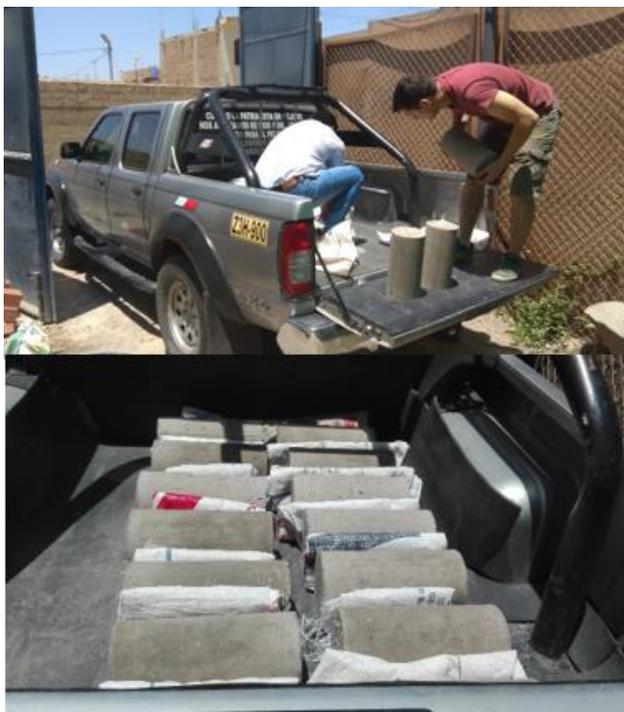


Figura 32: Transporte de las probetas al lugar de curado.  
Fuente propia.



Figura 33: Curado de probetas M1 (HE + agua potable), M2 (HE + agua de pozo), M3 (HS + agua de pozo).  
Fuente propia.

- Se procedió al curado para los 7, 14 y 28 días (5 probetas de cada tipo en los días indicados).

#### 4.6. Ensayo de resistencia a la compresión ( $F'c$ ).

Para el ensayo de resistencia a la compresión, se empleó la NTP 339.034 “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizada para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas”.

##### 4.6.1. Materiales y Equipos.

- Probetas de ensayo.
- Máquina de ensayo: Operada con energía (no manual) con la capacidad adecuada y velocidad constante.
- Regla y micrómetro: Para medir las dimensiones de la probeta.
- Otros utensilios: Carretilla, escoba, libreta de apuntes.

##### 4.6.2. Procedimiento.

- Se transportaron las probetas al laboratorio (las que no fueron curadas en el mismo).
- Se procedió a la medición de las probetas con la regla y el micrómetro (2 del diámetro y 3 de la altura).



Figura 34: Toma de dimensiones de las probetas.  
Fuente propia.

- Se colocaron las probetas en la máquina de ensayo usando almohadilla de neopreno para someterlas a compresión.



Figura 35: Ensayo de compresión de las probetas cilíndricas.  
Fuente propia.

- Se procedió a reconocer el tipo de falla de acuerdo al tipo de falla.



Figura 36: Tipos de fallas obtenidos.  
Fuente propia.

#### 4.6.3. Resultados del ensayo.

En los resultados del ensayo a compresión se consideró 2 diámetros perpendiculares, 3 alturas equidistantes, diferencia de diámetros en porcentaje que no sea mayor del 2%, la relación altura diámetro, carga de rotura, tipo de fractura, resistencia a la compresión ( $F'c$ ) y porcentaje respecto a la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.

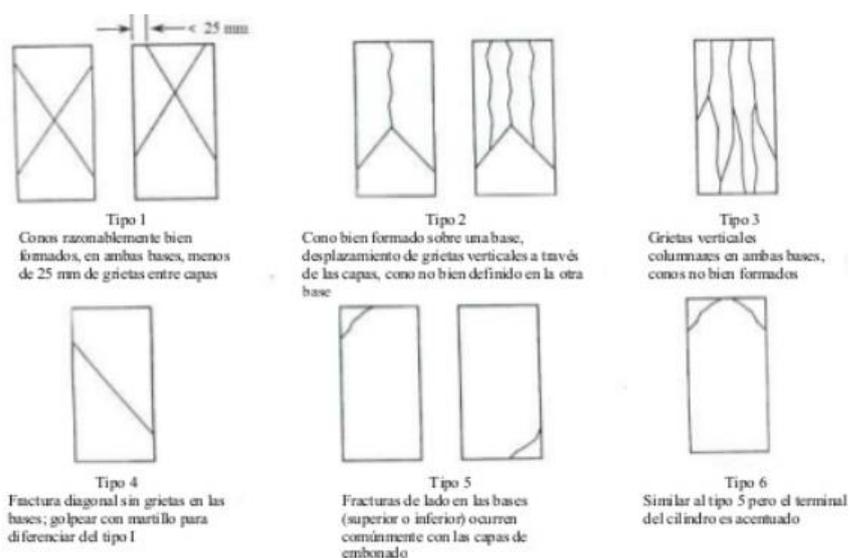


Figura 37: Tipos de fracturas en probetas de concreto.  
Fuente de la NTP 339.034.

#### 4.6.3.1. Probetas con cemento HE + agua potable.

Tabla 29

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 7 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	7	15.13	15.01	30.2	30.3	30.2	0.81%	2.01	43625	Tipo 5	<b>244.50</b>	116.43%
2	7	15.04	15.14	30.3	30.2	30.3	0.67%	2.01	46331	Tipo 1	<b>259.20</b>	123.43%
3	7	15.01	15.12	30.2	30.2	30.2	0.71%	2.00	45706	Tipo 1	<b>256.45</b>	122.12%
4	7	15.12	15.04	30.2	30.2	30.2	0.53%	2.00	49125	Tipo 1	<b>275.03</b>	130.97%
5	7	15.10	15.13	30.2	30.3	30.3	0.20%	2.00	39807	Tipo 1	<b>221.76</b>	105.60%
Prom	7	15.08	15.09	30.22	30.24	30.24	0.58%	2.00	44919		<b>251.39</b>	119.71%

Rotura el día 19/12/17 (7 días de curado). Fuente propia.

Tabla 30

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 14 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
6	14	15.22	15.18	30.3	30.3	30.2	0.26%	1.99	57155.82	Tipo 2	<b>314.98</b>	149.99%
7	14	15.22	15.04	30.3	30.3	30.2	1.20%	2.00	44853.34	Tipo 1	<b>249.47</b>	118.80%
8	14	15.04	15.13	30.3	30.3	30.3	0.55%	2.01	44884.75	Tipo 1	<b>251.19</b>	119.61%
9	14	15.13	15.13	30.3	30.3	30.3	0.03%	2.00	53005.64	Tipo 5	<b>294.93</b>	140.44%
10	14	15.13	15.20	30.3	30.3	30.3	0.48%	2.00	52184.58	Tipo 2	<b>288.97</b>	137.60%
Prom	14	15.15	15.13	30.30	30.30	30.26	0.50%	2.00	50417.82		<b>279.91</b>	133.29%

Rotura el día 26/12/17 (14 días de curado). Fuente propia.

Tabla 31

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable a los 28 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
11	28	15.15	15.25	30.2	30.3	30.2	0.66%	1.99	55930.95	Tipo 1	<b>308.23</b>	146.78%
12	28	15.15	15.10	30.3	30.2	30.2	0.33%	2.00	59645.92	Tipo 2	<b>331.97</b>	158.08%
13	28	15.01	15.12	30.2	30.2	30.2	0.71%	2.00	52215.98	Tipo 5	<b>292.98</b>	139.51%
14	28	15.16	15.04	30.3	30.2	30.3	0.82%	2.00	57043.65	Tipo 5	<b>318.62</b>	151.73%
15	28	15.22	15.18	30.2	30.3	30.3	0.26%	1.99	55473.31	Tipo 3	<b>305.71</b>	145.57%
<b>Prom</b>	28	15.14	15.14	30.24	30.24	30.24	0.56%	2.00	56061.96		<b>311.50</b>	148.33%

Rotura el día 09/01/18 (28 días de curado). Fuente propia.

#### 4.6.3.2. Probetas con cemento HE + agua de pozo.

Tabla 32

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 7 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	7	15.16	15.14	30.2	30.3	30.3	0.15%	2.00	44430	Tipo 1	<b>246.52</b>	117.39%
2	7	15.05	15.13	30.2	30.2	30.2	0.50%	2.00	48027	Tipo 5	<b>268.63</b>	127.92%
3	7	15.13	15.13	30.1	30.2	30.1	0.02%	1.99	43034	Tipo 5	<b>239.28</b>	113.94%
4	7	15.15	15.14	30.2	30.2	30.2	0.03%	1.99	39662	Tipo 5	<b>220.18</b>	104.85%
5	7	15.14	15.13	30.2	30.2	30.1	0.11%	1.99	43572	Tipo 1	<b>242.17</b>	115.32%
<b>Prom</b>	7	15.13	15.13	30.18	30.22	30.18	0.16%	2.00	43745		<b>243.36</b>	115.88%

Rotura el día 19/12/17 (7 días de curado). Fuente propia.

Tabla 33

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 14 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
6	14	15.11	15.12	30.3	30.3	30.3	0.05%	2.00	46778.13	Tipo 5	<b>260.66</b>	124.12%
7	14	15.12	15.14	30.2	30.2	30.3	0.14%	2.00	48994.55	Tipo 2	<b>272.67</b>	129.84%
8	14	15.22	15.10	30.2	30.3	30.2	0.76%	1.99	49532.95	Tipo 1	<b>274.50</b>	130.72%
9	14	15.11	15.22	30.2	30.3	30.2	0.68%	1.99	52278.80	Tipo 2	<b>289.49</b>	137.85%
10	14	15.19	15.15	30.2	30.2	30.2	0.26%	1.99	51574.39	Tipo 2	<b>285.52</b>	135.96%
<b>Prom</b>	14	15.15	15.14	30.22	30.26	30.24	0.38%	2.00	49831.76		<b>276.57</b>	131.70%

Rotura el día 26/12/17 (14 días de curado). Fuente propia.

Tabla 34

Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo a los 28 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
11	28	15.11	15.14	30.2	30.3	30.3	0.24%	2.00	52897.96	Tipo 5	<b>294.47</b>	140.22%
12	28	15.12	15.14	30.2	30.2	30.2	0.15%	2.00	49649.60	Tipo 5	<b>276.21</b>	131.53%
13	28	15.15	15.13	30.2	30.2	30.2	0.11%	1.99	51201.99	Tipo 5	<b>284.33</b>	135.40%
14	28	15.14	15.14	30.2	30.3	30.2	0.05%	2.00	52000.62	Tipo 5	<b>288.90</b>	137.57%
15	28	15.14	15.13	30.2	30.2	30.2	0.07%	2.00	51139.18	Tipo 5	<b>284.34</b>	135.40%
<b>Prom</b>	28	15.13	15.14	30.20	30.24	30.22	0.12%	2.00	51377.87		<b>285.65</b>	136.02%

Rotura el día 09/01/18 (28 días de curado). Fuente propia.

#### 4.6.3.3. Probetas con cemento HS + agua de pozo.

Tabla 35

Rotura de probetas de concreto con cemento HS + Agua de pozo a los 7 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	7	15.12	15.10	30.2	30.3	30.2	0.12%	2.00	30562	Tipo 2	<b>170.39</b>	81.14%
2	7	15.14	15.03	30.2	30.2	30.3	0.73%	2.00	29725	Tipo 4	<b>166.26</b>	79.17%
3	7	15.13	15.13	30.2	30.2	30.2	0.01%	2.00	33124	Tipo 2	<b>184.32</b>	87.77%
4	7	15.04	15.12	30.3	30.3	30.3	0.56%	2.01	31013	Tipo 2	<b>173.71</b>	82.72%
5	7	15.01	15.12	30.2	30.3	30.2	0.71%	2.01	29761	Tipo 2	<b>166.98</b>	79.52%
<b>Prom</b>	7	15.09	15.10	30.2	30.2	30.24	0.42%	2.00	30837		<b>172.33</b>	82.06%

Rotura el día 20/12/17 (7 días de curado). Fuente propia.

Tabla 36

Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo a los 14 días.

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
6	14	15.11	15.10	30.1	30.2	30.2	0.07%	2.00	40788.41	Tipo 1	<b>227.77</b>	108.46%
7	14	15.11	15.09	30.3	30.2	30.2	0.15%	2.00	38204.08	Tipo 3	<b>213.29</b>	101.57%
8	14	15.10	15.09	30.2	30.2	30.2	0.13%	2.00	38603.39	Tipo 3	<b>215.72</b>	102.73%
9	14	15.11	15.13	30.1	30.1	30.2	0.08%	1.99	37468.26	Tipo 3	<b>208.70</b>	99.38%
10	14	15.11	15.09	30.1	30.0	30.2	0.18%	1.99	36858.08	Tipo 2	<b>205.83</b>	98.02%
<b>Prom</b>	14	15.11	15.10	30.16	30.14	30.20	0.12%	2.00	38384.44		<b>214.26</b>	102.03%

Rotura el día 27/12/17 (14 días de curado). Fuente propia.

Tabla 37

*Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo a los 28 días.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Diferencia de diámetros (%)	Relación altura - diámetro	Carga de rotura (kg)	Tipo de fractura	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
<b>11</b>	28	15.11	15.09	30.2	30.3	30.2	0.15%	2.00	41609.47	Tipo 2	<b>232.31</b>	110.62%
<b>12</b>	28	15.13	15.13	30.2	30.2	30.2	0.01%	2.00	45360.33	Tipo 3	<b>252.41</b>	120.20%
<b>13</b>	28	15.14	15.03	30.3	30.2	30.2	0.73%	2.00	42524.75	Tipo 6	<b>237.86</b>	113.27%
<b>14</b>	28	15.11	15.13	30.1	30.2	30.1	0.08%	1.99	41959.43	Tipo 3	<b>233.72</b>	111.29%
<b>15</b>	28	15.01	15.12	30.3	30.2	30.3	0.71%	2.01	42749.09	Tipo 3	<b>239.86</b>	114.22%
<b>Prom</b>	28	15.10	15.10	30.22	30.22	30.20	0.34%	2.00	42840.62		<b>239.23</b>	113.92%

Rotura el día 10/01/18 (28 días de curado).

Fuente propia.

#### 4.7. Análisis de costos.

Para analizar los costos de los materiales se halló las cantidades de los insumos en la unidad correspondiente para un metro cúbico de concreto, considerando un desperdicio del 5%:

$$\text{Vol. cemento} = \frac{367.38 \text{ kg}}{42.5 \frac{\text{kg}}{\text{bolsa}}} = 8.64 * 1.05 = \mathbf{9.07 \text{ bolsas}}$$

$$\text{Vol. agua} = \frac{216.32 \text{ l}}{1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}} = 0.2163 * 1.05 = \mathbf{0.2271 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol. agregado fino} = \frac{730.30 \text{ kg}}{1652 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.4421 * 1.05 = \mathbf{0.4642 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol. agregado grueso} = \frac{968.56 \text{ kg}}{1469 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.6593 * 1.05 = \mathbf{0.6923 \text{ m}^3}$$

- El precio de la piedra chancada de "½" (T.M.N. ¾) y la arena gruesa de la cantera Zúñiga es de S/. 50.00 soles y S/. 20.00 soles respectivamente.

- El precio del transporte de agregados fino y grueso para el balneario Los Palos en volquetes de 5 m3 es de S/.275.00 soles.

- El precio del agua potable transportada al balneario Los Palos en cisternas de 5.5 m3 es de S/. 250.00 soles.

-El costo de extracción aproximado por metro cúbico de agua de pozo en el distrito de la Yarada Los Palos es de S/. 0.20 soles, a lo que se le incluye el costo del transporte de dicha agua en cisternas de 5.5 m3 por S/.50 soles en un radio promedio de 4km, costando S/ 9.30 por metro cúbico de agua de pozo puesta en obra.

Entonces se calculó el costo de los materiales por metro cúbico de concreto:

Tabla 38  
Análisis de costos de materiales (Cemento HE + agua potable).

Descripción de recurso	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Piedra chancada de 3/4"	m3	0.6923	105.00	72.69
Arena gruesa	m3	0.4642	75.00	34.82
Cemento Tipo HE	bol	9.0700	22.00	199.54
Agua potable puesta en obra	m3	0.2271	45.45	10.32
			<b>Costo para 1m3:</b>	<b>317.37</b>

Para concreto utilizado en el distrito La Yarada- Los Palos.  
Fuente propia.

Tabla 39  
Análisis de costos de materiales (Cemento HE + agua de pozo).

Descripción de recurso	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Piedra chancada de 3/4"	m3	0.6923	105.00	72.69
Arena gruesa	m3	0.4642	75.00	34.82
Cemento Tipo HE	bol	9.0700	22.00	199.54
Agua de pozo puesta en obra	m3	0.2271	9.29	2.11
<b>Costo para 1m3:</b>				<b>309.16</b>

Para concreto utilizado en el distrito La Yarada – Los Palos.  
Fuente propia.

Tabla 40  
Análisis de costos de materiales (Cemento HS + agua potable).

Descripción de recurso	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Piedra chancada de 3/4"	m3	0.6923	105.00	72.69
Arena gruesa	m3	0.4642	75.00	34.82
Cemento Tipo HS	bol	9.0700	21.30	193.19
Agua potable puesta en obra	m3	0.2271	45.45	10.32
<b>Costo para 1m3:</b>				<b>311.02</b>

Para concreto utilizado en el distrito La Yarada- Los Palos.  
Fuente propia.

Tabla 41  
Análisis de costos de materiales (Cemento HS + agua de pozo).

Descripción de recurso	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Piedra chancada de 3/4"	m3	0.6923	105.00	72.69
Arena gruesa	m3	0.4642	75.00	34.82
Cemento Tipo HS	bol	9.0700	21.30	193.19
Agua de pozo puesta en obra	m3	0.2271	9.29	2.11
<b>Costo para 1m3:</b>				<b>302.81</b>

Para concreto utilizado en el distrito La Yarada – Los Palos.  
Fuente propia.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.

### 5.1. Discusión del análisis del agua.

Los datos obtenidos de los análisis químicos se compararon con los máximos permisibles según el MTC y la NTP.

Tabla 42

*Tabla de comparación del análisis químico del agua vs los valores máximos permisibles.*

Descripción	Cloruros	Sulfatos	Sales Solubles Totales	PH
Máximo Permissible MTC	300.00 ppm	300.00 ppm	1500.00 ppm	mayor de 7
Máximo Permissible NTP	1000.00 ppm	600.00 ppm		5 a 8
Agua Potable	42.56 ppm	166.22 ppm	670.00 ppm	7.41
Agua de Pozo	503.63 ppm	422.87 ppm	2580.00 ppm	7.85

Fuente propia.

Como se puede observar todos los parámetros obtenidos en el agua potable se encuentran dentro del rango permisible para el uso en el mezclado del concreto según el MTC y la Norma Técnica Peruana. Mientras que los parámetros del agua de pozo exceden los límites permisibles del MTC a excepción del PH mayor a 7; aun así, los parámetros del agua de pozo se encuentran dentro de los rangos permisibles por la Norma Técnica Peruana.

-En el caso de las sales solubles totales, el agua de pozo tiene 3.85 veces el valor obtenido en la muestra de agua potable y tiene 1.72 veces el valor del límite permisible según el MTC.

-Los cloruros encontrados en el agua de pozo son 11.83 veces el valor encontrado en el agua potable.

-En ambas muestras el PH se encuentra dentro del rango de las 2 normas, teniendo el agua Pozo un ligero valor superior.

-Los sulfatos contenidos en el agua de Pozo representa 2.54 veces el valor obtenido en el agua potable.

-Se encuentra la presencia de carbonatos en la muestra de agua de pozo mas no en la muestra de agua potable, cabe indicar que este parámetro no se estipula en la norma técnica peruana ni por el MTC.

Al presentar un contenido alto de sulfatos en el agua de pozo, se clasificó su exposición a sulfatos mediante la siguiente tabla:

Tabla 43  
Requisitos para Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfato.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f'c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	$0,0 \leq \text{SO}_4 < 0,1$	$0 \leq \text{SO}_4 < 150$	—	—	—
Moderada**	$0,1 \leq \text{SO}_4 < 0,2$	$150 \leq \text{SO}_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq \text{SO}_4 < 2,0$	$1500 \leq \text{SO}_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < \text{SO}_4$	$10000 < \text{SO}_4$	Tipo V más puzolana***	0,45	31

Fuente de la Norma E.060 Concreto Armado, Requisitos de durabilidad.

Los resultados indican que ambas muestras de agua (pozo y potable) se encuentran con exposición moderada a los sulfatos, habiendo una mayor cantidad en el agua de pozo de 2.54 veces con respecto al agua potable.

## 5.2. Discusión de los ensayos de agregados.

### a) Contenido de humedad y absorción:

Los agregados fino y grueso presentaron un porcentaje de absorción mayor con respecto al contenido de humedad, esto significa que los agregados en su estado natural no han llegado al estado saturado, superficialmente seco (SSS) y por consiguiente los agregados tienen un comportamiento absorbente en la mezcla. Los agregados restarán 11.32 litros de agua en un metro cúbico de concreto por lo que se le sumó dicha cantidad al agua de diseño.

### b) Granulometría:

El agregado grueso se encuentra dentro de los husos granulométricos, mientras que el agregado fino sale en el tamiz N° 8 por 6.24% del porcentaje que pasa el tamiz. Los agregados presentan una buena gradación en comparación con los agregados de las canteras Magollo y Arunta, ya que la curva granulométrica en dichas canteras sale de los husos granulométricos en diferentes tamices de la serie de Tyler.

El módulo de finura del agregado fino que se obtuvo fue de 2.99, estando en un rango de arena de grano grueso.

Tabla 44  
*Módulo de finura del agregado fino.*

Tipo de arena	Módulo de Finura
Gruesa	2.9 - 3.2
Media	2.2 - 2.9
Fina	1.5 - 2.2
Muy Fina	1.5

Fuente de la norma ASTM C33.

### 5.3. Discusión de la elaboración del concreto.

#### a) Ensayo de Slump:

El ensayo de slump con el cono de Abrams se realizó para 2 tandas de las cuales se obtuvo asentamientos de 3.5 y 4 pulgadas, valores dentro de los parámetros para una consistencia plástica de la mezcla.

#### b) Peso unitario del concreto fresco:

El ensayo de peso unitario del concreto fresco se realizó para 3 probetas (una para cada tipo de mezcla), de las cuales se obtuvo pesos de 2319.90 kg/m<sup>3</sup>, 2347.77 kg/m<sup>3</sup> y 2347.27 kg/m<sup>3</sup>, valores dentro del rango de 2240 a 2460 kg/m<sup>3</sup> de concreto.

### 5.4. Discusión de la rotura de probetas.

Se realizó el ensayo de compresión de probetas de los 3 tipos de mezcla (cemento HE + agua potable, cemento HE + agua de pozo, cemento HS + agua de pozo) a los 7, 14 y 28 días de curado.

#### a) Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua potable:

- A los 7 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 7 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 147 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (70% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>).

El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 251.39 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 7 días por 104.39 kg/cm<sup>2</sup> (171.01% de 147 kg/cm<sup>2</sup>) y a su vez de los 28 días por 41.39 kg/cm<sup>2</sup> (119.71% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

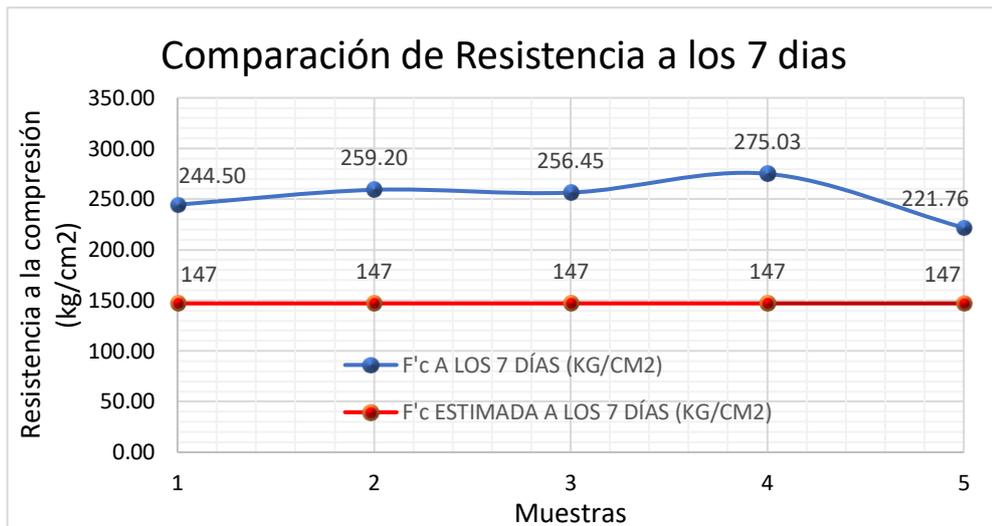


Figura 38: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HE + agua potable. Fuente propia.

- A los 14 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 14 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 178.5 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (85% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 279.91 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 14 días por 101.41 kg/cm<sup>2</sup> (156.81% de 178.5 kg/cm<sup>2</sup>) y a su vez de los 28 días por 69.91 kg/cm<sup>2</sup> (133.29% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

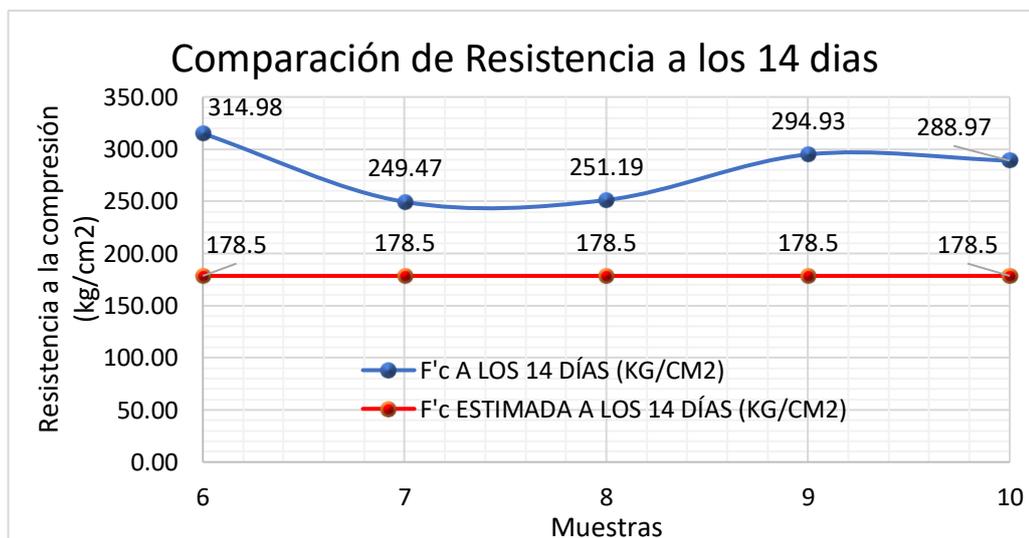


Figura 39: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HE + agua potable. Fuente propia.

- A los 28 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 28 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (resistencia de diseño). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 311.50 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 28 días por 101.5 kg/cm<sup>2</sup> (148.33% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

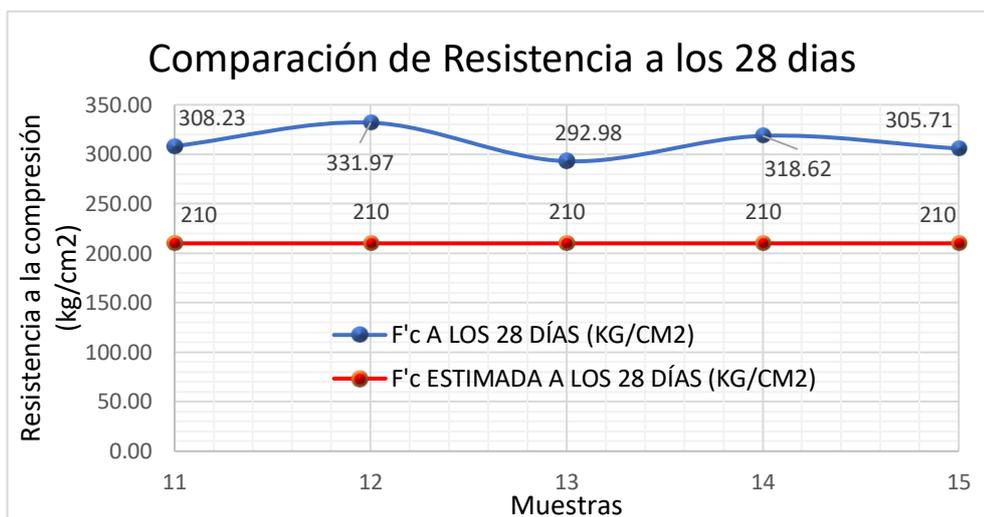


Figura 40: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HE + agua potable. Fuente propia.

#### **b) Rotura de probetas de concreto con cemento HE + agua de pozo:**

- A los 7 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 7 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 147 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (70% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>).

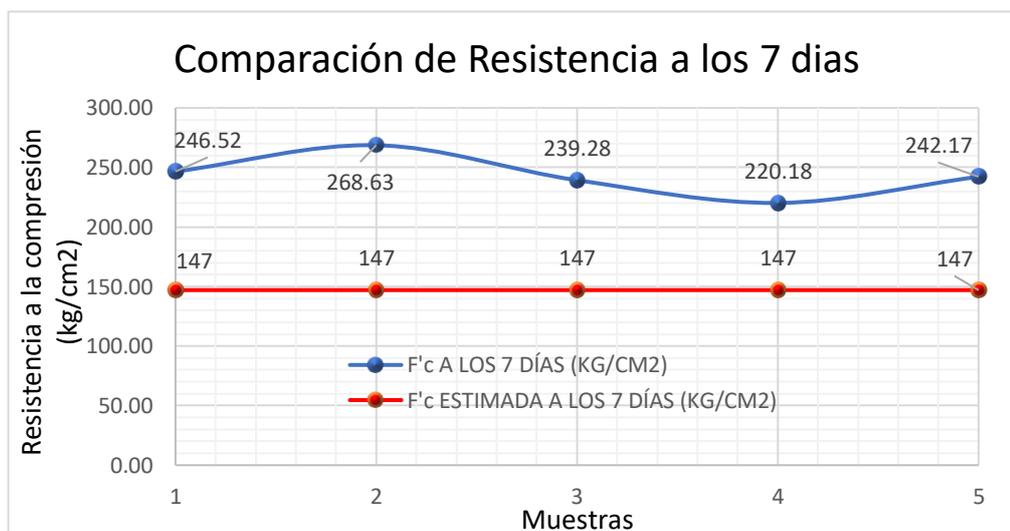


Figura 41: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo. Fuente propia.

El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 243.36 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 7 días por 96.36 kg/cm<sup>2</sup> (165.55% de 147 kg/cm<sup>2</sup>) y a su vez de los 28 días por 33.36 kg/cm<sup>2</sup> (115.88% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

- A los 14 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 14 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 178.5 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (85% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 276.57 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 14 días por 98.07 kg/cm<sup>2</sup> (154.94% de 178.5 kg/cm<sup>2</sup>) y a su vez de los 28 días por 66.57 kg/cm<sup>2</sup> (131.70% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

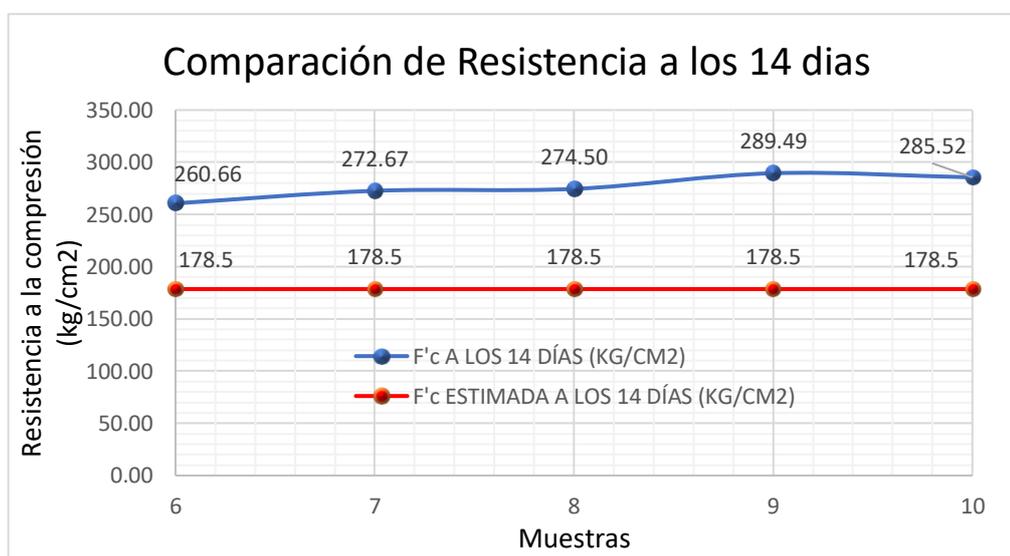


Figura 42: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo. Fuente propia.

- A los 28 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 28 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (resistencia de diseño). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 285.65 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 28 días por 75.65 kg/cm<sup>2</sup> (136.02% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

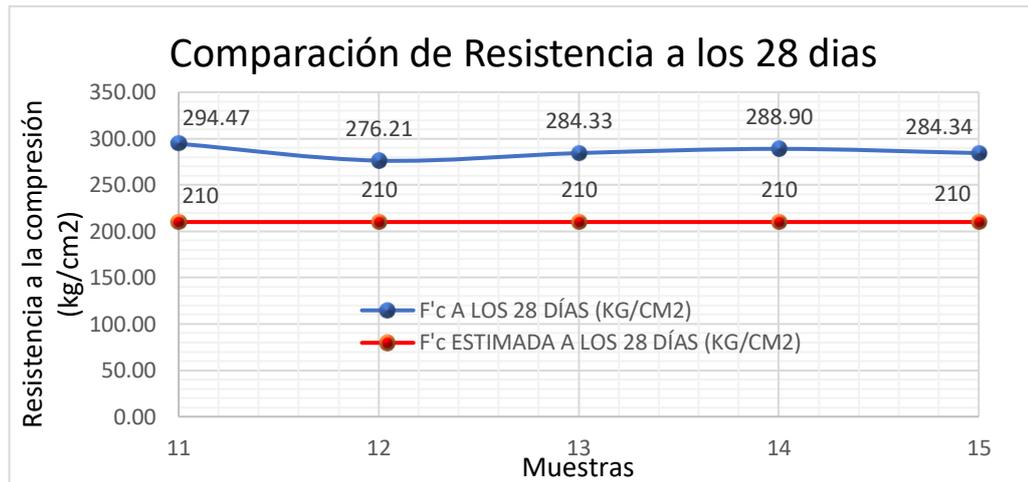


Figura 43: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HE + agua de pozo. Fuente propia.

#### c) Rotura de probetas de concreto con cemento HS + agua de pozo:

- A los 7 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 7 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 147 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (70% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 172.33 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 7 días por 25.33 kg/cm<sup>2</sup> (117.23% de 147 kg/cm<sup>2</sup>); no superaron la resistencia de los 28 días, representando el 82.06 % de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

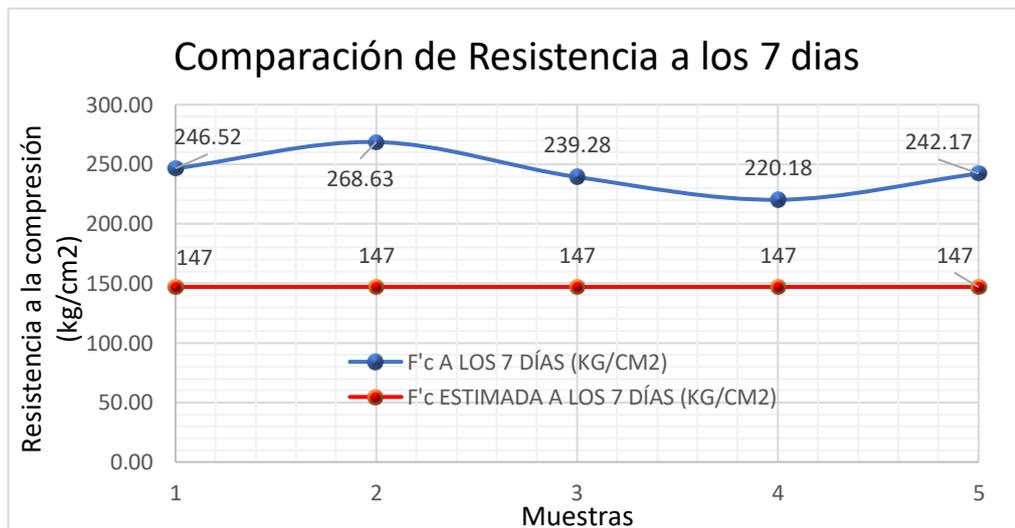


Figura 44: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 7 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo. Fuente propia.

- A los 14 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 14 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 178.5 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (85% de la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 214.26 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 14 días por 35.76 kg/cm<sup>2</sup> (120.04% de 178.5 kg/cm<sup>2</sup>) y a su vez de los 28 días por 4.26 kg/cm<sup>2</sup> (102.03% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

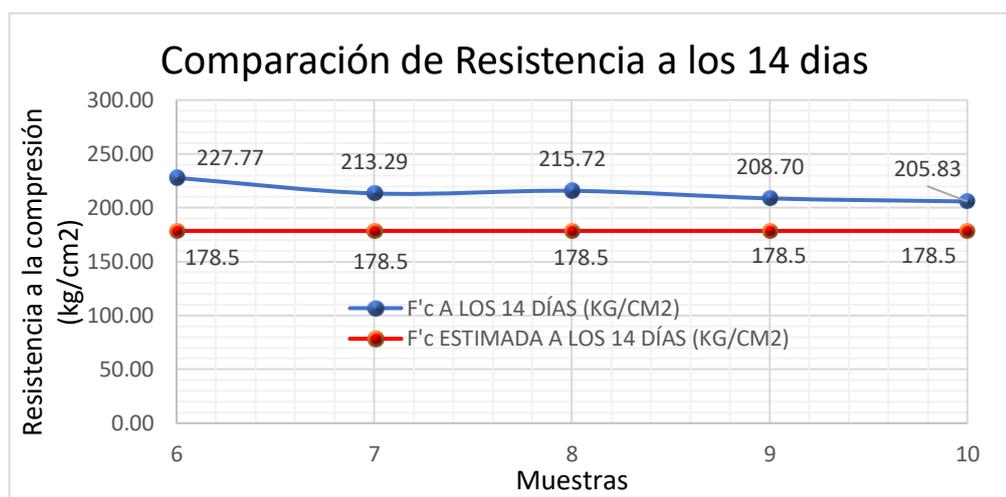


Figura 45: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 14 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo. Fuente propia.

- A los 28 días de curado:

Evaluando los resultados de 5 muestras de dicha mezcla a los 28 días de curado, se evidencia que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión, arroja que el 100% de las probetas cumplen con la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a dicha edad (resistencia de diseño). El promedio de resistencia de los 5 cilindros es de 239.23 kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superaron la resistencia esperada a los 28 días por 29.23 kg/cm<sup>2</sup> (113.92% de 210 kg/cm<sup>2</sup>).

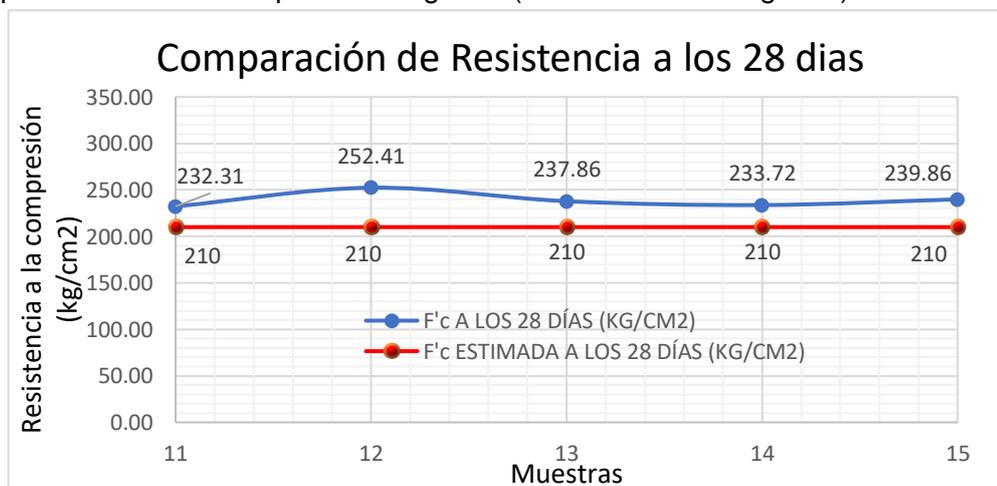


Figura 46: Comparación de la resistencia obtenida con la esperada a los 28 días de la mezcla con cemento HS + agua de pozo. Fuente propia.

Finalmente comparamos los 3 tipos de mezcla con la resistencia de diseño en un gráfico de Resistencia a la compresión VS Edad en días, en la cual observamos que la mezcla patrón de cemento HE (alta resistencia inicial) + agua potable, tiene los valores de resistencia más altos con tendencia a seguir aumentando su resistencia después de los 28 días; seguidamente esta la mezcla con Cemento HE + agua de pozo que difiere por muy poco de la mezcla patrón con agua potable por 8.03 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 3.34 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, se marca más la diferencia a los 28 días con 25.85 kg/cm<sup>2</sup> con tendencia a no aumentar más su resistencia a la compresión. La mezcla de cemento HS + agua de pozo demostró un comportamiento más bajo en resistencia con respecto a las mezclas que utilizaron cemento HE, acercándose más a la resistencia de diseño F'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a la norma E.060 Concreto Armado, si se usa agua no potable, las probetas ensayadas a compresión a los 7 y 28 días deben tener resistencia de por lo menos el 90% de similares con agua potable; la mezcla de cemento HE + agua potable se comparó con la mezcla de cemento HE + agua de pozo (no potable), obteniendo que a los 7 días la mezcla con agua de pozo representa el 96.81% y para los 28 días de 91.70% con respecto a la mezcla de agua potable, cumpliendo con la norma y aceptándose la mezcla para su uso.

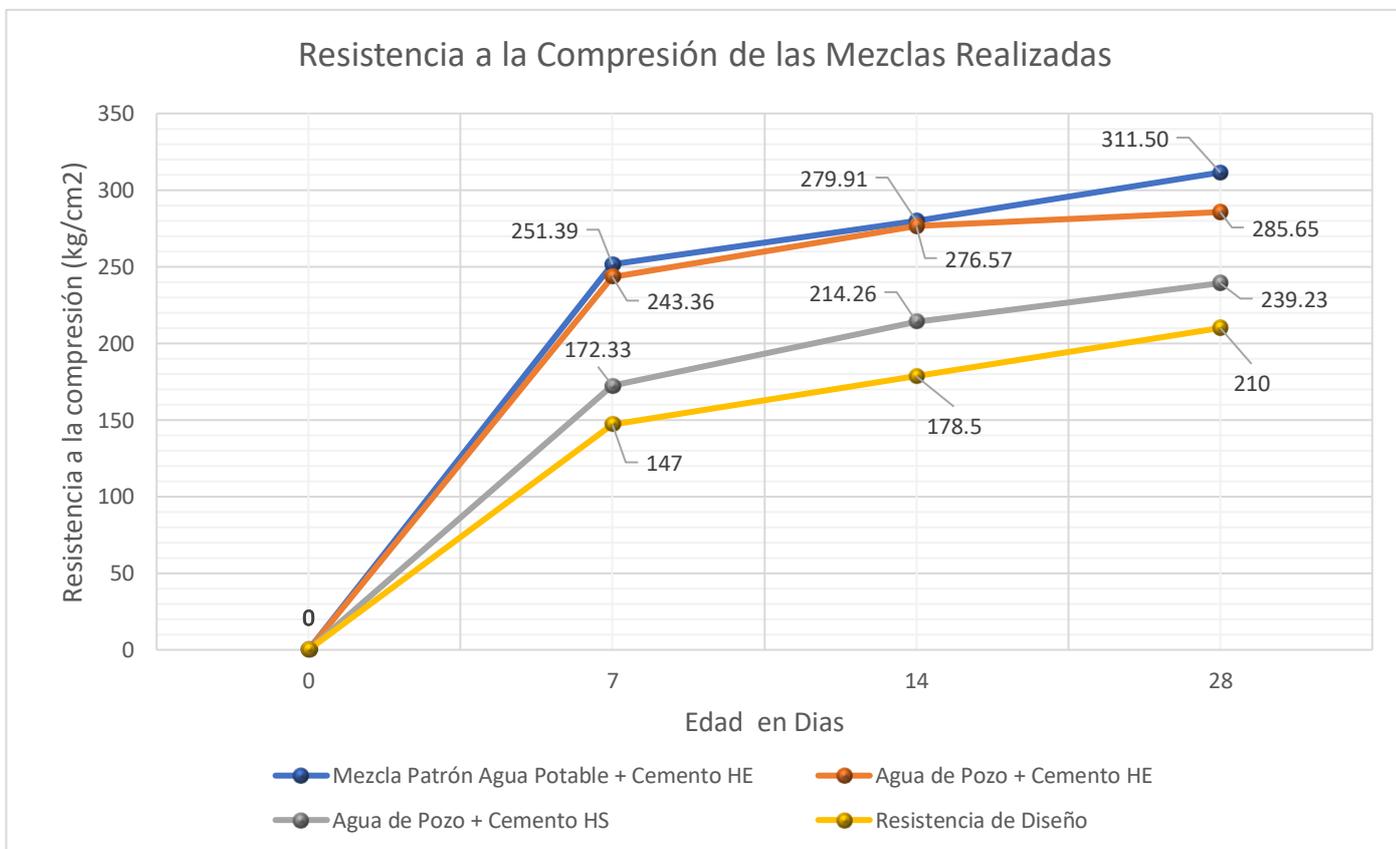


Figura 47: Resistencia a la compresión VS Edad.  
Fuente propia.

### **5.5. Discusión del análisis de costos.**

- Los costos se analizaron para los materiales que conforman el concreto ya que los insumos como el agua potable y los agregados seleccionados se deben transportar hasta Los Palos, siendo un costo considerable en el análisis.

- Los agregados al ser materiales seleccionados de cantera se deben transportar hasta Los Palos, generando un costo mayor de S/. 175.00 por cada 5m<sup>3</sup> con respecto al transporte en la ciudad de Tacna; un servicio de transporte de agua potable incluyendo el agua para Los Palos cuesta S/. 250.00, generando un costo en transporte que no se considera en la ciudad de Tacna.

- El precio del material usando cemento HE + agua potable es de S/. 317.37, mientras que usando cemento HE + agua de pozo llega a costar S/. 309.16.

- El precio del material usando cemento HS + agua potable es de S/. 311.02, mientras que usando cemento HS + agua de pozo llega a costar S/. 302.81.

- La diferencia en el precio de los materiales usando agua potable y agua de pozo para los dos tipos de cementos analizados es de S/. 8.21 por cada metro cúbico de concreto.

## CONCLUSIONES

-Se confirma luego del análisis químico del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos, que esta posee elevadas cantidades de sales solubles totales, cloruros y sulfatos; condiciones químicas que superan los límites permisibles según el MTC E 728. Aun así, el agua de Pozo no supera los límites máximos permisibles de la Norma Técnica Peruana 339.088, ya que esta tiene estándares más tolerantes.

-El incremento o ganancia de resistencia a la compresión de las probetas de concreto: mezcla patrón M-1 (Agregados+ Cemento HE + Agua Potable), M-2 (Agregados+ Cemento HE + Agua de Pozo) y M-3 (Agregados+ Cemento HS + Agua de Pozo) desarrollaron resistencias a los 7 días con promedios de 251.39 Kg/cm<sup>2</sup>, 243.36 Kg/cm<sup>2</sup>, 172.33 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; los cuales continuaron en aumento hasta los 14 días arrojando resistencias con promedio de 279.91 Kg/cm<sup>2</sup>, 276.57 Kg/cm<sup>2</sup>, 214.26 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, finalmente desarrollando resistencias a los 28 días con promedios de 311.5 kg/cm<sup>2</sup>, 285.65 kg/cm<sup>2</sup> y 239.23 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

-Se concluye que el agua del pozo IRHS-42 influye reduciendo la resistencia a la compresión de la mezcla con cemento HE en las probetas M-2, obteniéndose porcentajes de 96.81% a los 7 días y 91.70% a los 28 días con respecto a la resistencia obtenida de las probetas de concreto patrón M-1, no obstante, es aceptable para su uso en la mezcla tomando en cuenta el parámetro mínimo de 90% de resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón que exige la norma E.060.

-La mezcla M-3 (Agregados+ Cemento HS + Agua de Pozo), permitió determinar que la evolución de la resistencia a los 7, 14 y 28 días varía de acuerdo al tipo de cemento utilizado, en ese caso el cemento HS con alta resistencia a los sulfatos obtuvo porcentajes de crecimiento menores a los de la mezcla M-2 (Agregados+ Cemento HE + Agua de Pozo) estando dentro del promedio de crecimiento esperado, siendo apto el uso de cemento HS para el mezclado con agua de pozo.

-Se concluye que el costo por metro cubico de concreto elaborado con agua de pozo es menor al costo generado por el concreto elaborado con agua potable, esto debido al sobrecosto de S/8.51 que genera el transporte del agua potable al balneario

Los Palos. Siendo conveniente el uso de agua del pozo IRHS-42 mientras no exista abastecimiento por red de agua potable en el distrito de la Yarada- Los Palos.

-Si bien los ensayos superaron la resistencia de diseño  $F'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, no se descarta que el concreto elaborado con agua del pozo IRHS-42 reduzca su resistencia a través del tiempo debido a que el contenido de sulfatos en el agua destinada en la mezcla introduce al concreto en la categoría de “exposición moderada a soluciones de sulfato” como lo indica la norma E.060; debido a que el diseño de mezcla no se elaboró teniendo en cuenta la resistencia por durabilidad.

### **RECOMENDACIONES**

-Se aconseja la nueva toma de muestras y realización de ensayo químico de agua procedente de más pozos de extracción en un área mayor de estudio donde se quiera evaluar la influencia del agua de pozo en el concreto para la obtención de datos mucho más precisos.

-Se recomienda que, en próximas investigaciones de la zona en estudio, se considere el diseño de mezclas de resistencia por durabilidad puesto que tanto el agua potable como de pozo que se utilizó en las mezclas de concreto contiene soluciones de sulfato lo que expone al concreto en la categoría de ataque moderado por sulfatos para que de esta forma se obtengan los dos parámetros más importantes del concreto.

-Se sugiere la utilización de mezcladoras de concreto de mayor volumen donde se pueda elaborar más concreto en la menor cantidad de tandas posibles, esto para que la mezcla sea más homogénea y las resistencias a compresión oscilen en un menor rango entre los testigos de concreto de la misma mezcla.

-Se sugiere profundizar la investigación mediante la manipulación de las variables agua y cemento, para que de esta forma se evalué la influencia de la utilización del agua de pozo en mezclas con distintas marcas y tipo de cemento que se comercializan en la zona de estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (s.f.). *Cold Weather Concreting ACI 306R*. Periodo mínimo de Curado. Farmington Hills.MI.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Comité 211 ACI*. Diseño de Mezcla. EE.UU.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Código 318 del ACI*. Cálculo de la Resistencia promedio.
- ASOCEM. (s.f.). *Boletines Técnicos*. Lima – Perú.
- ASTM INTERNATIONAL:
  - ASTM C-33. *Especificación Normalizada para Agregados para Concreto*.
  - ASTM D 1411. *Determinación del contenido de iones cloruro solubles contenido en agua*.
  - ASTM C702. *Práctica Normativa para Reducir las Muestras de Agregados a Tamaño de Prueba*.
- AREVALO, W. (2016). *Influencia del agua de mar tratada, a través de un destilador solar, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para la resistencia de 3000 PSI y 4000 PSI*, (Tesis). Universidad de Cartagena, Colombia.
- BEMBIBRE, C. (2010) Definición de Acuífero. Recuperado de: <https://www.definicionabc.com/?s=Acu%C3%ADfero>.
- CLARK, D., Y BRIAR, D. (2001). *¿Qué es agua subterránea?* .USGS- Open-File Informe 93-643.
- CONSUMOTECA. (2009). Definición de Análisis Químico. Recuperado de: <https://www.consumoteca.com/>.
- DIAZ, B., RIOS, N., MURGA, K., Y ROBLES, L. (2014). *Influencia del agua potable, río y mar en la resistencia a compresión de un concreto convencional no estructurado, para la construcción de aceras en la ciudad de Trujillo*, (Investigación). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- GUTIERREZ, I., Y CANALES, A. (2017). *Manual para la presentación de planes e informes de investigación*. Universidad Privada de Tacna.
- IMOCOM. (s.f.). La relación agua-cemento: un frágil equilibrio. Recuperado de: <http://www.imocom.com/construccion/noticias/la-relacion-agua-cemento-un-fragil-equilibrio>.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. (2004). *Propiedades del Concreto*.
- KOSMATKA, S., KERKHOFF, B., WILLIAM, C., PANARESE Y TANESI, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association, EE.UU.

- KOSMATKA, S., Y PANARESE. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*, 1ª Edición, México, 1992.
- MIRAVE, A. (2005). Definición de materiales de construcción. Recuperado de: <http://www.monografias.com/docs113/materiales-construccion-civil/materiales-construccion-civil.shtml>
- NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION, (s.f.). *CIP-11. Curado del Concreto en el Lugar. ¿Qué es el curado?*, U.S.A.
- NEVILLE, A., Y BROOKS J. (1998). *Tecnología del Concreto.*, 1era Edición, Editorial Trillas, México.
- NORMA TÉCNICA PERUANA:
  - NTP 400.037. *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*
  - NTP 400.012. *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*
  - NTP 339.088 *Requisitos de Calidad del Agua para el Concreto.*
  - NTP 400.010. *Agregados. Extracción y Preparación de las Muestras.*
  - NTP 139.185 *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. (2013)*
  - NTP 334.051. *Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland cubos de 50 mm de lado.*
  - NTP 400.021. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.*
  - NTP 400.022. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*
  - NTP 400.017. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.*
  - NTP 339.033. *HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.*
  - NTP 339.034. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizada para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.*
  - NTP 339.035. *Control de Calidad de Concreto Fresco: Asentamiento de concreto fresco con el Cono de Abrams.*
- OROZCO, B., Y PALACIO, J. (2015). *Influencia de las características del agua subterránea en la resistencia de las unidades de mampostería de concreto con*

*perforaciones verticales de fabricación artesanal. Caso de estudio: Villanueva, Bolívar.* (Tesis). Universidad de Cartagena, Colombia.

- OSORIO, J. (2013). *Diseño de mezclas de concreto: Conceptos básicos.* Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/disenio-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>.

- OXFORDDICTIONARIES, (s.f.). Definición de cemento. <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/cemento>.

-PASQUEL, E. (1998). *Tópicos de tecnología de concreto.*

- PINEDA, E. (2009). *Estudio de la influencia de las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la cantera de Pertigalete sobre la desviación standard en diseños de mezclas de concreto producidos en la planta de premezclados simpca Barcelona.* (Tesis). Universidad de Oriente, Venezuela.

- POLANCO, A. (2010). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto.* Universidad Autónoma de Chihuahua.

- PORRERO, J., RAMOS, C., GRACES, J., Y VELAZCO, G. (2009). *Manual del Concreto Estructural.* Editorial SIDETUR – Caracas, 3era Edición.

- PORTUGAL, P. (2003). *Reología del Concreto.* XIV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL - IQUITOS 2003- Capítulo de Ingeniería Civil del Consejo Departamental de Loreto del Colegio de Ingenieros del Perú.

-REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, (2009). *E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.*

- RIVVA LÓPEZ, E. (2015). *Diseño de mezclas,* Tercera Edición, Lima – Perú.

- RODRIGUEZ, A., Y TICONA, A. (2016). “Diseño y aplicación de concreto permeable utilizando agregados de la cantera Arunta en la ciudad de Tacna”. (Tesis). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.

- SANCHEZ, F., Y TAPIA, R. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días,* (Tesis). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

- TORRES, O. (2013). *Variación de la resistencia del concreto, utilizando agua de mar y arena de playa, provenientes del Edo. Vargas (Catia La Mar),* (Tesis). Universidad de Nueva Esparta, Venezuela.

- TROXELL, G., DAVIS, H., Y KELLY, J. (1968). *Composition and Properties of Concrete.* McGraw-Hill Book Company, New York.

- WADDELL, J. (1968). *Concrete Construction Handbook,* 3era. Edición, McGraw-Hill Book Company, New York.

# ANEXOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA						
OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ESTADÍSTICA	METODOLOGÍA	
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable independiente</b>			<b>Tipo de investigación</b>
- ¿Cuál es la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión en el concreto?	- Determinación de la influencia del uso de agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto.	- La utilización de agua del pozo IRHS-42 del sector Los Palos influye en la disminución de la resistencia a la compresión del concreto.	- Agua. - Cemento. - Agregados.	- Cloruros. - Sulfatos. - Sales solubles. - PH. - Tipo de cemento. - Gradación del agregado.		- Explicativo.
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específica</b>	<b>Variable dependiente</b>			<b>Muestra</b>
- ¿En qué proporción los niveles de sales, sulfatos y cloruros del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos se encuentra con respecto a los límites máximos permisibles establecidos según la norma del uso de agua para elaboración del concreto? - ¿Cuál es la diferencia en la resistencia a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos con respecto a las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7, 14 y 28 días?	- Caracterizar las propiedades químicas del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos según norma la norma del uso de agua para elaboración del concreto. - Comparación de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos con respecto a las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7, 14 y 28 días.	- La cantidad de sales, sulfatos y cloruros del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos en la norma del uso de agua para elaboración del concreto. - La resistencia a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con agua del pozo IRHS-42 es inferior a la resistencia a la compresión de las probetas realizadas con mezcla patrón a edades de 7,14 y 28 días.	- Resistencia a la compresión del concreto.	-Diseño de mezcla. - Relación (A/C). -Calidad de agua – Ensayos. -Calidad de agregados – Ensayos. -Número de probetas cilíndricas. -Ensayo de compresión simple por edad de ensayo.	- Estadística inferencial.	- 45 probetas de concreto.



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

#### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

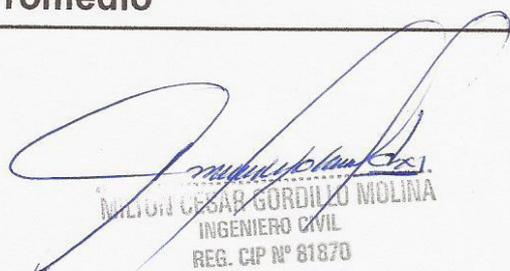
**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	39.4	39.1	39.4
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	301.3	382.8	455.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	299.4	380.4	452.6
Peso del Agua	gr.	1.9	2.4	2.8
Peso de la muestra seca neta	gr.	260.0	341.3	413.2
Porcentaje de humedad	%	0.73	0.70	0.68
Promedio	%	0.70		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



## UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA N°		1	2	3
Peso del recipiente	gr.	162.9	94.8	54.1
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	707.9	783.5	582.9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	705.6	780.8	580.7
Peso del Agua	gr.	2.3	2.7	2.2
Peso de la muestra seca neta	gr.	542.7	686.0	526.6
Porcentaje de humedad	%	0.42	0.39	0.42
Promedio	%	0.41		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

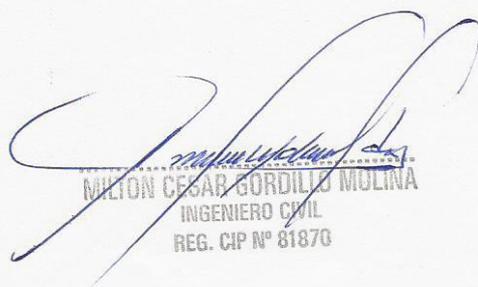
**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA N°		1	2	3
Peso de la muestra (sss)	gr.	239.8	262.8	285.3
Peso de la muestra seca	gr.	237.3	260.1	282.3
Peso del Agua	gr.	2.5	2.7	3.0
Porcentaje de Absorción	%	1.05	1.04	1.06
Promedio	%	1.05		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



## UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA N°		1	2	3
Peso de la muestra (sss)	gr.	270.3	328.0	337.1
Peso de la muestra seca	gr.	266.7	323.7	332.8
Peso del Agua	gr.	3.6	4.3	4.3
Porcentaje de Absorción	%	1.35	1.33	1.29
Promedio	%	1.32		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



## UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

### FACULTAD DE INGENIERIA

#### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

#### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA Nº		1	2	3
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	872.0	876.5	878.5
Peso de la fiola + Agua	cc.	659.4	648.4	662.8
Peso de la muestra (sss)	cc.	348.5	375.1	354.3
Volumen desplazado	cc.	135.9	147.0	138.6
Peso específico	gr/cc.	2.564	2.552	2.556
Promedio	gr/cc.	2.557		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



## UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (SSS)	gr.	618.5	642.6
Volumen inicial	cc.	500.0	500.0
Volumen Agua + piedra	cc.	740.0	750.0
Volumen desplazado	cc.	240.0	250.0
Densidad de la piedra	gr/cc.	2.577	2.570
Promedio	gr/cc.	2.574	

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

Fracción Fina		S U E L T O		
MUESTRA N°		1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr.	19,969	20,007	19,981
Peso del molde	gr.	4,476	4,476	4,476
Peso de la muestra seca neta	gr.	15,493	15,531	15,505
peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario	gr/cc.	1.650	1.654	1.651
Promedio	gr/cc.	1.652		

Fracción Fina		V A R I L L A D O		
MUESTRA N°		1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr.	21,764	21,899	21,893
Peso del molde	gr.	4,476	4,476	4,476
Peso de la muestra seca neta	gr.	17,288	17,423	17,417
peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario	gr/cc.	1.841	1.855	1.855
Promedio	gr/cc.	1.850		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

Fracción Gruesa		S U E L T O		
MUESTRA N°		1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr.	18,277	18,263	18,281
Peso del molde	gr.	4,476	4,476	4,476
Peso de la muestra seca neta	gr.	13,801	13,787	13,805
peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario	gr/cc.	1.470	1.468	1.470
Promedio	gr/cc.	1.469		

Fracción Gruesa		V A R I L L A D O		
MUESTRA N°		1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr.	19,585	19,518	19,531
Peso del molde	gr.	4,476	4,476	4,476
Peso de la muestra seca neta	gr.	15,109	15,042	15,055
peso del molde + agua	gr.	13,867	13,867	13,867
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario	gr/cc.	1.609	1.602	1.603
Promedio	gr/cc.	1.605		

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350				
No4	4.760	35.80	3.70	3.70	96.30
No8	2.380	217.80	22.53	26.24	73.76
No10	2.000				
No16	1.190	162.40	16.80	43.04	56.96
No20	0.840				
No30	0.590	142.10	14.70	57.74	42.26
No40	0.420				
No 50	0.300	190.20	19.68	77.42	22.58
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.149	127.20	13.16	90.58	9.42
No200	0.074	62.00	6.41	96.99	3.01
<b>BASE</b>		29.10	3.01	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>966.60</b>			

*Milton Cesar Gordillo Molina*  
MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

#### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

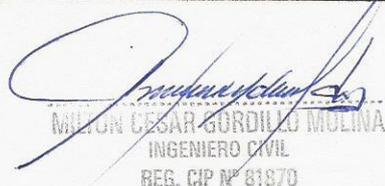
**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.

**FECHA:** DICIEMBRE 2017.

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	69.80	1.23	1.23	98.77
1/2"	12.700	2829.50	49.85	51.08	48.92
3/8"	9.525	1096.60	19.32	70.40	29.60
1/4"	6.350				
No4	4.760	1655.50	29.17	99.56	0.44
No8	2.380	24.70	0.44	100.00	0.00
No10	2.000				
No16	1.190				
No20	0.840				
No30	0.590				
No40	0.420				
No 50	0.300				
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.149				
No200	0.074				
<b>BASE</b>					
<b>TOTAL</b>		<b>5676.10</b>			

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (AGUA POTABLE + CEMENTO HE).

**FECHA:** 19/12/17 (7 DIAS), 26/12/17 (14 DIAS), 09/12/18 (28 DIAS).

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (AGUA POTABLE + CEMENTO HE)						
MUESTRA	EDAD (DIAS)	DIÁMETRO 1 (CM)	DIÁMETRO 2 (CM)	CARGA DE ROTURA (KG)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
1	7	15.13	15.01	43625	Tipo 5	244.50
2	7	15.04	15.14	46331	Tipo 1	259.20
3	7	15.01	15.12	45706	Tipo 1	256.45
4	7	15.12	15.04	49125	Tipo 1	275.03
5	7	15.10	15.13	39807	Tipo 1	221.76
6	14	15.22	15.18	57155.82	Tipo 2	314.98
7	14	15.22	15.04	44853.34	Tipo 1	249.47
8	14	15.04	15.13	44884.75	Tipo 1	251.19
9	14	15.13	15.13	53005.64	Tipo 5	294.93
10	14	15.13	15.20	52184.58	Tipo 2	288.97
11	28	15.15	15.25	55930.95	Tipo 1	308.23
12	28	15.15	15.10	59645.92	Tipo 2	331.97
13	28	15.01	15.12	52215.98	Tipo 5	292.98
14	28	15.16	15.04	57043.65	Tipo 5	318.62
15	28	15.22	15.18	55473.31	Tipo 3	305.71

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

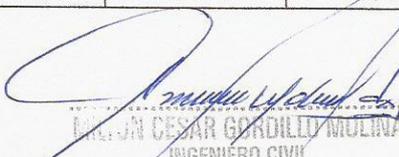
**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (AGUA DE POZO + CEMENTO HE).

**FECHA:** 19/12/17 (7 DIAS), 26/12/17 (14 DIAS), 09/12/18 (28 DIAS).

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (AGUA POZO + CEMENTO HE)						
MUESTRA	EDAD (DIAS)	DIÁMETRO 1 (CM)	DIÁMETRO 2 (CM)	CARGA DE ROTURA (KG)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
1	7	15.16	15.14	44430	Tipo 1	246.52
2	7	15.05	15.13	48027	Tipo 5	268.63
3	7	15.13	15.13	43034	Tipo 5	239.28
4	7	15.15	15.14	39662	Tipo 5	220.18
5	7	15.14	15.13	43572	Tipo 1	242.17
6	14	15.11	15.12	46778.13	Tipo 5	260.66
7	14	15.12	15.14	48994.55	Tipo 2	272.67
8	14	15.22	15.10	49532.95	Tipo 1	274.50
9	14	15.11	15.22	52278.80	Tipo 2	289.49
10	14	15.19	15.15	51574.39	Tipo 2	285.52
11	28	15.11	15.14	52897.96	Tipo 5	294.47
12	28	15.12	15.14	49649.60	Tipo 5	276.21
13	28	15.15	15.13	51201.99	Tipo 5	284.33
14	28	15.14	15.14	52000.62	Tipo 5	288.90
15	28	15.14	15.13	51139.18	Tipo 5	284.34

  
 MILTON CESAR GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y  
PAVIMENTOS

**TESIS:** INFLUENCIA DEL USO DE AGUA DEL POZO IRHS-42 DEL BALNEARIO LOS PALOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO UTILIZADO EN EL DISTRITO DE LA YARADA – LOS PALOS DE LA PROVINCIA DE TACNA.

**TESISTAS:** BACH. JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ.  
BACH. JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ.

**UBICACIÓN:** CANTERA ZÚÑIGA, DISTRITO DE CALANA, TACNA – PERÚ.

**ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (AGUA DE POZO + CEMENTO HS).

**FECHA:** 19/12/17 (7 DIAS), 26/12/17 (14 DIAS), 09/12/18 (28 DIAS).

**ASESOR:** ING. MILTON GORDILLO MOLINA.

ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO (AGUA POZO + CEMENTO HS)						
MUESTRA	EDAD (DIAS)	DIÁMETRO 1 (CM)	DIÁMETRO 2 (CM)	CARGA DE ROTURA (KG)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
1	7	15.12	15.10	30562	Tipo 2	170.39
2	7	15.14	15.03	29725	Tipo 4	166.26
3	7	15.13	15.13	33124	Tipo 2	184.32
4	7	15.04	15.12	31013	Tipo 2	173.71
5	7	15.01	15.12	29761	Tipo 2	166.98
6	14	15.11	15.10	40788.41	Tipo 1	227.77
7	14	15.11	15.09	38204.08	Tipo 3	213.29
8	14	15.10	15.09	38603.39	Tipo 3	215.72
9	14	15.11	15.13	37468.26	Tipo 3	208.70
10	14	15.11	15.09	36858.08	Tipo 2	205.83
11	28	15.11	15.09	41609.47	Tipo 2	232.31
12	28	15.13	15.13	45360.33	Tipo 3	252.41
13	28	15.14	15.03	42524.75	Tipo 6	237.86
14	28	15.11	15.13	41959.43	Tipo 3	233.72
15	28	15.01	15.12	42749.09	Tipo 3	239.86

  
 MILTON GORDILLO MOLINA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 81870



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

## FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH  
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 002420

## ANALISIS DE AGUA - SALES

SOLICITANTE : JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ  
                  : JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ  
PROYECTO : TESIS  
UBICACIÓN : Red pública de agua potable Pocollay - Tacna  
RESP. ANALISIS : Ing. Nelson Guerrero Pardo  
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 21 de diciembre de 2017

Nº Lab.	Nº Campo	SST (mg/L)	CL (mg/L)	SO <sup>4</sup> (mg/L)	pH	CO <sub>3</sub> (mgCO <sub>3</sub> /L)
2420	Agua potable	670.00	42.56	166.22	7.41	0.00

Métodos

Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002

Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.177 - 2002

Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.178 - 2002

pH: Método Potenciométrico

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO  
.....  
Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano  
JEFE DE LABORATORIO





# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

## FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH  
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº: 002421

## ANÁLISIS DE AGUA - SALES

SOLICITANTE : JOSÉ ANTONIO TELLO MARTÍNEZ  
                  : JOSÉ LUIS TELLO MARTÍNEZ  
PROYECTO : TESIS  
UBICACIÓN : Pozo IRHS - 42 Los Palos, distrito La Yarada Los Palos, Provincia Tacna, Región Tacna  
RESP. ANALISIS : Ing. Nelson Guerrero Pardo  
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 21 de diciembre de 2017

Nº Lab.	Nº Campo	SST (mg/L)	CL (mg/L)	SO <sup>4</sup> (mg/L)	pH	CO <sub>3</sub> (mgCO <sub>3</sub> /L)
2421	Agua de pozo	2580.00	503.63	422.87	7.85	5.73

Métodos

Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002

Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.177 - 2002

Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.178 - 2002

pH: Método Potenciométrico

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano  
JEFE DE LABORATORIO



# SALES, AGUA Y SUELO PARA CONSTRUCCIÓN

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS (Valores expresados en ppm)						
Grado de Ataque	ACI - 201. 2R. 77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (Inglés)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruano)
	Sulfatos en el Suelo (1)	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos (3)	Sulfatos (3)
Leve	0 - 1,000	0 - 150	< 2,400	< 360	0 - 600	50
Moderado	1,000 - 2,000	150 - 1,500	2,400 - 6,000	360 - 1,440	600 - 3,000	--
Severo	2,000 - 20,000	1,500 - 10,000	6,000 - 24,000	1,440 - 6,000	> 3,000	--
Muy Severo	> 20,000	> 10,000	> 24,000	> 6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm):

Sustancia	MTC	RIVA 5 *	Agua Potable
Cloruros	300	300	250
Sulfatos	300	50	50
Sales Solubles Totales	1 500	300	300
Sales en Magnesio	--	125	125
Sólidos en Suspensión	1000	10	10
pH	4 de 7	4 de 8	10.5
Materia Orgánica expresada en Oxígeno	16	0.001	0.001

\* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos



# CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL



## DESCRIPCIÓN

El cemento YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, clasificado como cemento tipo HE según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de la industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a una 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 hasta lograr un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

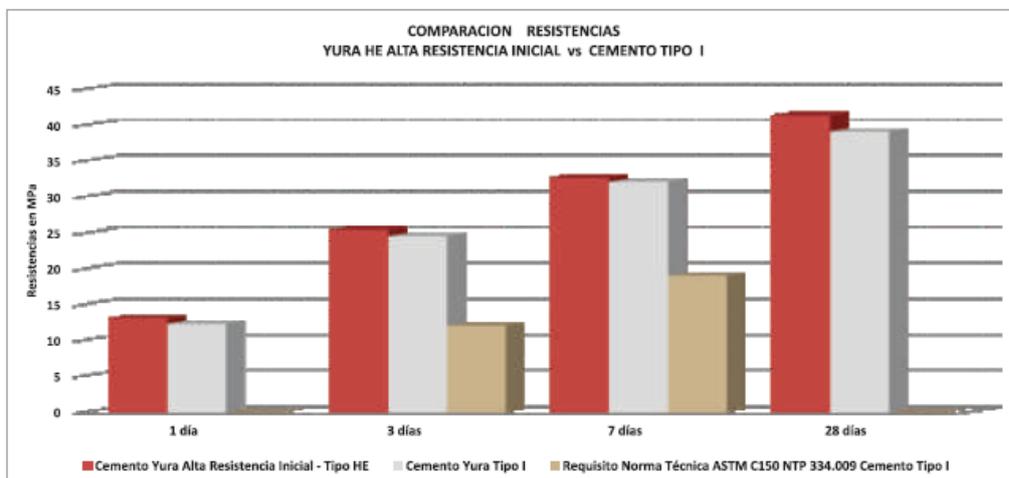
La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NORMA TÉCNICA NTP 334.082 ASTM C 1157		DESEMPEÑO CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL - TIPO HE		REQUISITOS NORMA TÉCNICA CEMENTO TIPO I NTP 334.009 / ASTM C 150	
- Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	-		4400		2600 Mínimo	
- Expansión en autoclave (%)	0,80 Máximo		0.00		0,80 Máximo	
- Fraguado Vitcat Inicial (minutos)	45 Mínimo		170		45 Mínimo	
- Fraguado Vitcat Final (minutos)	420 Máximo		210		375 Máximo	
- Contenido aire Mortero (%)	-		4.50		12.00 Máximo	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	kg-f/cm <sup>2</sup>	MPa	kg-f/cm <sup>2</sup>	MPa	kg-f/cm <sup>2</sup>	MPa
1 día	122	12	135 - 145	13.2 - 14.20	-	-
3 días	244	24	252 - 272	24.7 - 26.67	122	12
7 días	-	-	306 - 366	30.0 - 35.90	194	19
28 días	-	-	410 - 435	40.2 - 42.70	-	-

\*EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL reemplaza al cemento tipo I, donde esté especificado técnicamente.

## EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS





# CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL

## PROPIEDADES

EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad
- Resistencia a los sulfatos
- Resistencia a los cloruros
- Menor calor de hidratación
- Disminuye la reacción nociva alcali-agregado (Según grado de reactividad del agregado)
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

## BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



**Guantes Impermeables**



**Protección Ocular**



**Botas Impermeables**



**Protección Respiratoria**

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- **Bolsas 42.5 Kg** Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- **Big Bag 1.0 TM** Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- **Big Bag 1.5 TM** Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- **Granel** Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND	TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	GRADO ALTA RESISTENCIA
USA	Norma Americana	ASTM C1157	PORTLAND CEMENT	TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 40
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 2380	CEMENTO HIDRÁULICO	TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

## DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN DICIEMBRE 2013

TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL  
TYPE HE – HIGH EARLY STRENGTH



# CEMENTO YURA ANTISALITRE



## DESCRIPCIÓN

El Cemento YURA Anti Salitre, clasificado como cemento tipo HS según la Norma técnica peruana NTP 334.082 y la Norma Americana ASTM C 1157, cuenta con diversas propiedades para su utilización en todo tipo de construcciones de concreto, expuestas a zonas húmedas, brisa marina, suelos salitrosos, alta presencia de sulfatos y cloruros, y otros ataques químicos.

### Resistencia al salitre

Protege al concreto del ataque de sulfatos salitre, cloruros y agua de mar.

La adición de puzolana disminuye la porosidad capilar, logrando una mayor impermeabilidad, protegiendo el fierro que se encuentra en el interior de la construcción.

### Impermeabilidad

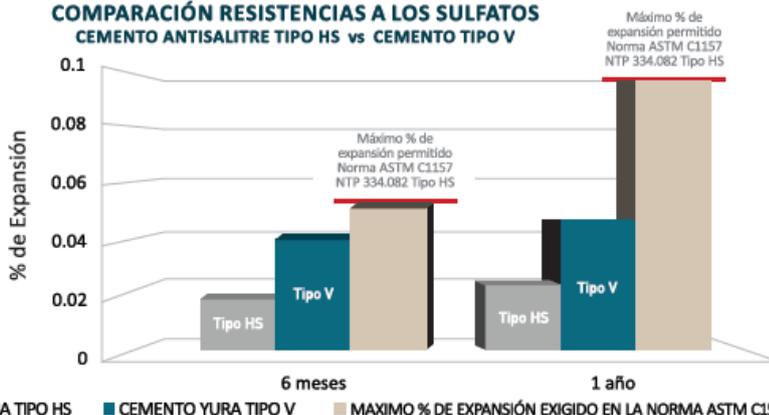
## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NTP 334.082 ASTM C 1157	DESEMPEÑO CEMENTO YURA ANTI SALITRE TIPO HS	
- Superficie específica B <sub>st</sub> (cm <sup>2</sup> /g)	-	4800 - 5400	
- Expansión en autoclave (%)	0.80 Máximo	0.09 - 0.02	
- Fraguado Vitcat Inicial (minutos)	45 Mínimo	220 - 260	
- Fraguado Vitcat Final (minutos)	420 Máximo	260 - 300	
- Contenido aire Mortero (%)	12 Máximo	2.50 - 7.00	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kgf/cm <sup>2</sup> MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
<b>1 día</b>	- -	83 - 103	8,1 - 10,1
<b>3 días</b>	112 11	175 - 200	17,2 - 19,6
<b>7 días</b>	184 18	210 - 240	20,6 - 23,5
<b>28 días</b>	255 25	290 - 320	28,4 - 31,4
RESISTENCIA A LOS SULFATOS	% de Expansión	% de Expansión	
<b>6 meses</b>	0.05 máximo	0,015 - 0,020	
<b>1 año</b>	0.10 máximo	0,016 - 0,022	

El cemento YURA ANTI SALITRE, TIPO HS, supera AMPLIAMENTE las resistencias al ataque de sulfatos del cemento tipo V y las indicadas en la norma NTP 334.009 (ASTM C150) por lo que reemplaza al tipo V, donde esté especificado técnicamente.

## EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS

### COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LOS SULFATOS CEMENTO ANTISALITRE TIPO HS vs CEMENTO TIPO V



\* El cemento Yura Anti Salitre, Tipo HS, tiene mayor Resistencia al Ataque de Sulfatos, en comparación al cemento Tipo V, debido a su menor porcentaje de expansión.



# CEMENTO YURA ANTISALITRE

## PROPIEDADES

El cemento Yura Anti Salitre, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al ataque de sulfatos.
- Resistencia al ataque de cloruros.
- Aumento de impermeabilidad.
- Menor calor de hidratación.
- Inhibe la reacción nociva álcali - agregado.



## BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.  
Menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente durante su fabricación.

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



**Guantes  
Impermeables**



**Protección  
Ocular**



**Botas  
Impermeables**



**Protección  
Respiratoria**

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas de altura o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsa 42.5 kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO YURA ANTI SALITRE, cumple con la norma internacional ASTM C1157 y la Norma Peruana NTP 334.082

## DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando primero el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.