

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE
A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'_{C}=280$ KG/CM²,
REALIZADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA TACNA-
2015”**

Presentado por:

Bach. Ing. Llanos Mamani, Marleny Noemí

Bach. Ing. Rivera Salinas, Eliana Sadid

ASESOR:

ING. Wilber Percy Mendoza Ramires

**Tacna – Peru
2016**



DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante mi vida estudiantil. Además de su infinita bondad y amor, que ha sido el principal guía, me ha encaminado, acompañado, iluminado a seguir el camino de Él desde la Ingeniería Civil.

A mis Padres

Francisco Llanos y María Mamani, son personas admirables que me enseñaron a nunca derrumbarme y a luchar por mis objetivos, su apoyo y sus palabras de aliento se ve reflejado en lo que ahora soy, sé que este trabajo es muy pequeño en comparación por todo lo que ustedes han hecho por mí, son los mejores padres y mi gran ejemplo a seguir los amo.

A:

Todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que aposaban a que me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis.

Marleny Llanos



AGRADECIMIENTO

Ante todo le doy gracias a Dios porque siempre ha estado junto a mí en todo momento guiándome, dándome salud y entendimiento durante todos los años de vida.

A mi familia, por ser el soporte fundamental en mi vida, por estar presente en los momentos de alegrías y tristezas, ya que sin ellos no hubiese sido posible llegar a culminar nuestra carrera universitaria

A todos mis amigos, que estuvieron incondicionalmente y que supieron apoyarme de una u otra manera en los momentos que más requería de su ayuda.

A mis Hermanas por brindarme siempre una muestra de afecto y cariño, y demostrarme que con perseverancia se alcanza todo lo que se desea, eres un gran ejemplo a seguir.

A mi Tutor Ingeniero Wilber Mendoza por haberme ayudado, asesorado y colaborado en la ejecución de esta tesis.

Marleny Llanos



DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante mi vida estudiantil.

A mis padres Alejandro Rivera y Maximiliana Salinas, que han sido un ejemplo y el motivo de mi inspiración, de la superación y la perseverancia de luchar por los objetivos trazados y me enseñaron a nunca me derrumbarme, por su amor incondicional, su apoyo, sus sacrificios y darme las herramientas para llegar a este día. Este logro es de ustedes, los amo.

A cada uno de los miembros de mi familia, Hermano, Primas y Tíos por ser un apoyo incondicional en todos los instantes de mi vida.

Eliana Rivera Salinas.



AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser siempre el guía en mi vida, a mis padres Alejandro y Maximiliana, por sus consejos y su apoyo incondicional que lograron que este sueño se haga realidad.

A mi hermano Héctor y demás familiares, por ser el soporte fundamental en mi vida, por estar presente en los momentos de alegrías y tristezas, ya que sin ellos no hubiese sido posible llegar a culminar mi carrera universitaria.

A mi amor Jaime por su comprensión y acompañarme en los malos y buenos momentos. Por ayudarme a que este momento llegara y por su apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir con mis metas trazadas.

Mi último agradecimiento, va dirigido a la UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA por haberme formado como profesional en la carrera de ingeniería civil.

Eliana Rivera Salinas.



INDICE

INTRODUCCION

RESUMEN

CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES

Pág.

1.1	Historia y Evolución del concreto.	13
1.2	Importancia de la Investigación.	14
1.3	Estado actual del Tema propuesto relacionando con las Investigaciones en Nuestro País.....	15
1.4	Objetivos de la Investigación.....	15
1.4.1	Objetivos Generales.....	15
1.4.2	Objetivos Específicos.....	15

CAPITULO II.- EL CONCRETO

2.1	Definición.....	17
2.2	Características del Concreto.....	17
2.3	Importancia del Concreto.....	18
2.4	Composición del Concreto.....	18
2.5	Propiedades del Concreto.....	19
2.5.1	Propiedades Generales.....	19
2.6	Propiedades Mecánicas.....	26
2.6.1	Resistencia a la Compresión.....	26
2.6.2	Módulo de Elasticidad del Concreto.....	28

CAPÍTULO III.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

3.1	Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados procedentes de la Ciudad de Tacna, cantera Arunta en el Distrito de Gregorio Alabarracin.....	32
3.2	Ubicación, Características de la Zona y Explotación de la Cantera Arunta.....	34
3.3	Ensayo de los Agregados.	36
3.3.1	Peso específico.....	36
3.3.2	Capacidad de Absorción.	38
3.3.3	Contenido de Humedad.	40
3.3.4	Peso Unitario Suelta y Compactada.	42
3.3.5	Granulometría.	45
3.4	Resumen de Propiedades.	50



CAPÍTULO IV.- MEZCLAS DE CONCRETO.

4.1	Fijación de Parámetros de Diseño de Mezclas para Resistencia Especificada de 280 kg/cm ²	52
4.2	Método de Diseño: A.C.I.....	59
4.3	Mezcla de Prueba para la Resistencia Especificada Investigada.....	76

CAPÍTULO V.- PROBETAS ESTÁNDAR.

5.1	Determinación del Número Total de Probetas en la Investigación.	80
5.2	Programación de Producción de Probetas Cilíndricas de concreto.	81
5.3.	Almacenamiento de Probetas en el pozo de Humedad.	82

CAPÍTULO VI.- PROGRAMAS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

6.1	Tolerancia de Tiempo para los Ensayos.	86
6.2	Análisis de la Resistencia a la Compresión a edades de 7, 14, 21 Y 28 días....	86
6.3	Verificación y Preparación de Equipos para medir las Deformaciones del Concreto a través de Ensayos De Compresión.....	93
6.4	Determinación Experimental y Teórico del Módulo Estático de Elasticidad de los Resultados obtenidos.	97
	6.4.1 Determinación Experimental.	98
	6.4.2 Determinación Teórica.	105
	6.4.2.1 Planteamiento de la Ecuación Experimental del Módulo Estático de Elasticidad del Concreto.	106
6.5	Conclusiones.	107
	6.5.1 Conclusiones Generales.	107
6.6	Recomendaciones.	108
	6.6.1 Recomendaciones Generales.	108

ANEXOS.....	109
--------------------	------------

BIBLIOGRAFIA.....	121
--------------------------	------------



LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 2.1 Consistencia / Asentamiento.....	23
Tabla Nº 3.1 Resultado de ensayo de Peso Específico.....	37
Tabla Nº 3.2 Resultado de ensayo de Peso Específico.....	37
Tabla Nº 3.3 Resultado del Ensayo de Capacidad de Absorción.	39
Tabla Nº 3.4 Resultado del Ensayo de Capacidad de Absorción.	39
Tabla Nº 3.5 Resultado del Ensayo de Contenido de Humedad.	41
Tabla Nº 3.6 Resultado del Ensayo de Contenido de Humedad.	41
Tabla Nº 3.7 Resultado del Ensayo de Peso unitario Suelto y Compactada.....	43
Tabla Nº 3.8 Resultado del Ensayo de Peso unitario Suelto y Compactada.	44
Tabla Nº 3.9 Resultado del Ensayo de Granulometría.	46
Tabla Nº 3.10 Resultado del Ensayo de Granulometría.	48
Tabla Nº 4.1 Resistencia a la compresión Promedio.....	59
Tabla Nº 4.2 Asentamientos Recomendados para varios Tipos de Construcción.....	60
Tabla Nº 4.3 Requerimiento Aproximado de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamientos y tamaños máximos de agregados	61
Tabla Nº 4.4 Contenido de agua de la mezcla.	62
Tabla Nº 4.5 Contenido de aire atrapado.	63
Tabla Nº 4.6 Relación Agua – Cemento y resistencia a la Compresión del concreto....	64
Tabla Nº 4.7 Volumen de agregado Grueso por Unidad de Volumen de concreto.....	66
Tabla Nº 4.8 Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco.....	68
Tabla Nº 4.9 Cantidades Totales para 5 Cilindros.....	77
Tabla Nº 5.1 Cantidad de material para mezclas definitivas.....	81
Tabla Nº 5.2 Resultado de contenido de humedad para las mezclas definitivas.....	82
Tabla Nº 6.1 Resultado del Ensayo de compresión a los 7 días.....	87
Tabla Nº.6.2 Resultado del Ensayo de compresión a los 14 días.....	88
Tabla Nº 6.3 Resultado del Ensayo de compresión a los 21 días.....	89
Tabla Nº 6.4 Resultado del Ensayo de compresión a los 28 días.....	90
Tabla Nº 6.5 Resumen de Ensayo de compresión.....	91
Tabla Nº 6.6. Resultados del Ensayos a Compresión a los 28 días para determinar el módulo estático de elasticidad.....	100
Tabla Nº 6.7. Resultados de Esfuerzo vs Deformación a los 28 días.....	101
Tabla Nº 6.8. Resultados de Esfuerzo vs Deformación a los 28 días.....	102
Tabla Nº 6.9 Promedio del ensayo a compresión para determinar el módulo estático de elasticidad del concreto.....	103



LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº 2.1	Esquema para Medir el Asentamiento en el Cono de Abrams.....	23
FIGURA Nº 2.2	Cilindros de concreto sometidos a compresión.....	28
FIGURA Nº 2.3	Probetas de concreto para el ensayo a compresión.....	28
FIGURA Nº 2.4	Modulo de elasticidad del Concreto.....	29
FIGURA Nº 3.1	Visita a la Cantera Arunta.....	32
FIGURA Nº 3.2	Materiales empleados en la investigación.....	33
FIGURA Nº 3.3	Cemento Yura.....	34
FIGURA Nº 3.4	Cantera Arunta.....	36
FIGURA Nº 4.1	Medición de Asentamiento.....	77
FIGURA Nº 4.2	Cilindro concreto fresco.....	78
FIGURA Nº 5.1	Moldes cilindro para probetas de concreto.	80
FIGURA Nº 5.2	Curva Tiempo vs resistencia de concreto.....	83
FIGURA Nº 5.3	Almacenamiento de probetas en el pozo de humedad.....	84
FIGURA Nº 6.1	Curva de Resistencia vs Tiempo.....	91
FIGURA Nº 6.2	Curva de Resistencia % vs Tiempo.....	92
FIGURA Nº 6.3	Porcentaje de resistencia a distintas edades.	92
FIGURA Nº 6.4	Compresómetro ideal para Determinación del Módulo Estático de Elasticidad	94
FIGURA Nº 6.5	Modulo Tangente y secante del concreto.....	98
FIGURA Nº 6.6	Método de la secante para el cálculo del módulo de Elasticidad del Concreto.....	99
FIGURA Nº 6.7	Curva de Esfuerzo vs Deformación Longitudinal.	104



RESUMEN

El trabajo de investigación trata sobre la determinación del **MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'_c=280$ kg/cm²**, elaborado con materiales provenientes de la Cantera Arunta”, que es una de las fuentes de abastecimiento que posee directamente del distrito Gregorio Albarracín LANCHIPA EN LA PROVINCIA DE TACNA.

Experimentalmente se determinaron todas las propiedades físicas de cada uno de los agregados y con los resultados obtenidos se calcularon las dosificaciones iniciales de mezcla de prueba para las resistencias establecidas de 280 kg/cm² utilizando los métodos del A.C.I.

DESCRIPTORES: MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO – TACNA
DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACÍN LAMCHIPA / ENSAYOS DE AGREGADOS /
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO / PROPIEDADES MECANICAS DEL
CONCRETO / RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN”.



SUMARY

This research deals with the determination of STATIC MODULUS OF ELASTICITY OF CONCRETE BASED ON ITS COMPRESSION STRENGTH, realized with materials from the “CANTERA ARUNTA” which is a supplying source that has directly District Gregorio Albarracín Lanchipa in the province of Tacna.

Experimentally determined all the physical properties of each one of the aggregates and with the results, the initial dosages of mixture test to the established resistance of 280 kg/cm² were calculated using the A.C.I.

“DESCRIPTORS: STATIC MODULUS OF ELASTICITY OF CONCRETE / CANTERA ARUNTA– TACNA / ADDED TESTING / PHISICAL PROPERTIES OF CONCRETE / MACHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE / COMPRESSIONSTRENGTH”



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES.

1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL CONCRETO.

La historia del concreto constituye un capítulo fundamental de la historia de la construcción. Cuando el hombre optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitieran unir dichos mampuestos para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal, pero se deterioraban rápidamente ante las inclemencias atmosféricas. Se idearon diversas soluciones, mezclando agua con rocas y minerales triturados, para conseguir pastas que no se degradasen fácilmente.

“El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero que consistía en una mezcla de arena con materia cementosa, para unir bloques de piedra y levantar sus prodigiosas construcciones. Parte de una de las pirámides de Gizeh (2.600 A.C.) fue levantada con concreto y en el mural de Tebas (1.950 A.C.) se conservan escenas de hombres fabricando concreto y aplicándolo en una obra.”

“Tras la caída del Imperio romano, el concreto fue poco utilizado, posiblemente debido a la falta de medios técnicos y humanos, la mala calidad de la cocción de la cal, y la carencia o lejanía de tobas volcánicas; no se encuentran muestras de su uso en grandes obras hasta el siglo XIII, en que se vuelve a utilizar en los cimientos de la Catedral de Salisbury, o en la célebre Torre de Londres, en Inglaterra. Durante el renacimiento su empleo fue escaso y muy poco significativo.”

“En algunas ciudades y grandes estructuras, construidas por Mayas y Aztecas en México o las de Machu Pichu en Perú, se utilizaron materiales cementantes.”

“Los grandes progresos en el estudio científico del comportamiento del concreto armado y los avances tecnológicos, posibilitaron la construcción de rascacielos más altos, puentes de mayor luz, amplias cubiertas e inmensas presas. Su empleo será insustituible en edificios públicos que deban albergar multitudes: estadios, teatros, cines, etc. Muchas naciones y ciudades competirán por erigir la edificación de mayor dimensión, o más bella, como símbolo de su progreso que, normalmente, estará construida en concreto armado.”

1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Para resaltar la importancia que tiene este tema, cabe indicar, que una de las propiedades mecánicas más importantes del Concreto es su Módulo Estático de Elasticidad o medida de rigidez; es decir, una medida de resistencia que el material presenta ante las deformaciones elásticas, ya que este valor interviene de forma directa en los principales cálculos para el dimensionamiento en el diseño de estructuras de concreto armado. La obtención de este valor está en función de varios factores como son: resistencia a la compresión a los 28 días, origen de los agregados (propiedades físicas y mecánicas) y por procedimientos establecidos por la Norma Técnica Peruana de la Construcción.

El propósito de esta investigación es el de estudiar y obtener de forma experimental el Módulo Estático de Elasticidad del Concreto, con la finalidad de que este valor sea confiable y para el dimensionamiento de estructuras de Concreto armado, cuando se utiliza materiales provenientes de la Cantera Arunta ubicada en el distrito de Gregorio Albarracín - Tacna.

Nuestro medio se caracteriza por tener una amplia diversidad de materiales con propiedades mecánicas diferentes, razón por la cual, aplicar las mismas consideraciones a todos los materiales, sin tomar en cuenta el lugar de origen, no es adecuado, pues las características son diferentes y el Módulo de Elasticidad de cada Concreto producido con estos distintos materiales, variará de manera considerable.

El presente tema es sumamente importante, ya que nos permite determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la Cantera Arunta, y establecer si los agregados son aptos para la elaboración de un Concreto de buena calidad, puesto que los resultados obtenidos con estos agregados, influyen directa y proporcionalmente en la resistencia a la compresión del Concreto, y a su vez, en valor del Módulo Estático de Elasticidad del Concreto.

La importancia de conocer el Módulo Estático de Elasticidad del Concreto, radica en que permite determinar la idoneidad de los materiales con los cuáles fue fabricado (agregados y cemento) y la calidad de los diseños de las edificaciones construidas con concreto, lo que permitirá brindar mayor seguridad y ahorro a cada proyecto de ingeniería civil.

1.3 ESTADO ACTUAL DEL TEMA PROPUESTO RELACIONANDO CON LAS INVESTIGACIONES EN NUESTRO PAÍS.

En la actualidad la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, ha desarrollado en su laboratorio de Ensayo de Materiales y Modelos varias investigaciones acerca de los agregados provenientes de las diversas zonas de Tacna, con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales, principalmente de las canteras que producen grandes volúmenes de material con los que se fabrica concreto, para posteriormente determinar su Módulo de Estático de Elasticidad, llegando a comprobar que cada valor es diferente, y que depende del lugar de extracción de los agregados.

Las investigaciones realizadas en el país, están basadas de acuerdo a los reglamentados establecidos por las normas del American Concrete Institute (A.C.I.).

“valor de módulo estático de elasticidad (E_c) del concreto el cual considera para un concreto de masa normal : $E_c = 15000 * \sqrt{f_c}$ (kg/cm²).

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1 Objetivos General.

- ✓ Determinar el módulo estático de elasticidad del concreto en base a su resistencia a la compresión $f'_c=280\text{kg/cm}^2$, realizado con agregados de la cantera Arunta-Tacna.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar un diseño de mezcla según la norma A.C.I. realizado con agregados de la cantera Arunta- Tacna
- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Arunta.
- ✓ Determinar el módulo estático de elasticidad del concreto en base a su resistencia a la compresión $f'_c=280\text{kg/cm}^2$.



CAPÍTULO II

CAPITULO II

2. EL CONCRETO.

2.1. DEFINICIÓN.

El concreto endurecido es un material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante denominado pasta, dentro del que se encuentra embebidas partículas de un medio denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Se le considera la fase continua del concreto, ya que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto.

El agregado es la fase discontinua del concreto, dado que sus diversas partículas no están unidas o en contacto unas con otras, sino se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida. Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas, para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente de endurecimiento y resistencia.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

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

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Entre los factores que hacen del concreto un material de construcción universal, tenemos:

- ✓ La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquiera forma, mientras aún tiene una consistencia plástica.
- ✓ Su elevada resistencia a la compresión, lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- ✓ Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene sus desventajas:

- ✓ Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- ✓ El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por el completo (como los tirantes) o en parte de secciones transversales como vigas u otros elementos sometidos a flexión. Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a la tracción. La combinación resultante de ambos materiales se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes.

2.3. IMPORTANCIA DEL CONCRETO.

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso. Sin embargo, si bien su calidad final depende en forma muy importante tanto de un profundo conocimiento del material como de la calidad profesional del ingeniero. Del concreto en general es desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales.

Las posibilidades de empleo del concreto en la construcción son cada día mayores, pudiendo en la actualidad ser utilizados para una amplia variedad de propósitos. La única limitación a sus múltiples aplicaciones puede ser el desconocimiento por parte del ingeniero de todos los aspectos ya indicados; así como de la importancia relativa de los mismos de acuerdo al uso que se pretenda dar al material.

2.4. COMPOSICION DEL CONCRETO.

El concreto endurecido se compone de:

- Pasta
- Agregado

La Pasta

Elementos fundamentales:

Aquella parte del concreto endurecido conocida como la pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

- a. El gel, nombre en el que se le denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento.
- b. Los poros incluidos en ella.
- c. El cemento hidratado, si lo hay.
- d. Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

Las Funciones de la Pasta.

La pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto:

- a. Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- b. Separar las partículas del agregado.
- c. Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- d. Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta a un no ha endurecido.

Propiedades de la Pasta.

Las propiedades de la pasta dependen de:

- a. Las propiedades físicas y químicas del cemento.
- b. Las proporciones relativas del cemento y agua en la mezcla.
- c. El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre éste y el agua.

Influencia de la Pasta en el Concreto:

- a. El comportamiento del concreto como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y las propiedades finales de las mismas; sin desconocer el papel de agregado en las características finales del concreto.
- b. Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relaciona agua-cemento y del grado de hidratación del cemento; siendo mejores las propiedades de concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua-cementos de una mezcla trabajando y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

2.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO.

2.5.1 PROPIEDADES GENERALES:

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 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.

- ✓ La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado, a la cantidad y distribución del acero de refuerzo de elementos embebidos, y procedimientos empleados para compactar el concreto.
- ✓ Sin embargo para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla, granulometría, relación de los agregados finos y gruesos y proporción del agregado en la mezcla, con la cantidad de agua y aire; así como el uso de aditivos.
- ✓ Algunas de las consideraciones sobre la trabajabilidad que deben ser tenidas en cuenta al diseñar la mezcla de concreto, son las siguientes:
 - * La fineza del cemento, determinada por la superficie específica debe ser de orden de $300\text{cm}^2/\text{gr}$.
 - * Tanto el contenido de cemento cuanto el volumen y granulometría de los agregados, así como las características físicas de estos, son factores que regulan la cantidad de agua requerida para producir un concreto trabajable.
 - * La presencia de porcentajes adecuados, de las partículas más finas del agregado tiende a mejorar la trabajabilidad del concreto. Se recomienda para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 50 del 10 al 30% y para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 100 del 2% al 10%.
 - * La ausencia de las partículas finas en el agregado puede ser compensada por el empleo de cemento Tipo I o IP o por la adición de arenas finas, cenizas volcánicas, puzolana o escorias de altos hornos finamente molidas; siempre que tenga en consideración la posible influencia estas adiciones sobre la demanda de agua y las propiedades del concreto.
 - * La piedra partida, cuando se le compara con el agregado redondeado, requiere más agregado fino, para compensar por el

perfil angular de las partículas, en orden a obtener una mezcla comparable en trabajabilidad a aquellas en las que no se emplea agregado angular.

- * Las partículas de agregados alargados y chatas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores de cemento de agua.
 - * La presencia de altos porcentajes de agregado de 3/16" a 3/8" en el agregado grueso, trae como consecuencia un incremento en los vacíos entre las partículas de agregado. Este debe ser corregido, por ocasionar disminución en su trabajabilidad.
 - * La tendencia a la segregación y al afloramiento de la lechada disminuye la trabajabilidad. Dicha tendencia puede ser controlada incorporando a la mezcla, ligantes hidráulicos, tales como la puzolana.
- ✓ Debido a la gran cantidad de factores que determinan la trabajabilidad del concreto, algunos de ellos propios de cada estructura. No se ha desarrollado un método adecuado para medirla y la determinación de la misma en cada caso depende principalmente de los conocimientos y experiencia del ingeniero encargado del diseño de la mezcla.

CONSISTENCIA.

- ✓ La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.
- ✓ La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad, así por ejemplo una mezcla muy trabajable para pavimento puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.
- ✓ Las Normas Alemanas clasifican al concreto, de acuerdo a su consistencia, en tres grupos:
 - Concretos consistentes o secos.
 - **Concretos plásticos.**
 - Concretos fluidos.
- ✓ Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es conocido

como método del cono de asentamiento, método del cono de Abrahms o método del Slump y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento medido en pulgadas.

- ✓ En la actualidad se acepta una correlación entre la norma alemana y los criterios norteamericanos, considerando que:
 - A las consistencias secas corresponde asentamientos de 0 a 2" (0 a 50 mm)
 - A las consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3" a 4" (75 mm a 100mm).
 - A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de más 5" (125 mm).
- ✓ En mezclas de concreto adecuadamente proporcionadas, el contenido unitario de agua unitario de agua necesario para obtener un asentamiento determinado, depende de diversos factores. Así para mencionar algunos de ellos se tiene:
 - En los cementos combinados, que se caracterizan por superficies específicas muy altas, puede presentarse un incremento excesivo en el contenido de agua para obtener un asentamiento determinado, con el consiguiente incremento en la relación agua /cemento y disminución de la resistencia.
 - Los requisitos de agua en el concreto se incrementan conforme el perfil del agregado se hace más angular y la textura más rugosa. Esta desventaja puede ser parcialmente compensada por el incremento en la capacidad de adherencia que se produce entre el agregado y la matriz cementante.
 - Los requisitos de agua de la mezcla tienden a disminuir conforme se incrementa el tamaño máximo nominal de un agregado grueso, cuya granulometría esté dentro de las indicadas en la norma ASTM C-33.
 - Los requisitos de agua de la mezcla pueden ser significativamente reducidos por empleo de aditivos, tales como incorporadores de aire, los reductores de agua y los súper plastificantes.

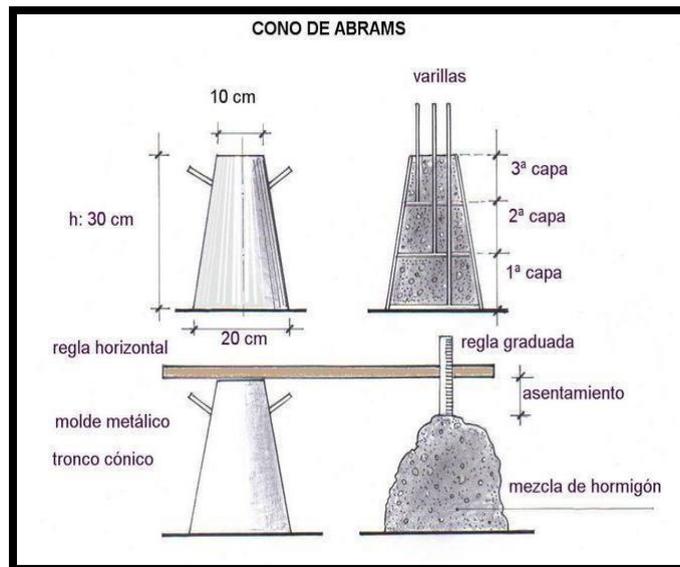


FIGURA Nº 2.1 Esquema para Medir el Asentamiento en el Cono de Abrams.

(Fuente: http://www.construmatica.com/construpedia/images/7/72/Cono_de_Abrams.jpg)

Tabla Nº 2.1 Consistencia / Asentamiento.

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACION
Seca	0" – 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" – 5"	Trabajable	Vibración Ligera chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

(Abanto Castillo F, (2009).

RESISTENCIA

- ✓ La resistencia del concreto está 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.
- ✓ La resistencia es considerada como una de las más importante de las propiedades del concreto endurecido, siendo esta la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. La resistencia al desgaste puede ser tan importante como la resistencia a la compresión. En general prácticamente todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia y, en muchos casos es en función del valor de ella que se le cuantifica o cualifica.

-
- ✓ El norteamericano Gilkey, apoyándose en sus propias observaciones, demostró que la resistencia del concreto, es función de cuatro factores:
 - Relación agua – cemento
 - Relación cemento – agregado
 - Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
 - Tamaño máximo del agregado.

Esta teoría, es la que a la fecha tiene vigencia y que mantiene el concepto de la relación agua – cemento enunciada por Abrams en 1918.

Esta ley de Gilkey, fue perfeccionada por Powers, aplicando el principio de la relación Gel / espacio ocupada por el gel y el de la relación agua cemento. Es decir:

$$S = 2380 x^3, \text{ siendo } x = 0.647 \emptyset / (0.319\emptyset + a/c)$$

S : Resistencia del concreto a los 28 días, expresado en kg/cm²

X : Relación gel / espacio

∅ : Grado de hidratación del cemento

a/c: relación agua - cemento

- ✓ Adicionalmente a los factores indicados, pueden influir sobre la resistencia final del concreto y por lo tanto deben ser tomados en consideración en el diseño en el diseño de las mezclas, los siguientes:
 - Cambio del tipo de marca y tiempo de almacenamiento y materiales cementantes empleados en obra.
 - Características del agua, en aquellos casos que no se emplee agua potable.
 - Presencia de limos, arcillas micas, carbón, humus y otras materias orgánicas en los agregados.
 - Modificaciones en la granulometría del agregado, con el consiguiente incremento en la superficie específica y en la demanda de agua para una consistencia determinada.
 - Presencia de aire en la mezcla, la cual modifica la relación poros – cemento, siendo mayor la resistencia del concreto cuando esta es menor.
-

- La incorporación de aire a las mezclas, en porcentajes adecuados, mejora la durabilidad y trabajabilidad del concreto, pero tiende a disminuir la resistencia en un porcentaje del 5% por cada 1% de aire incorporado.
- El empleo de aditivos que pudiera modificar el proceso de hidratación del cemento y por lo tanto la resistencia del concreto.

Teniendo en consideración tanto su número como su complejidad, es evidente que una determinación segura de la resistencia del concreto, únicamente puede basarse en mezclas de prueba, ya sea en laboratorios o en obra, así como los resultados de experiencias previas con los materiales a ser empleados bajo condiciones similares.

DURABILIDAD

- ✓ El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, aún en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural, Por lo tanto se define como concreto durable a aquel que puede resistir en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.
- ✓ Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto, se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; calentamiento y enfriamiento; la acción de cloruros y sulfatos.
- ✓ La resistencia a los procesos de intemperismo severo, mejora significativamente con la incorporación de aire en el concreto, especialmente a aquellos ambientes menores a 4 °C.
- ✓ El concreto puede deteriorarse por contacto con diferentes agentes químicos activos o pro sustancias que en sí mismas no son nocivas, pero que pueden reaccionar con algunos de los integrantes del concreto. Entre las sustancias peligrosas se encuentran:
 - Los ácidos inorgánicos
 - Las sales inorgánicas
 - Los cloruros
 - Los sulfatos de sodio, magnesio y calcio
 - Las aguas que contienen muy poca o ninguna sal en disolución.
 - Nitrato de amonio
 - Las grasas o aceites animales.

-
- ✓ Los sulfatos reaccionan con la cal hidratada y el hidróxido de calcio presentes en la pasta de cemento, formando sulfato de calcio y sulfo-aluminato de calcio, reacciones que son acompañadas de fuerte expansión y rotura de la pasta.

DENSIDAD

En determinados tipos de obra, la selección de las proporciones en la mezcla de concreto, es efectuada fundamentalmente para obtener altas densidades. En estos casos empleando agregados especiales, se pueden obtener concretos trabajables con pesos unitarios del orden de 5000 kg/m³. Ejemplo de aplicación de tales concretos son los recubrimientos pesados empleados para mantener las tuberías de los oleoductos debajo del agua; las pantallas de protección contra las radiaciones en las centrales nucleares; y determinados elementos empleados para aislamiento de sonido.

ELASTICIDAD

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo - deformación para una carga en constante incremento, adopta generalmente la forma de una curva. A esto se le conoce como módulo de elasticidad, medida desde un punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

- ✓ Para el diseño estructural se supone el módulo de elasticidad constante como una función de la resistencia a la compresión del concreto. En la práctica, el módulo de elasticidad del concreto es una magnitud variable cuyo valor promedio es mayor que aquel obtenido a partir de la fórmula.
- ✓ En el diseño de mezclas debe tenerse presente que el módulo de elasticidad del concreto depende, entre otros, de los siguientes factores:
 - La resistencia a la compresión del concreto.
 - De la naturaleza petrografía de los agregados.
 - De la tensión de trabajo
 - De la forma y tiempo de curado del concreto
 - Del grado de humedad del concreto.

El módulo de elasticidad del concreto aumenta al incrementarse la resistencia a la compresión y, para un mismo concreto, disminuye al aumentar la tensión de trabajo.

2.6. PROPIEDADES MECANICAS.

2.6.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El valor de f_c (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las solicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura. Por ejemplo en el diseño de pavimentos la resistencia a la tracción por flexión es un indicador importante. Otro indicador importante puede ser la durabilidad. Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de f_c

La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas (ASTM) y en ellas se especifica:

- ❖ El proceso de confección de las probetas.
- ❖ El tamaño de las probetas. Normalmente se utilizan probetas cilíndricas 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud.
- ❖ El proceso de curado de las probetas ya sea en el laboratorio o en obra para las probetas denominadas curadas bajo condiciones reales de obra. Estas últimas permiten determinar la efectividad de los procesos de curado utilizados y los plazos de desencofrado y puesta en servicio de la estructura.
- ❖ El proceso de ensayo a compresión de las probetas. El ensayo puede estar controlado por carga o por deformación. Cuando el ensayo es realizado controlando la carga, normalmente la velocidad es tal que se alcanza la falla de la probeta en 2 a 3 minutos, lo cual equivale a un incremento de esfuerzo entre 2.1 y 2.8 kg/cm² por segundo aproximadamente. Cuando el control es por deformación, la velocidad de deformación unitaria es de 0.001 por minuto aproximadamente.

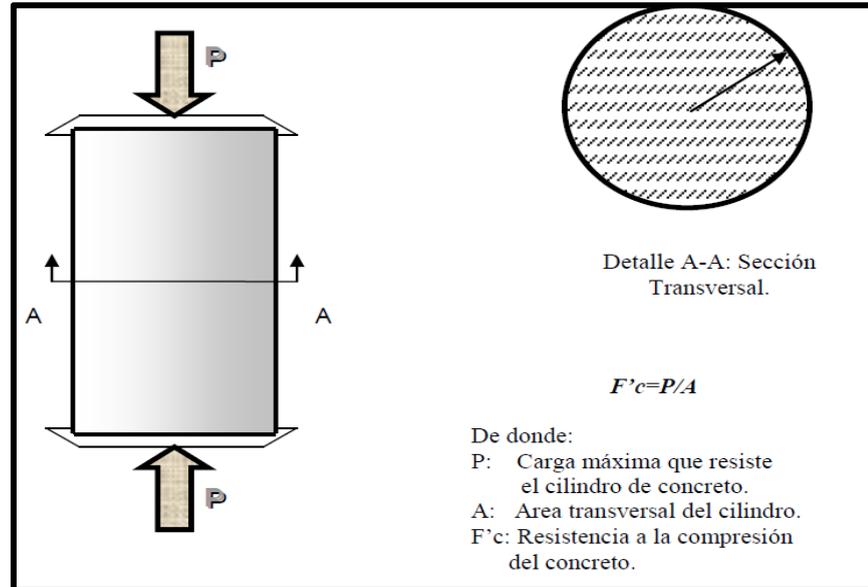


FIGURA Nº 2.2 Probetas de concreto sometidos a compresión.

(Fuente: Fabricación del concreto. (Ingenieros Civiles Asociados))



FIGURA Nº 2.3 Probetas de concreto para el ensayo a compresión.

(Fuente: imagen propia)

2.6.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

Para estimar las deformaciones en elementos o estructuras de concreto armado, debidas a las cargas de corta duración, donde es posible asumir para el concreto una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. Las curvas esfuerzo - deformación del concreto no son lineales por lo tanto el concepto convencional de módulo de elasticidad, como el que

empleamos para el acero, no es correcto. Sin embargo para esfuerzos bajos de hasta 0.4 a $0.5 f'_c$ el suponer un comportamiento lineal no conlleva a errores importantes.

Las distintas definiciones que puede adoptar el módulo de elasticidad del concreto: el módulo tangente inicial, el módulo tangente en un punto determinado de la curva y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Esta última definición es la más utilizada para cargas de corta duración y se suele calcular para un esfuerzo cercano a $0.5 f'_c$. El módulo de elasticidad tangente inicial, normalmente es un 10% mayor que el secante. Las Normas ASTM (C469-94) especifican la manera de calcular el módulo secante a partir de los ensayos de compresión en probetas estándar de concreto.

Para tomar en cuenta los efectos de las cargas sostenidas (cargas de larga duración) es necesario corregir el módulo de elasticidad ya que el flujo plástico del concreto modifica las deformaciones internas.

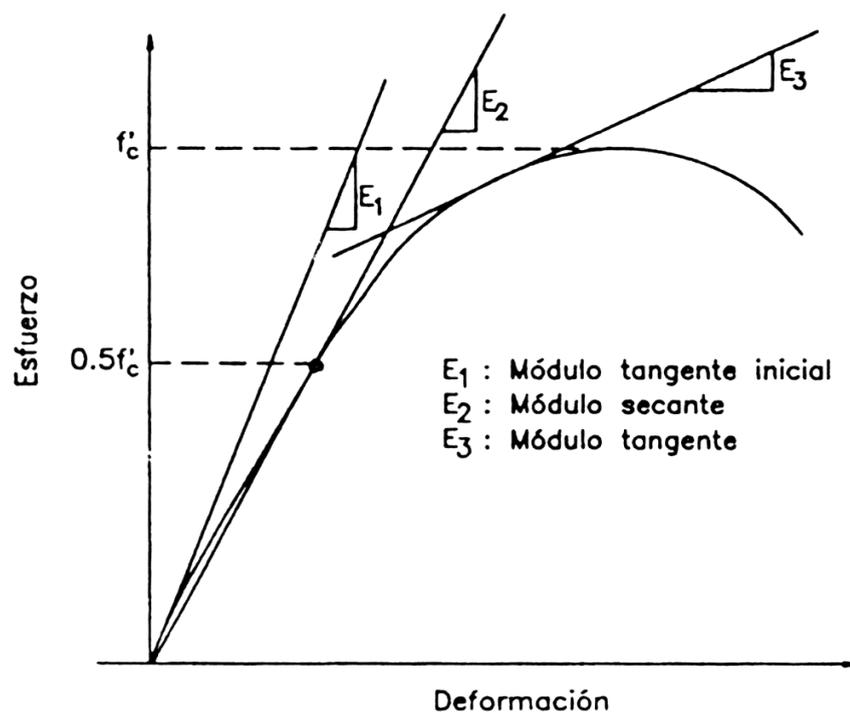


FIGURA N° 2.4 Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad del concreto depende de muchas variables, entre las principales están:

- a) El módulo de elasticidad de la pasta de cemento (matriz). Un incremento en la relación w/c aumenta la porosidad de la pasta reduciendo el módulo de elasticidad (E_c) en consecuencia hay dependencia entre E_c y f_c .
- b) El módulo de elasticidad de los agregados. Los agregados de peso normal tienen un módulo que varía entre 1.5 a 5 veces el módulo de elasticidad de la pasta. Por lo tanto el tipo de agregado y la cantidad presente en la mezcla influyen fuertemente en el valor de E_c .

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2300 a 2400 kg/m^3) el ACI y la Norma Peruana permiten estimar E_c mediante:

$$E_c = 15,000 \sqrt{f_c} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \text{E-060 9.4.2}$$

Ya que esta ecuación ignora el tipo de agregado utilizado, su dispersión es amplia, los valores medidos en ensayos varían entre 0.8 y 1.2 del predicho por las ecuaciones. Cuando sea necesaria una mejor estimación del módulo de elasticidad para cargas de corta duración, por ejemplo para el caso en que las deflexiones o vibraciones sean determinantes en el diseño, se recomienda obtener mediante ensayos el módulo de elasticidad del concreto a utilizarse.



CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:
- 3.1 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CIUDAD DE TACNA, CANTERA “ARUNTA” EN EL DISTRITO DE GREGORIO ALBARRACIN.

AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA.

Introducción.

Para la determinación del Módulo Elástico de Elasticidad del concreto, en esta investigación se utilizaron los agregados procedentes de la cantera “Arunta”- Ciudad de Tacna, Distrito de Gregorio Albarracín; Y se determinaron sus características físicas y mecánicas, mediante ensayos normalizados que cumplan con los requisitos mínimos establecidos por el American Concrete Institute (A.C.I.) y por la Norma Técnica Peruana (NTP), los mismos que fueron realizados en el laboratorio de Ensayo de la Universidad Privada de Tacna.



Figura. Nº 3.1 Visita a la Cantera Arunta.

(Fuente: Imagen Propia)

Origen de los Agregados.

Para los propósitos de esta investigación, se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, provenientes de la Cantera “Arunta”, ubicada en el Distrito de Gregorio Albarracín- Departamento de Tacna, producto de la explotación a cielo abierto y de la trituración del material de la cantera en mención.

Es muy importante realizar el análisis de los agregados, ya que gracias a estas propiedades se pudo formar un concreto de buenas características, si el análisis de los materiales es fallido, el concreto que formaremos no tendrá los requerimientos para el cual fue fabricado.

De esta manera para la realización de los ensayos en los agregados, tomamos muestras de arena y piedra chancada, obtenidos de forma natural de la cantera Arunta del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa - Departamento de Tacna, para ser transportados desde la cantera hasta el Laboratorio de Ensayo de la Universidad Privada de Tacna.



Figura. Nº 3.2 Materiales Empleados en la Investigación.

(Fuente: Imagen Propia)

Descripción de la cantera Arunta – Ciudad de Tacna”.

Tipo de material que se extrae:

El agregado de la cantera Arunta es la fuente de (grava y arena). Este banco de agregados es el que abastece a las diferentes obras que ejecutan en nuestra ciudad.

En el mismo banco se clasifica en concreto, grava y arena utilizando zarandas para ello. Una vez clasificados en concreto, grava y arena, son comercializadas para ser utilizados en obras, como edificaciones, pavimento, etc.

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO 1P “YURA”

El cemento Pórtland 1P puede ser empleado en construcciones en general y el tipo P se utiliza en construcciones donde no sean necesarias resistencias altas a edades tempranas. El tipo P se utiliza normalmente en estructuras masivas, como estribos, presas y pilas de cimentación.

El contenido de puzolana de estos cementos se sitúa entre el 15 y el 45 % en peso. NORMA ITINTEC 334.044.

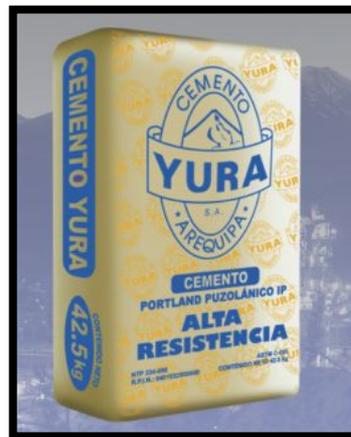


Figura. Nº 3.3 Cemento Yura.

(Fuente: <http://www.marvisac.com/supervisionyura.htm>)

3.2 UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA Y EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA ARUNTA.

Ubicación.

El área objeto de estudio se encuentra ubicada en la región de Tacna, departamento Tacna, provincia de Tacna, distrito Gregorio Albarracín.



El área de estudio tiene los siguientes accesos:

- ✓ Por la asociación de Vivienda Vista Alegre.
- ✓ Por el Conjunto Habitacional Alfonso Ugarte (Etapa III).

CARACTERÍSTICAS:

N°01: "CANTERA ARUNTA"		
UBICACIÓN	Km.2.500 del intercambio vial.	
ACCESO	En dirección a la ciudad en las coordenadas wgs84 (368763 E, 8004145 N).	
DESCRIPCIÓN	La cantera tiene suficiente material para cubrir las necesidades proyecto.	
PERIODO DE EXPLOTACIÓN	Por ser una cantera comercial se empleara camiones y volquetes.	
PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN	8.00 mts.	
MATERIAL	Material gravoso de cono de eyección de origen aluvial.	
ORIGEN	Aluvial	
USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
MACS,MC, EMP, DR, GV,	80%	Z, M
BG, SBG, MSR	80 %	Z, M
TEMPERTURA	Promedio anual	18.4 ° C



Figura Nº 3.4 Cantera Arunta.

(Fuente: Google Earth)

3.3 ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.

3.3.1. Peso específico.

La Densidad Real o peso específico (Densidad S.S.S) de los agregados es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, (después de la inmersión en agua durante aproximadamente 24 horas), pero sin incluir los vacíos entre las partículas, comparado con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

La determinación de esta densidad está basada principalmente en la determinación del volumen del agregado, para lo cual se aplica el principio físico de Arquímedes (287-212 A.C.) que afirma que:

“Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja”.

Si bien es cierto la densidad en estado S.S.S de los agregados solo se la puede conseguir en el laboratorio, el método de ensayo para su determinación está establecido de acuerdo a los procedimientos descritos en las NTP 400.021 y 400.022 ó ASTM C-127 y C-128 (para agregados finos y gruesos respectivamente).



ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS
NORMA: ASTM C- 127 Y C-128

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

Tabla N° 3.1 Resultado del Ensayo de Peso Específico.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA).

Muestra	UND.	N° 1	N° 2	N° 3
Peso de la muestra	gr	506.3	506.9	364.5
volumen del agua	cm3	700	700	500
Volumen del agua + muestra	cm3	890	890.4	638
volumen de la muestra	cm3	190	190.4	138
Peso Específico	gr/cm3	2.665	2.662	2.64
Promedio	gr/cm3		2.66	

Tabla N° 3.2 Resultado del Ensayo de Peso Específico.

AGREGADO FINO (ARENA).

Muestra	UND.	N° 1	N° 2	N° 3
Peso de la fióla	gr	157.1	162.9	164.6
Peso de la fióla + muestra seca	gr	589.1	590.9	450
Peso de la fióla + muestra + agua	gr	923.1	925	745
Peso de la fióla + agua	gr	655.1	660.4	568.1
Peso de la muestra seca	cm3	432	428	285.4
Volumen desplazado	cm3	164	163.4	108.5
Peso Específico	gr/cm3	2.634	2.619	2.63
Promedio	gr/cm3		2.63	

3.3.2. Capacidad de Absorción.

La absorción en los agregados, es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.

La capacidad de absorción se determina por medio de los procedimientos descritos en la NTP 400.021 y 400.022 (ASTM C – 127 y 128) (para agregados finos y gruesos respectivamente). Básicamente consiste en sumergir la muestra durante 24 horas luego de lo cual se saca y se lleva a la condición de densidad aparente (SSS); obtenida esta condición, se pesa e inmediatamente se seca en un horno y la diferencia de pesos, expresado como un porcentaje de peso de la muestra seca, es la capacidad de absorción.

La absorción de los agregados es muy importante ya que en el momento del fraguado del concreto, los agregados se encuentran saturados y superficialmente secos. Si la dosificación del agregado se ha hecho cuando éste se encuentra seco, se supone que absorberá de la mezcla el agua suficiente para que el agregado se sature, y esta agua absorbida no está incluida en el agua neta o efectiva de mezclado. Sin embargo, es posible que cuando se utilice agregado seco las partículas se recubran rápidamente con pasta de cemento, lo que impide el paso del agua necesaria para lograr la saturación.



ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

NORMA: ASTM C- 127 Y C-128

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

Tabla N° 3.3 Resultado del Ensayo de Capacidad de Absorción.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA).

Muestra	UND.	N° 1	N° 2	N° 3
RECIPIENTE	gr	87.2	87.2	87.2
MUESTRA SECA	gr	446.5	448.3	447
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr	538.6	540.4	539.1
MUESTRA HUMEDA	gr	451.4	453.2	451.9
PESO DEL AGUA	gr	4.9	4.9	4.9
PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.097	1.093	1.096
PROMEDIO	%		1.10	

Tabla N° 3.4 Resultado del Ensayo de Capacidad de Absorción

AGREGADO FINO (ARENA).

Muestra	UND.	N° 1	N° 2	N° 3
RECIPIENTE	gr	81.8	81.8	81.8
MUESTRA SECA	gr	315.8	313.9	312.1
RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA	gr	400	398.1	396.2
MUESTRA HUMEDA	gr	318.2	316.3	314.5
PESO DEL AGUA	gr	2.4	2.4	2.4
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.76	0.765	0.769
PROMEDIO	%		0.76	

3.3.3. Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- ✓ **Totalmente seco.** Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- ✓ **Parcialmente seco.** Se logra mediante exposición al aire libre.
- ✓ **Saturado y Superficialmente seco.** (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- ✓ **Totalmente Húmedo.** Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad de una muestra, estará condicionada por el estado en el que se encuentre dicho material, es decir que el contenido de humedad variará teniendo en cuenta la variabilidad climatológica.

Este ensayo se realiza de acuerdo a la N.T.P. 339.185 (ASTM C-566)



ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS
NORMA: NTP ASTM C-566.

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03.

Tabla N° 3.5 Resultado del Ensayo de Contenido de Humedad.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA).

Muestra	UND	N°1	N°2	N°3
Peso del recipiente	gr.	177.9	177.9	177.9
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	637.6	638.5	640.4
Peso de la muestra húmeda	gr.	459.7	460.6	462.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	636.4	637.4	639.1
Peso del Agua	gr.	1.2	1.1	1.3
Peso de la muestra seca neta	gr.	458.5	459.5	461.2
Porcentaje de humedad	%	0.26	0.24	0.28
Promedio	%		0.26	

Tabla N° 3.6 Resultado del Ensayo de Contenido de Humedad.

AGREGADO FINO (ARENA).

Muestra	UND	N°1	N°2	N°3
Peso del recipiente	gr.	68.5	68.5	68.5
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	338.6	337.5	339.1
Peso de la muestra húmeda	gr.	270.1	269.0	270.6
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	337.4	336.2	338
Peso del Agua	gr.	1.2	1.3	1.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	268.9	267.8	269.5
Porcentaje de humedad	%	0.45	0.49	0.41
Promedio	%		0.45	



3.3.4. Peso unitario Suelto y Compactada.

Es el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

Se denomina densidad del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en gramos por centímetro cúbico. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando el agregado se maneja en volumen.

Se denomina PUSS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una varilla.

El concepto PUSS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que se hacen en estado suelto. Se usara invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cubico de concreto.

Se denomina PUSC cuando los gramos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria.

Este valor se usara para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujeto a acomodamiento o asentamientos provocados por el transito sobre ellos o por la acción del tiempo. También es de una utilidad extraordinaria para el cálculo de por ciento de vacíos de los materiales.

La realización de este ensayo se la hace de acuerdo a la NTP 400.017 (ASTM C – 29).



**ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS
AGREGADOS
NORMA: ASTM C- 29**

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

Tabla N° 3.7 Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto y compactado.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA)

FRACCIÓN GRUESA	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
peso del molde (kg)	4.359	4.359	4.359	4.359	4.359	4.359
volumen del molde (m3)	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556
peso de la muestra + molde (kg)	19.412	19.407	19.416	20.064	20.085	20.102
peso de la muestra (kg)	15.053	15.048	15.057	15.705	15.726	15.743
peso unitario suelto (kg/m3)	1575.241	1574.717	1575.659	1643.470	1645.668	1647.447
Promedio		1575.206	kg/m3		1645.528	kg/m3



ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS
NORMA: ASTM C- 29

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

Tabla N° 3.8 Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto y compactado.

AGREGADO FINO (ARENA).

FRACCIÓN FINA	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
peso del molde (kg)	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368	4.368
volumen del molde (m3)	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556	0.009556
peso de la muestra + molde (kg)	19.982	19.991	19.902	21.424	21.472	21.456
peso de la muestra (kg)	15.614	15.623	15.534	17.056	17.104	17.088
peso unitario suelto (kg/m3)	1633.947	1634.889	1625.576	1784.847	1789.870	1788.196
Promedio		1631.471	kg/m3		1787.638	kg/m3



3.3.5. Granulometría.

La granulometría, es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de los tamices NTP 400.012 (A.S.T.M. C 136). El tamaño de las partículas del agregado, se determina por medio de tamices de malla de alambre de aberturas cuadradas. Los números de tamaño, para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua-cemento, la trabajabilidad, etc.

La granulometría es un procedimiento muy importante porque nos da a conocer cuál es la verdadera estructura del agregado con el cual se estará trabajando para el diseño de mezclas.

MODULO DE FINURA (MF): Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100) sobre 100. Este valor del (MF) se obtiene conforme a la norma ASTM C 125; tanto para el agregado grueso como para el agregado fino.



ENSAYO DE CONTENIDO DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

NORMA: ASTM C- 136

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín FECHA: Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

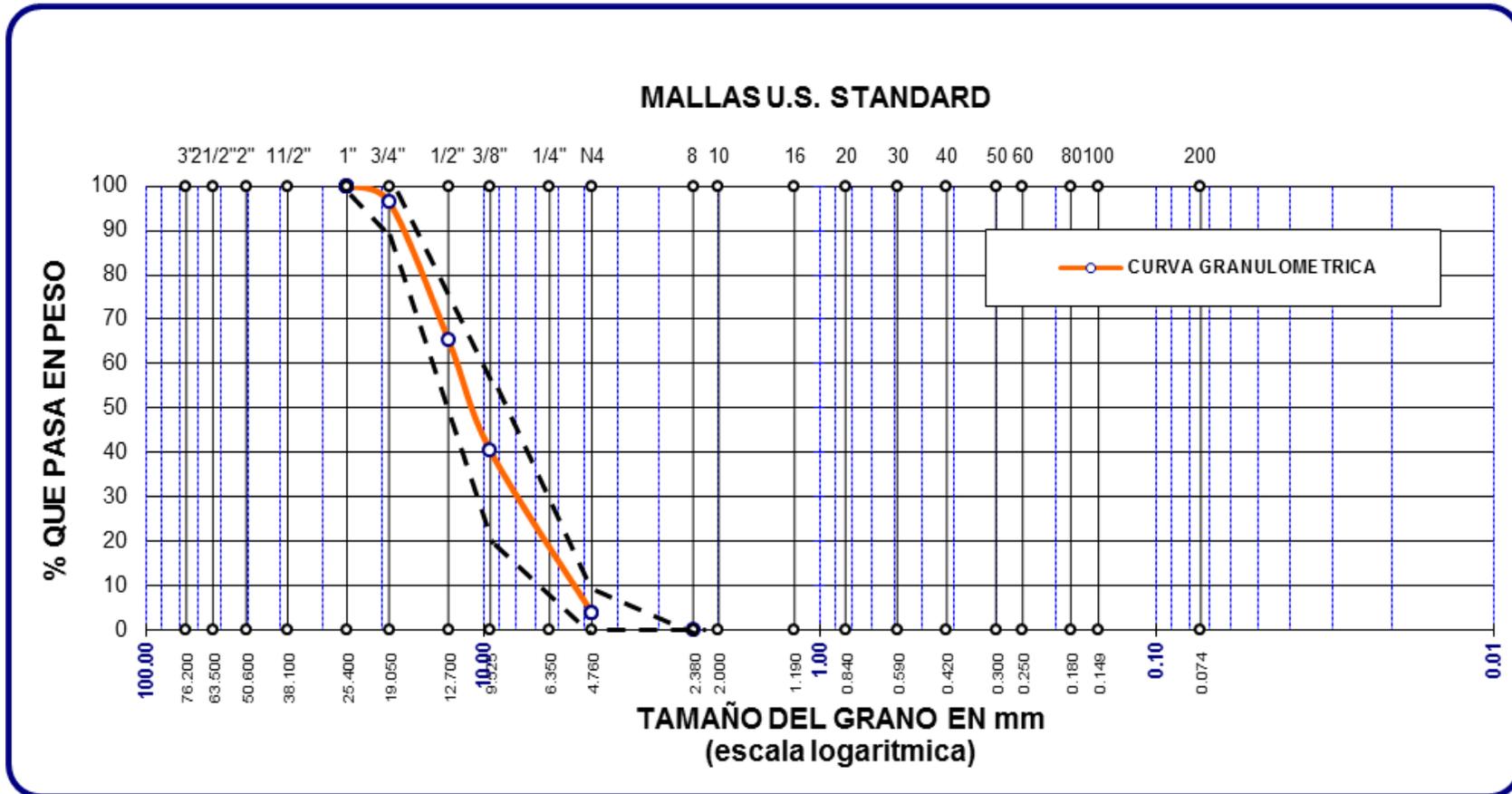
Tabla N° 3.9 Resultado del Ensayo de Granulometría.

AGREGADO GRUESO (PIEDRA).

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						67		
3"	76.200							<p>Muestra : Agregado Grueso</p> <p>Cantera: Arunta - MPT</p> <p>Peso de la Muestra: 5020.00 gr. Tamaño Máximo 3/4"</p> <p>La muestra consiste de Partículas sub angulares. Y sub redondeadas proporcionadas por el peticionario</p>
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	176.00	3.51	3.51	96.49	90	100	
1/2"	12.700	1560.00	31.08	34.58	65.42			
3/8"	9.525	1260.00	25.10	59.68	40.32	20	55	
1/4"	6.350							
No4	4.760	1829.00	36.43	96.12	3.88	0	10	
No8	2.380	195.00	3.88	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							
TOTAL		5020.00						



CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGRGADO GRUESO:





ENSAYO DE CONTENIDO DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS
NORMA: NTP ASTM C- 136

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín FECHA: Tacna, 10/08/2015

ENSAYO N°: 01, 02, 03

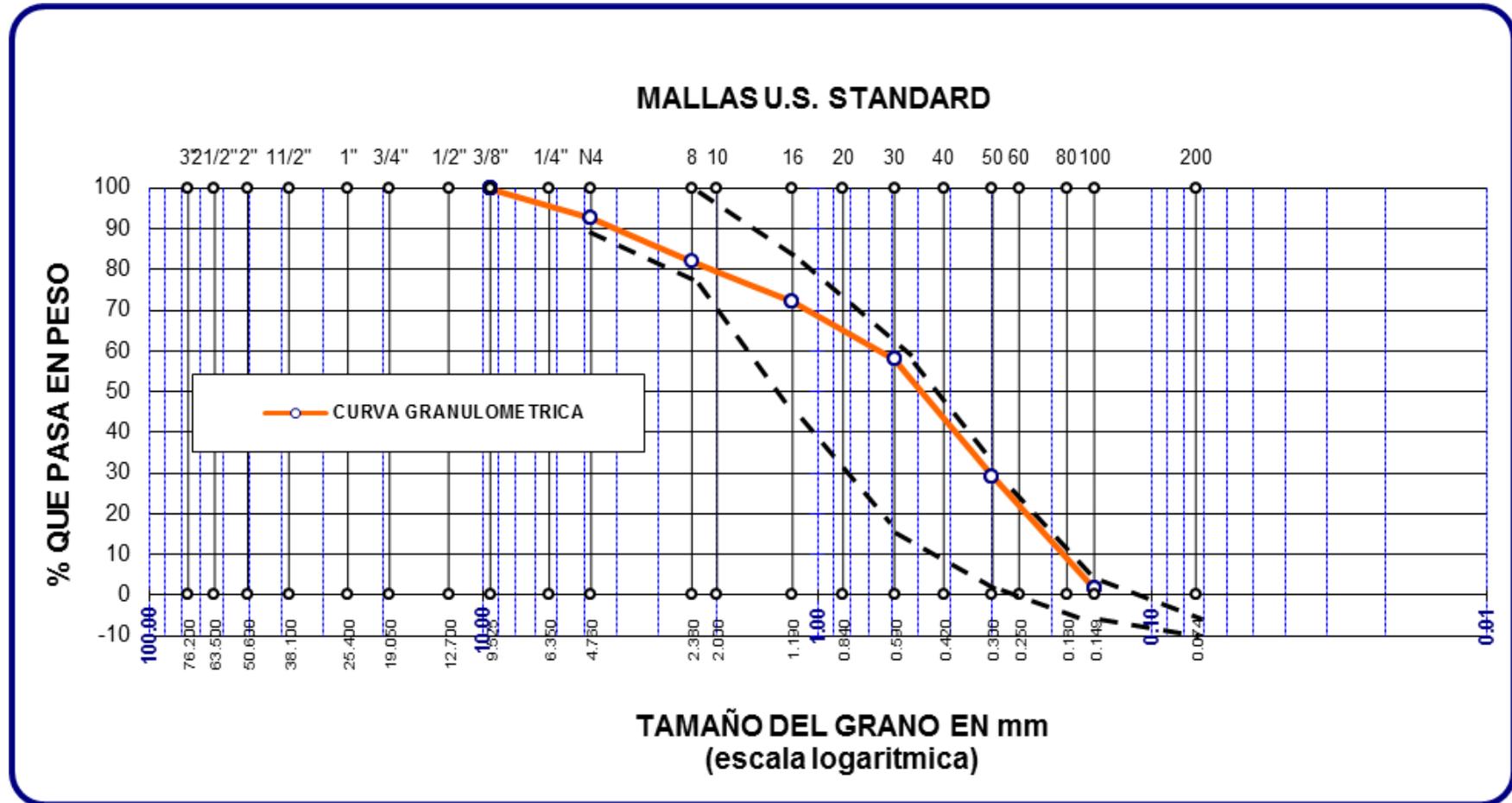
Tabla N° 3.10 Resultado del Ensayo de Granulometría.

AGREGADO FINO (ARENA).

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Muestra : Agregado Fino Cantera: Arunta MPT Humedad Nat. = 0.45 % Peso específico sss. 2.63 gr/cc.5 Peso Unitario Suelto seco 1631.47 Kg/m3. Peso Unitario varillado seco 1787.67 kg/m3 Porcentaje de Absorción 0.76% Peso de la Muestra: 600.00 gr. Módulo de Fineza : 2.65 La muestra consiste de partículas sub angulares y sub redondeadas, proporcionadas por el peticionario
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	1.60	0.27	0.27	99.73	100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	42.90	7.15	7.42	92.58	95 100	
No8	2.380	63.80	10.63	18.05	81.95	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	59.20	9.87	27.92	72.08	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	85.30	14.22	42.13	57.87	25 60	
No40	0.420						
No 50	0.300	171.80	28.63	70.77	29.23	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	165.60	27.60	98.37	1.63	2 10	
No200	0.074					0 5	
TOTAL		9.80 600.00	1.63	100.00	0.00		



CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO.





3.4. RESUMEN DE PROPIEDADES.

- ✓ **Ensayo de Peso Específico:**
 - Agregado grueso (Piedra) 2.66 gr/cm³
 - Agregado fino (Arena) 2.63 gr/cm

- ✓ **Ensayo de Capacidad de Absorción:**
 - Agregado grueso (Piedra) 1.10 %
 - Agregado fino (Arena) 0.76 %

- ✓ **Ensayo de Contenido de Humedad:**
 - Agregado grueso (Piedra) 0.26 %
 - Agregado fino (Arena) 0.45 %

- ✓ **Ensayo de Peso Unitario Suelta y Compactada:**
 - **Agregado grueso (Piedra)**
 - Peso unitario seca suelta 1575.21 kg/m³
 - Peso Unitario seca compactada 1645.53 kg/m³

 - **Agregado fino (Arena)**
 - Peso unitario seca suelta 1631.47 kg/m³
 - Peso Unitario seca compactada 1787.67 kg/m³

- ✓ **Módulo de finura.** 2.65

- ✓ **T.M.N.** ¾"



CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

4. MEZCLAS DE CONCRETO.

4.1 FIJACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE MEZCLAS PARA RESISTENCIA ESPECIFICADAS DE 280 KG/CM².

El diseño de mezclas es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener la resistencia especificada en el diseño.

El adecuado proporcionamiento de los componentes del concreto dan a este la resistencia, durabilidad, comportamiento, consistencia, trabajabilidad y otras propiedades que se necesitan en determinada construcción y en determinadas condiciones de trabajo y exposición de este, además con el óptimo proporcionamiento se logrará evitar las principales anomalías en el concreto fresco y endurecido como la segregación, exudación, fisuramiento por contracción plástica y secado entre otras.

El concreto realizado deberá cumplir con los siguientes parámetros de diseño:

- ✓ Resistencia especificada de 280 kg/cm².
- ✓ Relación agua / cemento.
- ✓ Granulometría de los agregados.
- ✓ Tamaño Nominal Máximo de los agregados.
- ✓ Tipo de cemento.
- ✓ Asentamiento en el cono de Abrams.
- ✓ Exposición ambiental.

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES.

El método para el diseño de mezclas debe tener en cuenta las características de los materiales componentes del concreto, ya que cada uno de ellos debe cumplir normas y especificaciones para que el concreto fabricado sea de buena calidad, las mismas que deben ser definidas de acuerdo a las características de la obra, considerando los siguientes criterios:

Cemento.

Es el material aglomerante más importante de los empleados en la construcción. Se presenta en estado de polvo, obtenido por cocción a 1550 °C una mezcla de piedra caliza y arcilla, con un porcentaje superior al 22% en contenido de arcilla. Estas piedras, antes de ser trituradas y molidas, se calcinan en hornos especiales, hasta un principio de fusión o vitrificación. La piedra caliza en una proporción del 75% en peso, triturada y desecada, junto a la arcilla en una proporción del 25% se muele y mezcla homogéneamente en molinos giratorios de bolas.

El polvo así obtenido es almacenado en silos a la espera de ser introducidos en un horno cilíndrico con el eje ligeramente inclinado, calentado a 1600° C por ignición de carbón pulverizado, donde la mezcla caliza - arcilla, sufre sucesivamente un proceso de deshidratación, otro de calcinación y por último el de vitrificación. El producto vitrificado es conducido, a la salida del horno a un molino-refrigerador en el que se obtiene un producto sólido y pétreo conocido con el nombre de clinker, que junto a una pequeña proporción o pequeña cantidad de yeso blanco o escayola es reducido a un polvo muy fino, homogéneo y de tacto muy suave, como es el cemento, que es almacenado en silos para su posterior envasado y transporte.

Agregados.

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y agua, formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto.

Por lo anterior es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica.

- ✓ Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 400.037 o de la ASTM C-33, así como las especificaciones del proyecto.
- ✓ Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea, con autorización del proyectista, el



agregado integral denominado concreto, deberá cumplir con el acápite 3.2.12 de la NTP E-060.

- ✓ Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar que:
 - ❖ La pérdida de finos sea mínima.
 - ❖ Se mantendrá la uniformidad del agregado.
 - ❖ No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
 - ❖ No se producirá rotura y segregación importante en ellos.

- ✓ El ensayo de estabilidad del volumen, realizado de acuerdo a la norma ITINTEC 400.037 o ASTM C-88, solo se efectuará en agregados que van a ser empleados en concretos sometidos procesos de congelación y deshielo.

- ✓ Los agregados fino y grueso no deberán contener sales solubles totales en porcentaje mayor a 0.04% si se trata de concreto armado, ni del 0.015% si se trata de concreto presforzado.

- ✓ El contenido de cloruro de calcio presente en el agregado como cloruro soluble en agua, se determinará de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM D-1411.

Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz ITINTEC 9,5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

- ✓ El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias del perfil preferentemente angular, duras compactas y resistentes. El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos pizarras, sales y oras sustancias dañinas.

- ✓ El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma ITINTEC 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- ❖ La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua con valores retenidos en las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50 y N° 100 de la serie de Tyler.
- ❖ El agregado no debe retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- ❖ En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	2 - 10

- ❖ El porcentaje indicado para las mallas N° 50 y 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporados, cuyo contenido de cemento es mayor a 225 kg/m³, o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 300 kg/m³.
- ✓ 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.
- ✓ El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3%
Material fino que pasa la malla N° 200:	
Concreto sujetos a abrasión	3%
Otros concretos	5%
Carbón:	
Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
Otros concretos	1%

Agregado grueso:

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75mm (Nº 4) y cumple los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concreto livianos podrá ser natural o artificial.

- ✓ El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactas, resistente y de textura preferentemente rugosa. Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, sales y otras sustancias dañinas.

- ✓ El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33. Es recomendable tener en consideración lo siguiente:
 - ❖ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
 - ❖ La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
 - ❖ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼".

- ✓ El Tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:
 - ❖ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados en columnas.
 - ❖ Un tercio del peralte de la losa.
 - ❖ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras de refuerzo.

- ✓ Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:
 - ❖ Arcillas 0.25%



❖ Partículas delezables	5.00%
❖ Material más fino que pasa la malla N° 200	1.00%
❖ Carbón y lignito:	

Cuando el acabado superficial del concreto es importante	0.50%
Otros concretos	1.00%

- ✓ El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, o en estructuras sometidas a los procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida del 50% en el ensayo de abrasión, realizado de acuerdo a las normas ITINTEC 400.019, 400.020 o ASTM C-131.

Agua

El agua en el concreto

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

Requisitos que debe cumplir

- ✓ El agua empleada en la preparación y curado del concreto, deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma ITINTEC 334.088 y ser, de preferencia agua potable.
- ✓ Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, aguas con contenidos de sulfatos mayor a 1% , aguas que contengan algas, materia orgánica, humus. Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltas.
- ✓ Podrá utilizarse aguas naturales no potables, previa autorización de la inspección, únicamente si:
 - ❖ Está limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, y otros elementos dañinos para el concreto.
 - ❖ La calidad del agua, determinada mediante análisis de laboratorio, cumple con los valores que a continuación se indican, debiendo ser aprobados por la inspección las excepciones a los mismos.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

- ❖ la selección de las proporciones finales del concreto se basa en resultados de ensayos de resistencias a la compresión, en los que se ha utilizado en la preparación del concreto, agua de la fuente elegida.
- ❖ Los cubos de mortero preparados con agua seleccionada y ensayada, siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C-109 tienen a los 7 y 28 días resistencia a la compresión no menores del 75%., de las muestras similares preparadas con agua potable.
- ✓ La sales u otras materias dañinas que pudieran estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a aquellas que aporta el agua del mezclado, a fin de evaluar el contenido total de sustancias que puedan dañar el concreto, acero de refuerzo y otros elementos embebidos.
- ✓ Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruro indicado anteriormente deberá disminuir a 50 ppm.
- ✓ El contenido de ión cloruro presente en el agua y demás ingredientes del concreto no deberá exceder, expresado como porcentaje en peso del cemento, de los siguientes valores:

Concreto presforzado	0.06%
Concreto armado, con elementos de aluminio o de fierro galvanizado embebidos	0.06%
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.10%
Concreto armado no protegido, el cual puede estar sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida por medio del recubrimiento impermeable	0.80%

- ✓ El agua de mar solo podrá utilizarse en la preparación del concreto si se cuenta con la autorización escrita del ingeniero proyectista y la inspección. Es recomendable que la mezcla tenga un contenido de cemento mínimo de 350 kg/m³, una relación de agua cemento máxima de 0.60, consistencia plástica; y un recubrimiento al acero no menor de 70 mm en el terreno.

Está prohibido el empleo de agua de mar como agua de mezclado en los siguientes casos:

- ❖ Concreto presforzado.
- ❖ Concreto cuya resistencia a la compresión a los 28 días sea menor a 175 kg/cm².
- ❖ Concretos en los que están embebidos elementos de aluminio o de fierro galvanizado.
- ❖ Concretos vaciados en climas cálidos.

Concreto con acabados superficial de importancia, concretos caravista; concretos expuestos. (Abanto Castillo F, 2009).

4.2 DISEÑO DE MEZCLA (MÉTODO A.C.I.)

El Método del American Concrete Institute considera el siguiente procedimiento para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

- a) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla 4.2 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

TABLA N°4.1 Resistencia a la compresión promedio.

b) **Resistencia a la compresión promedio.**

f'c (kg/cm²)	f'cr (kg/cm²)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

4.2.1. Paso N° 01 Selección del asentamiento: Si las especificaciones de obra no da el asentamiento de la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N° 4.1, podemos seleccionar un valor adecuado para el determinado trabajo que se va a realizar.

Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla N° 4.2 Asentamientos Recomendados para varios Tipos de Construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO(*)	MÍNIMO
-Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
-Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
-Vigas y muros reforzados	4"	1"
-Columnas de Edificios	4"	1"
-Pavimentos y losas	3"	1"
-Concreto ciclópeo	2"	1"

(Abanto Castillo F, 2009).

4.2.2. Paso N° 02 Selección del tamaño máximo del agregado: Los concretos con mayor tamaño de agregados, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto que tamaños menores.

El tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor que sea económicamente compatible con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso (piedra) nunca será mayor de.

- ✓ 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- ✓ 1/3 de espesor de las losas.
- ✓ ¾ de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

En el caso en que la trabajabilidad y los métodos de consolidación sean lo suficientemente buenos como para que el concreto sea colocado sin cangrejas, las 3 limitaciones anteriores pueden ser más flexibles. Como ya se ha mencionado anteriormente, para una relación agua cemento dada, la reducción el tamaño máximo del agregado nos lleva a un incremento en la resistencia del concreto.

4.2.3. Paso N° 03 estimación del agua de mezclado y contenido de aire:

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, ni siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

La tabla N° 4.3 nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Como se observara, la tabla N° 4.3 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados.

Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Tabla N° 4.3 Requerimientos Aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para Diferentes valores de Asentamientos y Tamaños Máximos de Agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en litros/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	
Cantidad aproximada de aire atrapado, en %	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	
Contenido total de aire incorporado en % (exposición suave)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Contenido total de aire incorporado en % (exposición moderada)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Contenido total de aire incorporado en % (exposición severa)	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1½") se basan en las pruebas de Slumphechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1½") por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa, la tabla N° 4.3 , no toma en cuenta para la estimación el agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla N° 4.3 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla 5.2 corresponden a mezclas sin aire incorporado.

Tabla 4.4 Contenido de agua de la mezcla

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en litros / m ³ para asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
		25mm - 50 mm (1" - 2")		75mm - 100mm (3" - 4")		125mm - 150mm (5" - 6")	
mm	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Nota: Los valores de la tabla corresponden a concretos sin aire incorporado (Abanto Castillo F, 2009).

Tabla 4.5. Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3"	0.3 %
2"	0.5 %
1 1/2"	1.0 %
1"	1.5 %
3/4"	2.0 %
1/2"	2.5 %
3/8"	3.0 %

(Abanto Castillo F, 2009).

4.2.4. Paso N° 04 selección de la relación agua – cemento (a/c): La relación agua-cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

Desde que diferentes agregados y cementos producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua- cemento, es muy útil tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua – cemento para los materiales a ser usados en la preparación de la mezcla.

En el caso de no contar con estos datos, valores aproximados y relativamente conservadores para concretos preparados con cemento portland tipo I pueden ser tomados de la tabla N° 4.6 si en la preparación del concreto se utilizan materiales típicos, entonces las relaciones agua – cemento tabuladas producirán las resistencias mostradas, las cuales se han obtenido ensayando muestras a los 28 días, curados bajo condiciones estándares de laboratorio.

La resistencia promedio (f'_{cr}) que se seleccione, deberá exceder a la resistencia especificada por el proyectista (f'_c) en un margen suficiente como para mantener el número de ensayos dentro de los límites especificados.

Tabla N° 4.6 Relación Agua – Cemento y resistencia a la Compresión del concreto.

RESISTENCIA LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (f'_{cr}) (Kg/cm ²)	RELACIÓN DE AGUA - CEMENTO DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
b 450	0,38	
a 400	0,43	
n 350	0,48	0,40
t 300	0,55	0,46
o 250	0,62	0,53
o 200	0,70	0,61
o 150	0,80	0,71

(Castillo F, 2009).

Otra forma de calcular la resistencia promedio, es conociendo valores estadísticos de desviación estándar:

Para condiciones de exposición severa, la relación agua–cemento, deberá mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con valores mayores. En la tabla N° 4, se muestran los máximos valores.

El concreto deberá ser con aire incorporado (*)

Si es usado cemento resistente a los sulfatos de la norma ASTM c-150, la relación agua – cemento permisible puede ser aumentado en 0.05 (**)

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructuras que están continua o frecuentemente húmedas y expuestas a congelación y deshielo	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3 cm de recubrimiento	0,45	0,40 **
Cualquier otro tipo de estructura	0,45	0,40 **

4.2.5. Paso 05 cálculos del contenido del cemento: La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (paso 03) dividido entre la relación agua – cemento (paso 04).

$$\text{Contenido de cemento (Kg/m3)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m3)}}{\text{Relación a/c (para f'cr)}}$$

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento.

El empleo de aditivos químicos o puzolana, afectara las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido, justificándose el empleo de estos productos por razones de economía o para procurar propiedades especiales del concreto.

Para la determinación de un primer estimado del contenido de cemento se puede trabajar con las recomendaciones obtenidas del productor del aditivo, así como de las modificaciones de los requerimientos de agua de mezclado en el paso 03 y relaciones de resistencia en el paso 04.

La determinación final del contenido de cemento deberá basarse en mezclas de prueba, ajustadas de acuerdo al paso 09 para obtener todas las propiedades deseadas en el concreto.

4.2.6. Paso 06 Estimación del contenido de Agregado Grueso: Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La tabla N°4.7 nos proporciona valores aproximados para estos volúmenes de agregado, como puede observarse, para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Las diferencias en la cantidad de mortero requerido por razones de trabajabilidad con diferentes agregados, debido a diferencias en el perfil y granulometría de las partículas, son compensadas automáticamente por las diferencias en el contenido de vacíos del material seco y compactado.

El peso seco del agregado grueso por metro cubico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la tabla N° 4.7, simplificado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

$$cant. ag. grueso(kg) = [vol. ag. grueso tabla N^{\circ}4.5(m^3)] * [peso unitario y compact. ag. grueso \left(\frac{kg}{m^3}\right)]$$

Tabla N° 4.7 Volumen de agregado Grueso por Unidad de Volumen de concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferenciar módulos de fineza de agregado fino. b/bo			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
^a 3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
n 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
^o 1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
^c 3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

a

(Abanto Castillo F, 2009).

*volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C-29.

Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales.

Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aproximadamente.

Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

El módulo de fineza de la arena = la suma de las relaciones (acumulativas) retenidas en mallas N° 4, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividida por 100.

4.2.7. Paso 07 Estimación del contenido de agregado fino: Existe 2 métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido el paso N°06, todos los ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cubico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes. Es decir:

$$\text{peso ag. fino}(kg) = [\text{peso concreto}(kg) - [\text{peso ag. grueso}(kg) + \text{peso cemento}(kg) + \text{peso agua} (kg)]$$

a) Métodos de los pesos:

Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

En ausencia de tal información, la tabla N°4.8 puede ser empleada en un primer estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.

$$P.U = 10G_a (100-A) + C_M(1-G_a/G_c) - W_M(G_a-1)$$

Dónde:

- P.U : Peso del concreto fresco, por m³.
G_a : Promedio pesado del peso específico de la combinación de agregado fino y grueso, a granel en condición SSS.
G_c : Peso específico del cemento (es 2.81).
A : Porcentaje de contenido de aire.
W_M : Requerimiento de agua de mezclado, kg/m³.
C_M : Requerimiento de cemento, kg/m³.

b) Método de los volúmenes Absolutos:

Un procedimiento más exacto para cálculo de la cantidad de agregado fino por metro cubico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso).

El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico.

$$\text{Volumen} = \text{peso seco} / \text{peso específico}$$

Tabla Nº 4.8 Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco.

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO EN KG/M3	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

(Abanto Castillo F, 2009).

4.2.8. Pasó 08 Ajuste por contenido de humedad de los Agregados:

Generalmente los agregados utilizados en la preparación de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

Por lo tanto:

Si:

Agregado grueso (Piedra).	{	Humedad total = W% % absorción = AG %
Agregado fino (Arena).	{	Humedad total = W% % absorción = AF%

Peso Ag. Grueso húmedo (kg) = peso Ag. Grueso seco (kg) * Wg%.

Peso Ag. Fino húmedo (kg) = peso Ag. Fino seco (kg) * Wf%.

Agua Ag. Grueso = peso Ag. Grueso (kg) * (Wg% - Ag%).

Agua en Ag. Fino = peso del agregado fino seco (kg) * (Wf% - Af%).

Agua neta o efectiva = agua de diseño (kg) – (X + Y).

4.2.9. Paso 09 Ajuste de las mezclas o coladas de prueba: Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo estas recomendaciones deben ser comprobadas, para lo cual se prepara mezclas de ensayo o de prueba con los materiales a ser empleados en obra, de acuerdo a la norma C 192 del ASTM, o empleando tandas reales preparadas en obra.

Se verifican en estos ensayos las condiciones de trabajabilidad, adecuada ausencia de segregación y buen acabado, debiendo ajustar si son necesarias las proporciones de la siguiente manera:

- a) La cantidad de agua de mezclado necesaria para obtener el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, deberá ser igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en m³.
- b) Para ajustar por el efecto de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba de un concreto con aire incorporado, se debe incrementar o reducir el contenido de agua de mezclado del acápite anterior en 3lt/m³ de concreto por cada 1% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de mezcla de prueba previa.
- c) El peso unitario estimado nuevamente del concreto fresco para el ajuste de proporciones de la mezcla para la prueba, es igual al peso unitario en kg/m³ medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.
- d) Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso 04, si es necesario se modificara el volumen del agregado grueso de la tabla N° 4.7 para obtener una trabajabilidad apropiada. (Abanto Castillo, F. 2009)

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO PARA 280 KG/CM²

MÉTODO DEL COMITÉ DEL ACI.

Datos generales obtenidos por los ensayos:

Descripción	A. Fino		A. Grueso	
P. Unitario suelto seco	1631.47	Kg/m ³	1575.21	Kg/m ³
P. Unitario Compactado seco	1787.67	Kg/m ³	1645.53	Kg/m ³
P. Específico Masa seca	2.63	gr/cm ³	2.66	gr/cm ³
Contenido de Humedad	0.45	%	0.26	%
% de Absorción	0.76	%	1.10	%
Módulo de fineza	2.65			
Tamaño Máximo nominal			3/4" ' "	

Materiales a usar:

Cemento:

- ✓ Cemento Yura portland puzolánico 1P.
- ✓ Peso específico: 2.81 kg/m³.

Resistencia a la compresión:

$$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'cr = 280 + 84$$

$$f'c = 364 \text{ Kg/cm}^2$$

CÁLCULOS

1. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (VUA).

Usando la tabla 4.3 se obtiene el volumen unitario de agua, ya que nuestro slump es de 3-4", y tamaño máximo del agregado es 3/4". Además nuestro concreto será sin aire incorporado, entonces se obtiene:

VUA = 200 kg/m ³

2. CONTENIDO DE AIRE (CA).

Como nuestro diseño es sin aire incorporado, sólo se determina el contenido de aire atrapado por el agregado grueso de tamaño nominal de $\frac{3}{4}$ ", que es según tabla 4.3:

$$CA = 2\%$$

3. RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C) (interpolar).

Entrando en la tabla 4.6 para una resistencia promedio correspondiente a 280 kg/cm^2 , sin aire incorporado, se tiene la siguiente relación:

400	—	0.43
364	—	X
350	—	0.48

$$\frac{0.48 - 0.43}{400 - 350} = 0.001(364 - 350) = 0.014$$

$$x = 0.48 - 0.014$$

$$x = 0.466.$$

$$A/C = 0.466$$

4. FACTOR CEMENTO (FC).

Se obtiene dividiendo el volumen unitario del agua VUA entre la relación A/C.

$$FC = \frac{VUA}{A/C} = \frac{200}{0.466} = 429.18 \text{ Kg/m}^3$$

5. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO (AG).

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el método del comité del ACI, se debe entrar en la tabla 4.7, con el módulo de fineza de 2.65 (agregado fino) y el tamaño máximo nominal del agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ". Entonces, se tiene 0.62, y este valor multiplicarlo por el peso unitario seco compactado que es 1 645.528 kg/m^3 .

$$\begin{array}{r} 2.80 \text{ --- } 0.62 \\ 2.65 \text{ --- } X \\ 2.60 \text{ --- } 0.64 \end{array}$$

$$\frac{0.64 - 0.62}{2.8 - 2.6} = 0.1(2.8 - 2.65) = 0.015$$

$$x = 0.015 + 0.62$$

$$b/b_0 = 0.635$$

$$AG = 0.635 * 1\ 645.528 = 1044.91 \text{ kg/m}^3$$

6. CÁLCULO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS.

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

$$V \text{ abs}(x) = \frac{\text{Peso unitario } x}{\text{Peso específico } x}$$

Volumen absoluto de:

-	Cemento	429.18 / (2810)	=	0.153 m ³
-	Agua	200 / (1 000)	=	0.200 m ³
-	Aire	2%	=	0.020 m ³
-	Agregado grueso	1044.91 / (2 660)	=	0.393 m ³
-	Suma de volúmenes conocidos		=	0.769

7. CONTENIDO DEL AGREGADO FINO.

El volumen absoluto del agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos.

El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

-	Volumen absoluto de agregado fino	=	1 - 0.769	=	0.234
-	Peso del agregado fino	=	0.234 * 2 630	=	616.58 kg/m³

8. VALORES DE DISEÑO.

Las cantidades de materiales a ser empleados como valor de diseño serán:

-	Cemento	429.18 kg/m ³
---	---------	--------------------------

- Agua	200	lt/m ³
- Agregado fino seco	616.58	kg/m ³
- Agregado grueso seco	1044.91	kg/m ³

9. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO.

La proporción de los materiales debe ser corregida en función de la humedad de los agregados, a fin de obtener los valores utilizados en obra:

$$\text{Peso húmedo} = \text{peso seco} * (1 + w\%)$$

Peso húmedo del:

- Agregado fino	=	616.58 * (1 + 0.0045)	=	619.36	kg/m ³
- Agregado grueso	=	1044.91 * (1 + 0.0026)	=	1047.63	kg/m ³

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL:

Humedad superficial = %humedad – % absorción

- Agregado fino	=	0.45 – 0.76	=	- 0.31%
- Agregado grueso	=	0.26 – 1.1	=	- 0.84%

APORTE DE HUMEDAD (AGUA) DE LOS AGREGADOS:

Aporte de humedad = peso seco * humedad superficial

- Agregado fino	=	619.43 * (- 0.0031)	=	- 1.91	lt/m ³
- Agregado grueso	=	1044.91 * (- 0.0084)	=	- 8.78	lt/m ³

Aporte total de agua de los agregados Total = - 10.69 lt/m³

$$\text{AGUA EFECTIVA} \quad 200 - (-10.69) = 210.69 \text{ lt/m}^3$$

10. LOS NUEVOS PESO DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DE AGREGADOS SERÁN:

- Cemento	429.18	kg/m ³
- Agua	210.69	lt/m ³
- Agregado fino húmedo	619.43	kg/m ³
- Agregado grueso húmedo	1047.63	kg/m ³



11. PESOS POR TANDA DE UN SACO DE CEMENTO (42.5 kg/saco):

Realizando una regla de tres simple para cada componente, se obtiene:

Ejm:

- con el agua	210.69 lt/m ³	-----	429.18 kg/m ³
	x	-----	42.5 kg/saco
	x	=	210.69 x 42.5 / 429.18 lt/saco
	x	=	20.86 lt/saco
- con el agregado fino	619.43 kg/m ³	-----	429.18 kg/m ³
	x	-----	42.5 kg/saco
	x	=	619.43 x 42.5 / 429.18 kg/saco
	x	=	61.34 kg/saco
- con el agregado grueso	1047.63 kg/m ³	-----	429.18 kg/m ³
	x	-----	42.5 kg/saco
	x	=	1047.63 x 42.5 / 429.18 kg/saco
	x	=	103.74 kg/saco

AHORA, SI TENEMOS LOS PESOS POR TANDA DE SACOS:

- Cemento	42.5 kg/saco
- Agua	20.86 lt/saco
- Agregado fino húmedo	61.34 kg/saco
- Agregado grueso húmedo	103.74 kg/saco

12. Diseño por volumen

$$\text{Cemento: } \frac{429.18}{42.5} = 10.10 \text{ bls}/10.10$$

$$\text{Agregado Fino: } \left(\frac{619.43}{1631.47} \right) \times 35.31 = 13.34 \text{ pie}^3/10.10$$

$$\text{Agregado Grueso: } \left(\frac{1044.91}{1575.21} \right) \times 35.31 = 23.42 \text{ pie}^3/10.10$$

Agua: 210.83 lts/10.10

Diseño por Volumen: 1/1.32/2.32/20.86 Lt/bolsa

Obtenemos por lo tanto la siguiente tabla:

Descripción	Seco	Húmedo
Contenido de Cemento	429.18 kg/m ³	429.18 kg/m ³
Agregado Grueso	1044.91 kg/m ³	1047.63 kg/m ³
Agregado Fino	616.58 kg/m ³	619.43 kg/m ³
Agua	200 lt/m ³	210.69 lt/m ³

AHORA HALLAMOS EL VOLUMEN PARA 5 MOLDES DE 15 CM DE DIÁMETRO POR 30 CM DE LARGO:

$$V = \pi r^2 * h \quad \Rightarrow \quad V = \pi * 7.5^2 * 30 \quad \Rightarrow \quad V = 5301.438 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.0053 \text{ m}^3$$

V = volumen de la probeta * #de probetas * desperdicio

$$V = 0.0053 * 5 * 1.5 = 0.0305 \text{ m}^3$$

- Cemento	429.18 kg/ m ³ * 0.0305	= 13.09 kg
- Agua	210.69 lt/m ³ * 0.0305	= 6.43 lt
- Agregado fino húmedo	619.34 kg/m ³ * 0.0305	= 18.90 kg
- Agregado grueso húmedo	1047.63 kg/m ³ * 0.0305	= 31.95 kg

4.3. MEZCLA DE PRUEBA PARA LA RESISTENCIA ESPECIFICADA INVESTIGADA.

Se procedió a la elaboración de la Mezcla de Prueba de la Resistencia Especificada, la misma que siguieron las recomendaciones necesarias para la elaboración de mezcla de concreto, tomando en cuenta que esta se encuentra descrita en la norma:

ASTM C-172 “Método para Muestrear Mezclas Frescas de concreto”.

El tiempo para obtener la muestra compuesta no debe exceder de 15 minutos, entre la obtención de la primera y última porción de muestra. Transportar las muestra individuales al lugar donde el concreto va a ser experimentado las mismas que deben ser combinadas y premezcladas con una pala para asegurar su uniformidad. Iniciar las pruebas de revenimiento, temperatura y contenido de aire dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la última porción de la muestra compuesta. Además iniciar el moldeo de cilindros dentro de los 15 minutos siguientes a la fabricación de la muestra compuesta. Proteger la muestra del sol, aire u otros causantes de su rápida evaporación y de la contaminación. Como ya se indicó anteriormente, con la dosificación al peso encontrada en el diseño de la mezcla de prueba, se calculó las cantidades de los componentes del concreto para 5 cilindros, dando un total en peso de 70.37 kg, hallándose los siguientes resultados:

TABLA N° 4.9 CANTIDADES TOTALES PARA 5 CILINDROS.

MATERIAL	CANTDADES	DOSIFICACION	CANTIDADES
	KG/M3	AL PESO	KG
Agua	210.83	0.49	6.43
Cemento	429.18	1	13.09
Agregado Fino	619.43	1.44	18.90
Agregado Grueso	1047.63	2.44	31.95
		SUMA	70.37

Trabajabilidad:

Sabiendo que la trabajabilidad es uno de los factores más importantes del concreto en cuanto a la utilización del concreto en obra, se puede calificar a la mezcla de concreto de acuerdo al asentamiento medido en el cono de Abrams, el mismo que nos indica la cantidad de humedad y la manejabilidad que tiene la mezcla para cada caso.



FIGURA N°4.1 Medición del Asentamiento.
(Fuente: imagen propia)

Homogeneidad:

Sabiendo que la homogeneidad es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa (en una sola amasada). Se puede establecer que tanto el agregado grueso y el agregado fino de la “CANTERA ARUNTA”, fueron idóneos para la mezcla, ya que conjuntamente con la pasta, estos se distribuyeron en la masa de concreto, mostrando así, un aspecto uniforme en la mezcla.

Densidad.

La determinación de la densidad del concreto fresco es una propiedad muy importante, la misma que se realiza de acuerdo a la norma ASTM – C127 y 128.



FIGURA N° 4.2 Cilindros concreto Fresco.
(Fuente: Imagen propia)



CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

5. PROBETAS ESTÁNDAR.

Considerando que dentro de las propiedades que tiene el concreto endurecido, la más importante es la capacidad que tiene absorber esfuerzos de compresión, que es el esfuerzo máximo que puede soportar el concreto bajo una carga de aplastamiento, este esfuerzo se lo determina mediante ensayos de compresión realizados en el laboratorio sobre probetas estándar.

Para realizar el ensayo de compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, estas probetas cilíndricas son moldes metálicos donde se vierte el concreto para obtener un cilindro de la misma forma del molde, para posteriormente ser sometido al ensayo de compresión.

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto.



FIGURA N°5.1 Moldes Cilindros para Probetas de concreto de 15 x 30 cm.

(Fuente: Imagen Propia)

5.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE PROBETAS EN LA INVESTIGACIÓN.

Para la determinación del número total de probetas de concreto para la mezcla definitiva, se deberá tener en cuenta un número mínimo de valores para presentar confiablemente resultados aceptables, se tiene las siguientes consideraciones:

- ✓ Muestra Grande (15 x30) cm: igual a 20 probetas.

Tomando en cuenta que el tamaño nominal máximo del agregado de la Cantera Arunta es de 3/4", se utilizarán las probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura de acuerdo a lo establecido por la norma ASTM C-192.

De acuerdo al tipo de molde cilíndrico adoptado, se tiene un valor mínimo de 23 probetas, pero considerando que; estadísticamente se ha comprobado que mientras mayor sea el número de muestras, mayor es el grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, razón por la cual para el diseño de la mezcla definitiva se ha adoptado un valor mínimo de 23 probetas estándar, que serán utilizadas de la siguiente forma:

- ✓ 5 probetas para el ensayo de compresión a los 7 días.
- ✓ 5 probetas para el ensayo de compresión a los 14 días.
- ✓ 5 probetas para el ensayo de compresión a los 21 días.
- ✓ 5 probetas para el ensayo de compresión a los 28 días.
- ✓ 3 probetas para la determinación del Módulo Elástico de Elasticidad de concreto a los 28 días.

5.2 PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO.

Posteriormente a la realización y comprobación de las dosificaciones finales se elaboraron las probetas de concreto, para lo cual se lo realizó mediante un amasado mecánico, en una concretora donde se colocó la cantidad de 13.09 kg para la dosificación final.

Tabla Nº 5.1 Cantidad de Material para Mezclas Definitivas.

MATERIAL	CANTDADES	DOSIFICACIÓN	CANTDADES
	KG/M3	AL PESO	KG
Agua	210.83	0.49	6.43
Cemento	429.18	1	13.09
Agregado Fino	619.43	1.44	18.90
Agregado Grueso	1047.63	2.44	31.95
		SUMA	70.37

CORRECCIONES POR CONTENIDO DE HUMEDAD.

De la misma manera que las mezclas de prueba, para las mezclas definitivas se tomaron cinco muestras para sacar los contenidos de humedad donde se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

Tabla N° 5.2 Resultados del Contenido de Humedad para las Mezclas Definitivas.

Descripción	Seco	Húmedo
Contenido de Cemento	429.18 kg/m ³	429.18 kg/m ³
Agregado Grueso	1044.91 kg/m ³	1047.63 kg/m ³
Agregado Fino	616.58 kg/m ³	619.43 kg/m ³
Agua	200 lt/m ³	210.83 lt/m ³

5.3 ALMACENAMIENTO DE PROBETAS EN EL POZO DE HUMEDAD.

En el transcurso de 24 horas las probetas fueron desencofradas, y luego transportadas a la pozo de humedad para el proceso de curado correcto, debido a que este factor influye notablemente en los resultados finales de resistencia a compresión simple.

Para someter a las probetas de concreto recién desencofradas al pozo de humedad, deberá mantenerse el contenido de humedad permanente y una temperatura constante, con el objetivo de que el concreto continúe con su proceso de hidratación para así obtener la resistencia especificada.

Humedad

Si sabemos que la resistencia es producto de la reacción química del agua con el cemento, para que se desarrolle todo el potencial de resistencia del cemento se deberá mantener suficiente suministro de agua para que el concreto en lo posible esté saturado (100 % de humedad) o cerca de ello, ya que solo así evitaremos pérdida de humedad de la superficie del Concreto por evaporación.

Temperatura

Su influencia en el desarrollo de resistencia es importante; por ello es

recomendable en lo posible mantener una condición de temperatura cercana a los 20 ° C; ó tratando de evitar que sean inferiores a 10 ° C.

Cuando los diferenciales de temperatura del concreto sean muy grandes, seguro favorecerá la pérdida de humedad por evaporación.

Condiciones Básicas de un Curado Adecuado.

Relacionando lo expuesto anteriormente, hay tres condiciones básicas:

- ✓ Los concretos deben estar suficientemente húmedos para garantizar la hidratación del cemento.
- ✓ Una temperatura adecuada que le permitirá una buena hidratación del cemento.
- ✓ Oportunidad en la iniciación del curado (se recomienda iniciar lo más rápido posible, ya que es factible hacerlo tan pronto éste reabsorbe el agua de exudación).

Relación entre el Curado y Desarrollo de Resistencias.

Si sabemos que la reacción química del agua con el cemento desarrolla resistencia en los primeros 7 días de edad, prácticamente desarrollará cerca del 80% de la resistencia especificada para los 28 días, es decir, esto se cumplirá si se dio un curado adecuado.

Por eso, mientras más tardemos en iniciar el curado, menor potencial de resistencia disponemos.



FIGURA Nº 5.2 Curva Tiempo vs Resistencia del Concreto.

(Fuente: <http://www.lafarge.com.ec/Curado%20Del%20Hormigon.pdf>)

Como podemos apreciar, el curado continuo permite que el concreto desarrolle el máximo de su resistencia potencial, es decir, no se debe permitir que el concreto se seque en ningún momento. Si permitimos que el concreto se seque, se detiene por completo la reacción química del agua con el cemento y deja de ganar resistencia. Mojar el concreto después de que se haya secado sólo permite rescatar una pequeña parte de su resistencia potencial. De ninguna manera se va a conseguir recuperar la resistencia que podría tener la mezcla con el curado continuo.



FIGURA N° 5.3 Almacenamiento de Probetas en el Pozo de Humedad.

(Fuente: Imagen Propia)



CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

6. PROGRAMAS DE ENSAYOS PARA DETERMINAR EL MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

6.1. TOLERANCIA DE TIEMPO PARA LOS ENSAYOS.

Una vez realizada el diseño de mezclas definitiva para la resistencia especificada de 280 kg/cm², se realizó los ensayos de compresión simple para las diferentes edades, esto es a los 7, 14, 21 y 28 días, para así poder obtener la curva “tiempo vs resistencia”; además, se debe ensayar a los 28 días los cilindros preparados para la determinación del Módulo Estático de Elasticidad del concreto.

6.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A EDADES DE 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.

Con el objeto de determinar las propiedades mecánicas del concreto, en especial la resistencia a la compresión simple; se ensayaron probetas cilíndricas normalizadas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, bajo una velocidad de carga normalizada, hasta la rotura. El procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM-C-192M-95 y C-39-96.

Es importante conocer la variación de la resistencia a la compresión en función del tiempo, teniendo como base que la resistencia aumenta en gran medida a los 28 días, y después de esto se lo hace en menor porcentaje.

La resistencia de cada cilindro se debe calcular dividiendo la carga máxima soportada durante el ensayo para el área del cilindro, obtenida con el promedio de al menos tres diámetros medidos.

Seguidamente se presentan tabulados los resultados obtenidos de los ensayos a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente:



ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA

NORMA: (ASTM C-39)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 19/10/2015

Tabla Nº 6.1 Resultados de Ensayos a Compresión a los 7 días.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (Ø)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	PROBETA 1	21/10/2015	7	28/10/2015	32350	15	176.715	183.06	280	65.38
2	PROBETA 2	21/10/2015	7	28/10/2015	35240	15	176.715	199.42	280	71.22
3	PROBETA 3	21/10/2015	7	28/10/2015	35010	15	176.715	198.12	280	70.76
4	PROBETA 4	21/10/2015	7	28/10/2015	34576	15	176.715	195.66	280	69.88
5	PROBETA 5	21/10/2015	7	28/10/2015	34751	15	176.715	196.65	280	70.23
PROMEDIO								194.58		69.49



ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA

NORMA: (ASTM C-39)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 19/10/2015

Tabla Nº 6.2 Resultados de Ensayos a Compresión a los 14 días.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (Ø)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	PROBETA 1	21/10/2015	14	04/11/2015	42490	15	176.715	240.44	280	85.87
2	PROBETA 2	21/10/2015	14	04/11/2015	42820	15	176.715	242.31	280	86.54
3	PROBETA 3	21/10/2015	14	04/11/2015	39850	15	176.715	225.50	280	80.54
4	PROBETA 4	21/10/2015	14	04/11/2015	42019	15	176.715	237.78	280	84.92
5	PROBETA 5	21/10/2015	14	04/11/2015	41579	15	176.715	235.29	280	84.03
PROMEDIO								236.27		84.38



ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA

NORMA: (ASTM C-39)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 19/10/2015

Tabla Nº 6.3 Resultados de Ensayos a Compresión a los 21 días.

Nº	DESCRIPCIÓN PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm ² .	DIAMETRO (Ø)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kgr./cm ²	DISEÑO f' c = Kg/cm ² .	% RESISTENCIA
1	PROBETA 1	21/10/2015	21	11/11/2015	48,990.00	15.00	176.715	277.23	280	99.01
2	PROBETA 2	21/10/2015	21	11/11/2015	49,450.00	15.00	176.715	279.83	280	99.94
3	PROBETA 3	21/10/2015	21	11/11/2015	44,140.00	15.00	176.715	249.78	280	89.21
4	PROBETA 4	21/10/2015	21	11/11/2015	47,320.00	15.00	176.715	267.78	280	95.63
5	PROBETA 5	21/10/2015	21	11/11/2015	46,269.00	15.00	176.715	261.83	280	93.51
PROMEDIO								267.29		95.46



ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA

NORMA: (ASTM C-39)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 19/10/2015

Tabla Nº 6.4 Resultados de Ensayos a Compresión a los 28 días.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (Ø)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	PROBETA 1	21/10/2015	28	18/11/2015	53,420.00	15.00	176.72	302.29	280	107.96
2	PROBETA 2	21/10/2015	28	18/11/2015	53,180.00	15.00	176.72	300.94	280	107.48
3	PROBETA 3	21/10/2015	28	18/11/2015	53,420.00	15.00	176.72	302.29	280	107.96
4	PROBETA 4	21/10/2015	28	18/11/2015	52,899.00	15.00	176.72	299.35	280	106.91
5	PROBETA 5	21/10/2015	28	18/11/2015	53,580.00	15.00	176.72	303.20	280	108.29
PROMEDIO								301.61		107.72

RESUMEN DE ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA

NORMA: (ASTM C-39)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 19/10/2015

Tabla N° 6.5 Resumen de Ensayos a Compresión.

TIEMPO (Días)	RESISTENCIA %	ESFUERZO Kg./cm ²
0	0.00	0.00
7	69.49	194.58
14	84.38	236.27
21	95.46	267.29
28	107.72	301.61

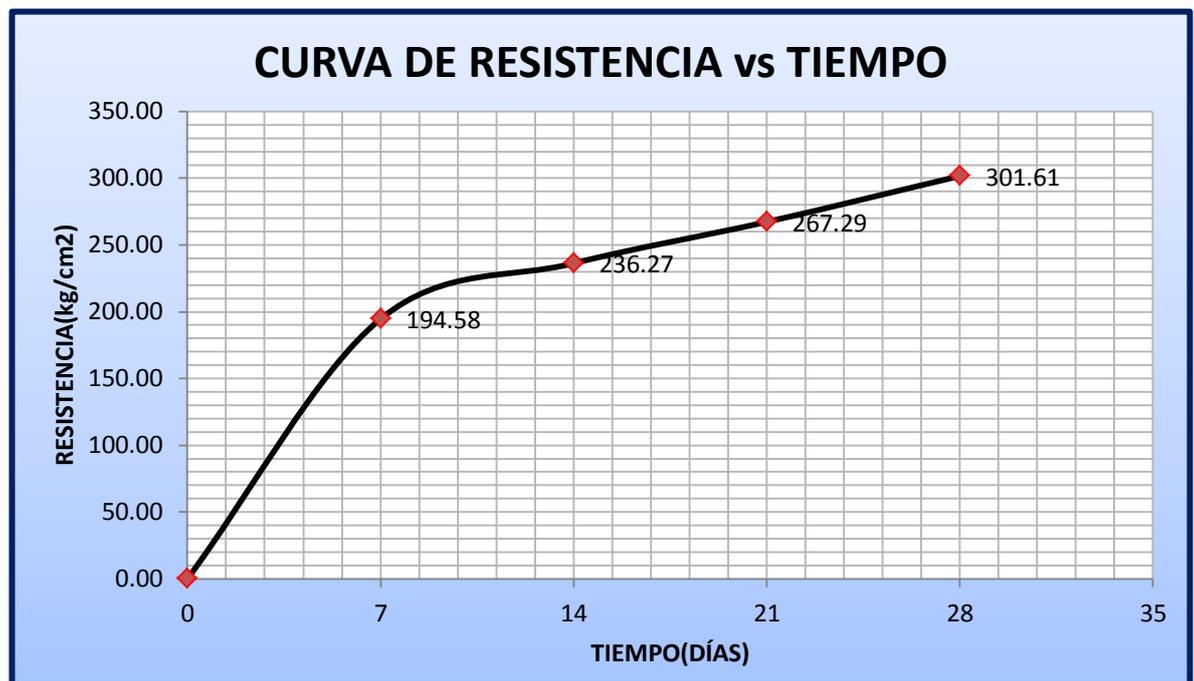


FIGURA N° 6.1 Curva de Resistencia vs Tiempo

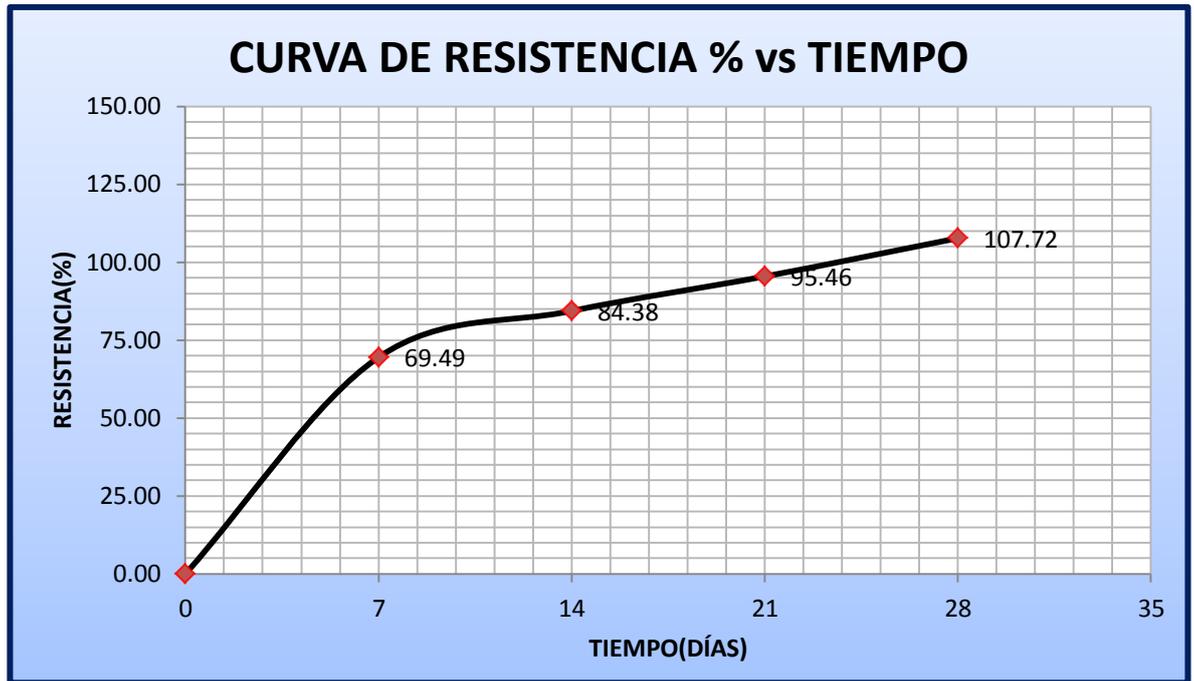


FIGURA N° 6.2 Curva de Resistencia % vs Tiempo.

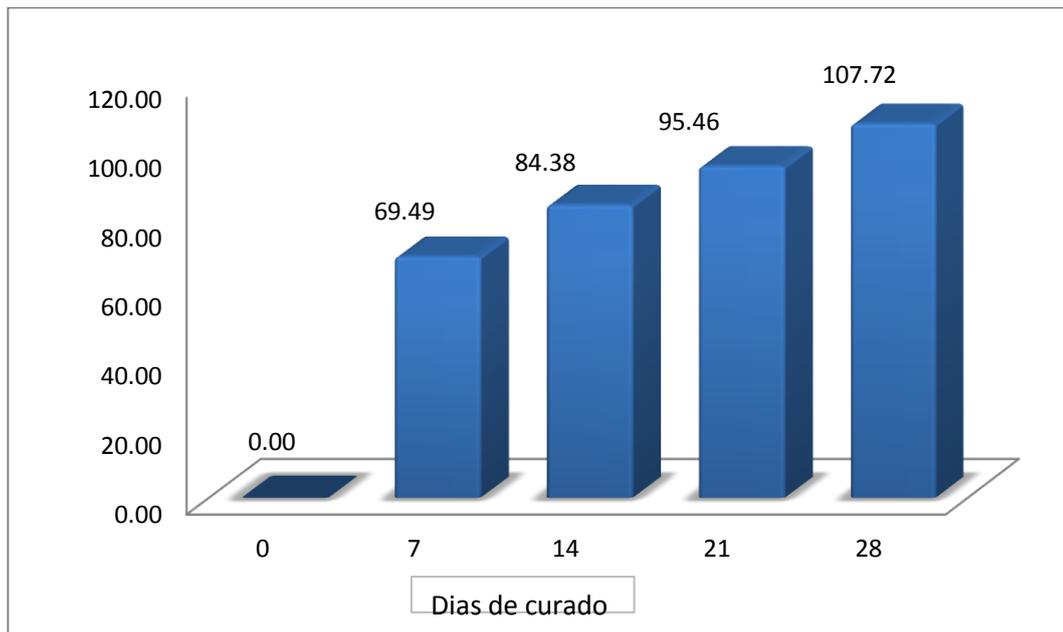


FIGURA N° 6.3 Porcentaje de resistencia a distintas edades.

En el cuadro de resumen, podemos notar que la resistencia final a los 28 días es de 301.61 kg/cm², igual al 107.72% de su resistencia nominal (280 kg/cm²), dosificación obtenida por el método A.C.I.

En el diagrama anterior se muestra una curva típica del incremento de su resistencia en función del tiempo, que en su primera parte la resistencia aumenta considerablemente en los primeros siete días, a partir de este punto el incremento de la resistencia es de forma exponencial estabilizándose al final de los 28 días.

De manera general podemos concluir que estas probetas verificadas su resistencia se los utilizarán para la determinación del Módulo Elástico de Elasticidad del concreto.

6.3. VERIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE EQUIPOS PARA MEDIR LAS DEFORMACIONES DEL CONCRETO A TRAVÉS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN.

Por medio de este ensayo se busca la determinación del Módulo de Elasticidad secante (Módulo de Young) y la relación de Poisson de los probetas de concreto normalizados y núcleos de concreto, cuando éstos se hallan bajo esfuerzos de compresión longitudinal.

Este ensayo proporciona una relación de esfuerzo a deformación lateral y longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que se establezcan.

Los valores de Módulo de Elasticidad aplicable dentro del rango de esfuerzos de trabajo (0% a 40% de la resistencia última del concreto), puede ser usado en el dimensionamiento de cantidades de acero de refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas.

Los valores de Módulo de Elasticidad conseguidos, serán usualmente menores que el módulo obtenido bajo una aplicación rápida de carga (proporciones dinámicas o sísmicas, por ejemplo), y normalmente será mayor que valores bajo la aplicación de carga lenta o bajo carga sostenidas a largo plazo manteniendo otras condiciones del ensayo.

Equipo y Herramientas.

- **Maquina de ensayo de compresión.**

El equipo es una prensa de concreto, modelo ADR 2000 con un indicador digital, con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir las propiedades mecánicas de los materiales, son las características inherentes que permiten diferenciar un

material de otro, desde el punto de vista del comportamiento mecánico. Debido a que cada material se comporta diferente, es necesario analizar su comportamiento mediante pruebas experimentales.

El equipo que se utilizara para en esta investigación para someter para someter a una carga de compresión a las probetas de concreto, tiene una capacidad de 220000 libras y, además de que se encuentra debidamente calibrada con **certificado MT – LF – 187 - 2015**.

• **Compresómetro.**

Este instrumento se usa para evaluar las propiedades de deformación de las probetas de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura mientras se está efectuando el ensayo a compresión.

Utilizado para medir el Módulo de Elasticidad, se debe disponer sobre la probeta de un dispositivo sensible (ver Fig. 6.4) unido o no a ella, para medir con suficiente precisión la primera lectura de 5 millonésimas como parte del promedio de la deformación de dos marcas diametralmente opuestas, cada una paralela al eje y centradas hacia la mitad de la altura de la probeta.

Es un instrumento de precisión, compuesto por dos collarines, los cuales se ubican de forma concéntrica en el sentido transversal de la probeta; estos dos collarines están unidos por un instrumento llamado deformímetro (reloj), permitiendo obtener lecturas de los desplazamientos verticales entre los tres collarines. Es importante tomar en cuenta que, las deformaciones no lleguen a la rotura de la probeta ya que se conoce que la falla del concreto sometido a cargas de compresión es explosiva, por lo que, podríamos dañar el instrumento.

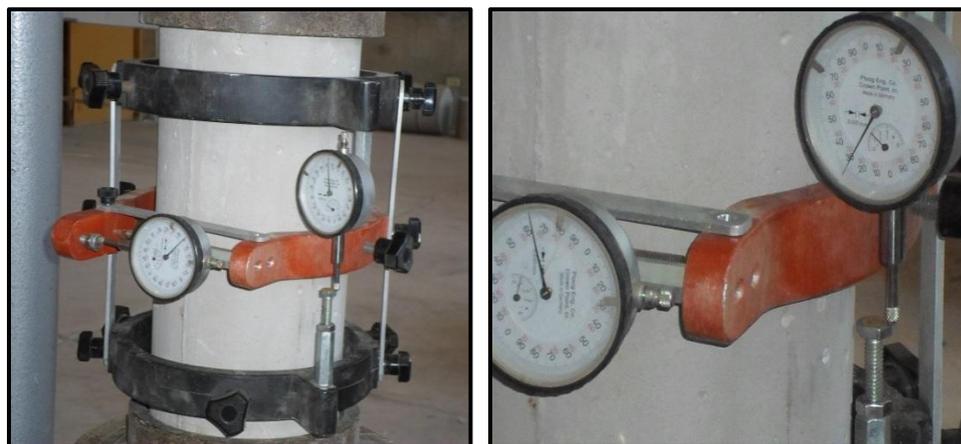


FIGURA N° 6.4 Compresómetro ideal para la determinación del Módulo Estático de Elasticidad del concreto.

ASTM C - 469.

(Fuente: Imagen Propia)

• **Extensómetro.**

Si se desea la relación de Poisson, la deformación transversal puede ser determinada mediante un extensómetro no adherido a la probeta capaz de medir con una aproximación de $25 \mu\text{g}$, ($0.625 \mu\text{m}$), el cambio del diámetro a la probeta, o bien, mediante 2 líneas de referencia adheridas, montadas circularmente en puntos diametralmente opuestos, a media altura de la probeta y capaz de medir deformación circunferencial. Un aparato que combine un compresómetro y extensómetro y que no esté adherido a la probeta puede ser muy útil en este ensayo. Este aparato debe contener un tercer anillo (consiste en dos segmentos iguales), localizado en la mitad entre los dos anillos del compresómetro y fijados a la probeta en dos puntos diametralmente opuestos. En la mitad entre estos dos puntos se ubica una varilla de pivote corta, adyacente a la varilla de pivote larga, que debe ser usada para mantener constante la distancia entre los anillos inferiores y medio. El anillo medio debe ser articulado en el punto de pivote para permitir la rotación de los segmentos del mismo, en el plano horizontal.

PROCEDIMIENTO.

Los anillos permanecerán fijos, mientras que el anillo superior es el que gira en un eje conforme se comprime el concreto. En él un extremo de los dos anillos se va a colocar un sistema de apoyo mientras que el otro extremo va acoplado el deformímetro o dial, el mismo que tienen una sensibilidad de 0.0010 mm .

Por efectos de montaje del aparato del dial de deformaciones nos da lecturas igual al doble de la deformación verdadera de la probeta, lo cual es ventajoso para mayor sensibilidad de las lecturas. En este ensayo se debe tener la precaución de retirar el equipo (anillos) antes de la carga de rotura para precautelar daños en el equipo.

Ejecución del Método.

- ✓ Medición. Medir dos diámetros perpendiculares entre sí en la zona central de la probeta con una aproximación de 0.25 mm. Calcular el diámetro de la probeta promediando los dos diámetros medidos. Medir la longitud del espécimen moldeado incluyendo capas de refrentado con una aproximación de 2.5 mm.
- ✓ Use un probeta hermano para determinar su resistencia a la compresión, previamente al ensayo del módulo de elasticidad, con lo cual se registrará su carga última a compresión.
- ✓ Colocar la probeta, acompañada con el equipo de medición en la platina inferior o bloque de apoyo de la máquina de ensayo. Cuidadosamente, alinear el eje de la probeta con el centro de aplicación del bloque superior de apoyo. Tomar nota de la lectura del deformímetro o dirigirlo a cero antes de iniciar la práctica.
- ✓ La primera carga que es la preliminar, se utiliza para ajustar los deformímetros observando la fluctuación de éstos y corregir cualquier comportamiento inusual antes de la segunda carga. Obtener cada conjunto de lecturas como se expone a continuación: aplicar la carga continuamente y sin sobresaltos. Ajuste la máquina de ensayo en el equipo es una prensa de concreto, modelo ADR 2000 con un indicador digital, de tal manera que la cabeza móvil, Registrar sin interrupción de carga, el valor de la carga aplicada y la deformación longitudinal cuando:
 - ❖ la deformación longitudinal sea igual a 50 millonésimas.
 - ❖ la carga aplicada sea igual al 40% de la carga última.
- La deformación total longitudinal está definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva de la longitud patrón. Si se va a determinar la relación de Poisson, debe registrarse la deformación transversal en los mismos puntos. Si se desea la curva esfuerzo deformación, deben tomarse

dos o más lecturas de puntos intermedios sin interrupción de la carga. Inmediatamente se alcance la máxima, excepto en la última carga, redúzcase la carga a cero a la misma velocidad que fue aplicada. y repítase el ensayo.

- ✓ El Módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidas de la misma carga previendo que los dispositivos de medición sean expandibles, removibles o adecuadamente protegidos. En este caso registrar varias lecturas y determinar el valor de deformación al 40% de la carga última.
- ✓ Si se toman lecturas intermedias, dibujar los resultados de los dos ensayos con la deformación longitudinal en las abscisas y el esfuerzo de compresión en las ordenadas. Calcúlese el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga leída en la prensa de concreto por el área transversal de la probeta.
- ✓ **Cálculos:**
 - **Calculando el Módulo de Elasticidad como sigue:**

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.00005}$$

Dónde:

Ec = Módulo de Elasticidad secante (kg/cm²).

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima, o correspondiente al apropiado valor de deformación medido (kg/cm²).

S1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas (kg/cm²).

e2 = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo **S2**.

6.4 DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL Y TEÓRICO DEL MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Para indicar los métodos que existen para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad del concreto, se debe tomar en cuenta que, la curva Esfuerzo Vs Deformación de la figura N° 6.5, es curvilínea a una etapa muy temprana de su

historia de carga, por tanto, el Módulo Estático de Elasticidad se aplica a la tangente de la curva en el origen.

El módulo de tangente inicial es la pendiente inicial de la recta tangente a la curva esfuerzo-deformación, en cualquier punto de ella.

El módulo secante de elasticidad del concreto viene a ser pendiente de la línea recta que une al origen con un esfuerzo dado (alrededor de 40% del esfuerzo máximo de rotura).

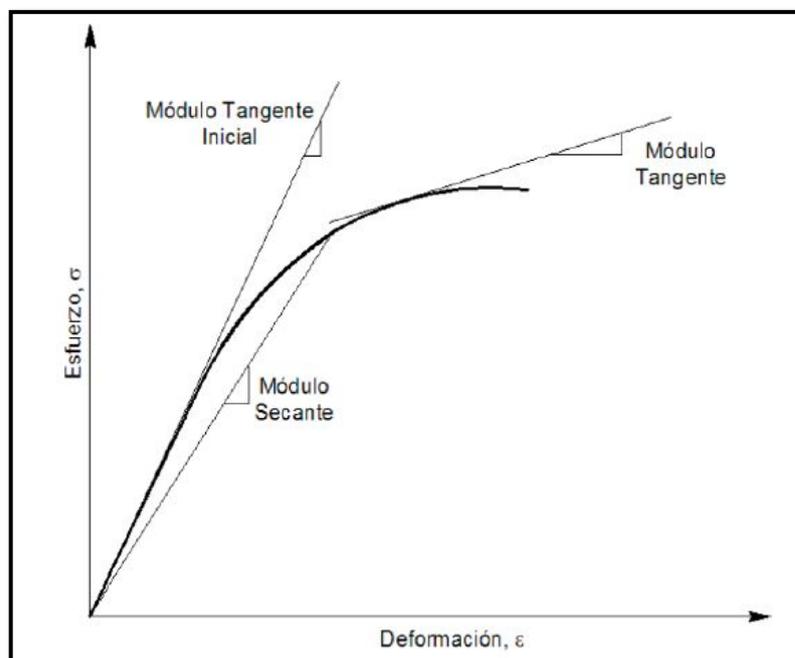


Figura Nº 6.5 Módulo Tangente y Secante del concreto.

(Fuente: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1786/1/T-UCE-0011-47.pdf>)

Al Módulo Estático de Elasticidad del Concreto se lo puede determinar mediante dos métodos:

- ✓ Determinación Experimental
- ✓ Determinación Teórica.

6.4.1 Determinación Experimental.

Esta investigación se basa en la determinación experimental del módulo de elasticidad del concreto, y se lo realiza según la norma ASTM C-469, "Método Estándar de ensayo para determinar el Módulo Estático de Elasticidad y Relación de Poisson del concreto en Compresión", según se explica en el siguiente gráfico:

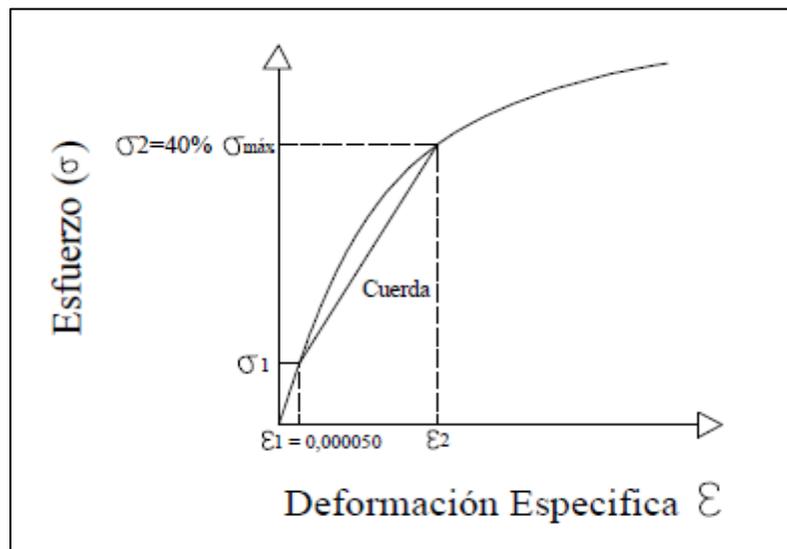


Figura Nº 6.6 Método de la Secante para el Cálculo del Módulo de Elasticidad del concreto.

(Fuente: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1786/1/T-UCE-0011-47.pdf>).

Para evaluar el valor experimental del Módulo Estático de Elasticidad del Concreto, de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C-469, se deben tomar dos puntos de referencia en la curva Esfuerzo vs Deformación Específica, de la siguiente manera:

- ✓ Primer punto correspondiente a una deformación específica de 0.000050 mm/mm (e_1, s_1).
- ✓ Segundo punto correspondiente al 40% del esfuerzo máximo de rotura de la muestra ensayada (e_2, s_2).

$$E_c = \frac{s_2 - s_1}{e_2 - e_1}$$



ENSAYOS A COMPRESION PARA DETERMINAR LA CURVA DE RESISTENCIA DEL MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD

NORMA: (ASTM C-469)

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín

FECHA: Tacna, 04/12/2015

Tabla Nº 6.6 Resultados del Ensayos a Compresión a los 28 días para determinar el módulo estático de elasticidad.

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN kg/cm2.	DIAMETRO (Ø)	AREA cm2	RESISTENCIA Kgr./cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm2.	% RESISTENCIA
1	PROBETA 1	06/11/2015	28	04/12/2015	52,560.00	15.19	181.22	290.03	280	103.58
2	PROBETA 2	06/11/2015	28	04/12/2015	58,100.00	15.12	179.55	323.58	280	115.56
3	PROBETA 3	06/11/2015	28	04/12/2015	54,880.00	15.18	180.98	303.24	280	108.30
PROMEDIO							180.59	296.74		109.15



ENSAYO A COMPRESIÓN PARA DETERMINAR EL MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO, NORMA: ASTM C-469.

N° cilindro: Probeta-02

Diámetro: 15 cm.

L: 30 cm.

40% Resistencia Máxima Promedio. 122.239 Kg./cm².

UBICACION: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 04/12/2015

Tabla Nº 6.7 Resultados de Esfuerzo vs Deformación a los 28 días.

	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)
PROBETA 02	0	0.00000
	2050	0.00600
	4000	0.02375
	6100	0.04375
	8060	0.06575
	10050	0.09050
	11920	0.10525
	14040	0.12075
	16000	0.13650
	18000	0.15200
	20000	0.16625



ENSAYO A COMPRESIÓN PARA DETERMINAR EL MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO, NORMA: ASTM C-469.

N° cilindro: Probeta-03

Diámetro: 15 cm.

L: 30 cm.

40% Resistencia Máxima promedio. 122.239 Kg./cm².

UBICACION: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 04/12/2015

Tabla Nº 6.8 Resultados de Esfuerzo vs Deformación a los 28 días.

PROBETA 03	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)
	0	0.00000
	2120	0.00575
	4190	0.02475
	6240	0.04300
	7980	0.06250
	10210	0.08200
	12070	0.10100
	14100	0.12150
	16020	0.14000
	18010	0.15725
	20000	0.17325



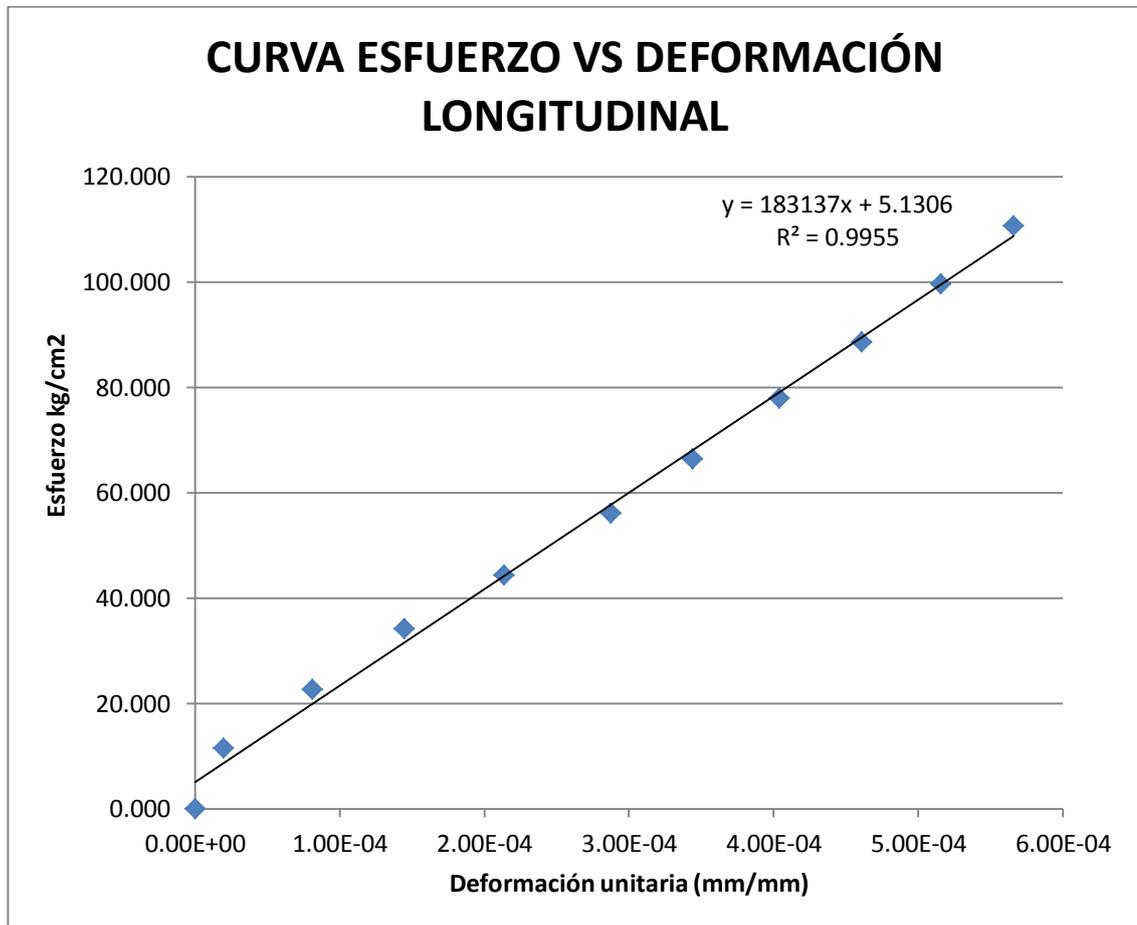
**PROMEDIO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN PARA DETERMINAR EL
MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO, NORMA: ASTM
C-469.**

ORIGEN: Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín **FECHA:** Tacna, 04/12/2015

Tabla Nº 6.9 Promedio del ensayo a compresión para determinar el módulo estático de elasticidad del concreto.

AREA PROMEDIO (cm ²)	CARGA PROMEDIO (Kg)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL PROMEDIO (mm)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL (mm/mm)
180.56	0	0.00000	0.000	0.00E+00
	2085	0.00588	11.547	1.96E-05
	4095	0.02425	22.679	8.08E-05
	6170	0.04338	34.171	1.45E-04
	8020	0.06413	44.417	2.14E-04
	10130	0.08625	56.103	2.88E-04
	11995	0.10313	66.432	3.44E-04
	14070	0.12113	77.924	4.04E-04
	16010	0.13825	88.669	4.61E-04
	18005	0.15463	99.718	5.15E-04
	20000	0.16975	110.767	5.66E-04

FIGURA N° 6.7 Curva de Esfuerzo vs Deformación Longitudinal.



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE ESPLASTICIDAD DEL CONCRETO.

Datos:

- ✓ El 40% de la resistencia promedio 296.74 (kg/cm²).

$$S_2 = 122.239.$$

- ✓ Hallamos deformación unitaria (e_2).

$$Y = 183137x + 5.1306$$

Reemplazamos.

$$122.239 = 183137(x) + 5.1306$$

$$X = 0.00064$$

$$e_2 = 0.00064.$$

✓ Hallamos esfuerzo (s_1).

$$Y = 183137x + 5.1306$$

$$Y = 183137 (0.00005) + 5.1306$$

$$Y = 14.28745$$

$$S_1 = 14.28745.$$

Reemplazando en la fórmula.

$$Ec = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.00005}$$

$$Ec = \frac{122.239 - 14.28745}{0.00064 - 0.00005}$$

$$Ec = 183137 \text{ kg/cm}^2$$

6.4.2 Determinación Teórica.

La norma del A.C.I. da la siguiente expresión para el cálculo del módulo estático de elasticidad del concreto (E_c).

$$E_c = 15000\sqrt{f_c} \dots \dots \dots A.C.I.$$

Esta expresión es válidas únicamente de forma general, ya que el valor del Módulo de Elasticidad está también afectado por factores diferentes a las cargas, tales como:

- ✓ Humedad en la muestra de concreto.
- ✓ La relación agua/cemento.
- ✓ Edad del concreto.
- ✓ Temperatura.

A continuación se indica un resumen de los cálculos realizados para determinar el Módulo Estático de Elasticidad del Concreto para cada muestra ensayada mediante este método.

6.4.2.1 PLANTEAMIENTO DE LA ECUACIÓN EXPERIMENTAL DEL MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

El planteamiento de la ecuación experimental del Módulo de Elasticidad se requiere de la aplicación de una ecuación general típica, la misma que será determinada con la resistencia característica. Obteniendo para nuestros materiales un factor específico, el mismo que está en función de las propiedades de nuestros agregados tanto fino, como grueso.

La ecuación que se muestran a continuación, se presenta en las unidades más comúnmente trabajadas y utilizadas por el ingeniero civil, las cuales son:

▪ ECUACIÓN GENERAL DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

$$E_c = Factor * \sqrt{f'c}$$

Dónde:

E_c = Módulo Estático de Elasticidad del Concreto (promedio).

$f'c$ = Resistencia especificada a la compresión del Concreto.

Con los resultados de los ensayos obtenidos en el laboratorio y sus respectivos análisis, al planteamiento de la siguiente ecuación. **En kg/cm²:** $Factor = \frac{E_c}{\sqrt{f'c}}$

$$Factor = \frac{E_c}{\sqrt{f'c}}$$

$$Factor = \frac{183137}{\sqrt{296.74}}$$

$$Factor = 10628.96 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Factor = 10700 * \sqrt{f'c} \quad (kg/cm^2)$$

Por tanto, la ecuación para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad del Concreto, cuando se utilice agregados Cantera Arunta – Distrito Gregorio Albarracín será:

$$E_c = 10700 * \sqrt{f'c} \quad (kg/cm^2)$$

6.5 CONCLUSIONES.

6.5.1 Conclusiones Generales.

- ✓ Se pudo determinar el módulo estático de elasticidad del concreto por el método experimental es $E_c = 183137 \text{ kg/cm}^2$, realizado en la Universidad Jorge Basadre de Grohmann. Y la ecuación para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad del concreto, obtenida para los materiales de la cantera Arunta distrito Gregorio Albarracín - Tacna y Cemento porland puzolanico IP:

$$\text{Factor} = 10700 * \sqrt{f'c} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

- ✓ Teniendo en cuenta que las ecuaciones propuestas por el ACI para la determinación del Módulo de Elasticidad del concreto son establecidas, no se puede utilizar directamente estas ecuaciones, ya que la resistencia a la compresión del concreto depende de las características propias del agregado de cada zona a ser estudiada.
- ✓ El examen por malla practicado en el agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " , cumple con los requerimientos de la norma ASTM C 33, en consecuencia resulta apropiado el uso de estos para los fines de la presente tesis.
- ✓ En el ensayo de granulometría el agregado fino cumple con el requisito de gradación conforme a lo establecido en la NTP ASTM C- 136, con un módulo de finura 2.65, y su granulometría se encuentra dentro de los límites especificados en la curva granulométrica.
- ✓ La cantidad de materia orgánica en el agregado fino es nula, y de acuerdo a la Norma ASTM C - 40 se obtuvo un color blanco claro a transparente que nos indica que la arena es de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limo o arcillas.
- ✓ Como Generalmente en el control de calidad del concreto en las obras civiles se prioriza el valor de la resistencia a la compresión ($f'c$), sin tomar en cuenta que el valor del módulo de elasticidad real del concreto es igual de importante para asegurar que los diseños estén acorde con lo construido.

6.6 RECOMENDACIONES.

6.6.1 Recomendaciones Generales.

- ✓ Se sugiere que la cantera cuenten con suficiente documentación actualizada sobre ensayos físicos y mecánicos, de los agregados que comercializan para su fácil entendimiento y comprensión de los mismos, para que los compradores tengan una idea clara del tipo de material que van a utilizar para la elaboración de concreto y para el diseño estructural.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda utilizar la ecuación planteada para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad del concreto, cuando se utilicen agregados de la cantera Arunta del distrito de Gregorio Albarracín, para cualquier cálculo de Ingeniería Civil.
- ✓ Se recomienda que en el ensayo de carga – deformación, para la determinación del Módulo de Elasticidad del concreto, se tenga previamente valores de carga máxima que puedan estar soportando las probetas, ya que con esto podremos determinar el número de lecturas de carga y deformación, así como la velocidad de aplicación de la carga en el equipo de prensa de concretos.
- ✓ Para los Ingenieros Diseñadores recomendamos tomar en consideración la importancia que tiene el valor del Módulo Estático de Elasticidad del concreto con los cuales realizan sus diseños estructurales, ya que estos valores varían de acuerdo a las características de los agregados, y de la calidad y tipo de cemento que se utilice.

ANEXOS:

RESUMEN FOTOGRÁFICO:

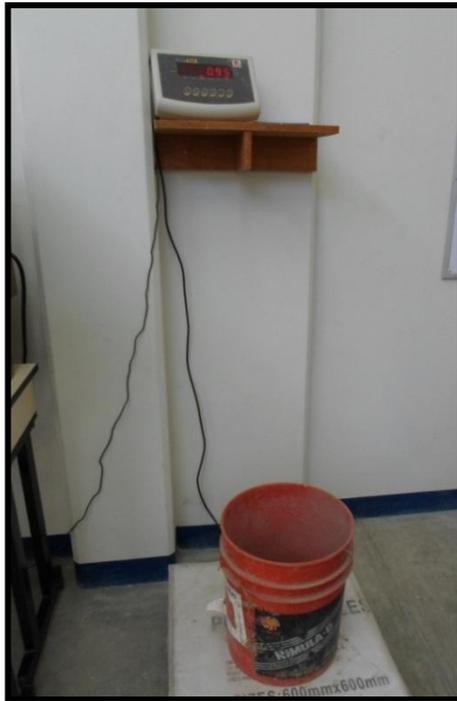
Cantera Arunta – distrito Gregorio Albarracín – Tacna.



**CANTERA ARUNTA DE LA CIUDAD
DE TACNA.**



**TRANSPORTE DE LOS AGREGADOS AL
LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TACNA.**



Pesando los agregados para realizar la mezcla definitiva.



Los agregados listos para la mezcla definitiva.



Humedeciendo los cilindros con petróleo.



Acomodando el Trompito eléctrico para realizar la mezcla.



Colocación de los materiales en el trompito eléctrico para la elaboración de la mezcla definitiva.



Mezcla definitiva para elaborar las probetas.



Humedeciendo cono de Abrams para poder realizar el ensayo.



Determinación del asentamiento medido con el cono de Abrams para la mezcla definitiva.



Realizando el ensayo
vertiendo la mezcla a los
cilindros.



Realizando el envarillado de
la mezcla y golpeando con el
martillo.



Fraguado del concreto, 24 horas para
luego ser desmoldadas.



Pozo para el curado de las probetas.



Sacando las probetas del pozo de curado para luego ser ensayadas.



Secando las probetas de concreto para luego ser ensayados.

ENSAYO A COMPRESIÓN:

(REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.)



Las probetas de concreto colocadas en la máquina para realizar el ensayo a compresión para verificar su resistencia máxima.



Ensayo a Compresión de las probetas de concreto hasta la Rotura.



Fractura del probetas después de aplicada la carga de Compresión a un 100%.

ENSAYO DEL MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTIDAD DEL CONCRETO.

(REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD JORGE BASADRE DE GROHMANN)



Probetas de ensayos, edad de curado 28 días.
Midiendo con el vernier.



Realizando el ensayo a compresión para poder hallar su resistencia, para determinar el 40% de su resistencia máxima y así poder realizar el ensayo de módulo de elasticidad del concreto a la primera probeta.



Colocación del compresómetro en la probeta para realizar el ensayo de módulo estático de elasticidad del concreto.



Equipo del compresómetro calibrado listo para ser colocado en la máquina de ensayo.



Ensayo de Compresión para la determinación del Módulo Estático de Elasticidad del Concreto en el equipo prensa de concreto.



Aplicando cargas en el ensayo para determinar el Módulo Estático de Elasticidad del Concreto en el equipo prensa de concreto.



Ensayando las probetas de concreto a cargas del 40% de su resistencia.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

1. A.C.I., American Concrete Institute. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural A.C.I. Impreso en U.S.A. Preparado por el Comité A.C.I.. Año 2008.
2. Flavio Abanto Castillo. (2009). Tecnología del concreto. Lima - Perú: San Marcos.
3. JUAN ORTEGA GARCIA. (2010). CONCRETO ARMADO I. PERU.
4. Enrique, Riva López. Diseño de Mezclas. Lima – Perú. 1996.
5. JIMENEZ, GARCIA, MORAN. (2001). HORMIGÓN ARMADO. MEXICO: GUSTAVO GILI, SA.
6. HARMSSEN, Teodoro E. Diseño de estructuras de concreto armado. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002.
7. CORDOVA, MANZANO, VILLALBA. Módulo estático de elasticidad del hormigón. Quito: Tesis, Universidad Central del Ecuador, 2010.
8. GARZÓN, Marco. Investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2010.
9. Temas de Hormigón Armado, Marcelo Romo Proaño. Mrs. Escuela Politécnica del Ejército.
10. <http://www.construaprende.com/docs/lab/335-practica-densidad-absorcion-agregados>
11. <http://www.ingenierocivilinfo./2011/06/módulo-de-elasticidad-del-concreto.html>.
12. <http://es.scribd.com/doc/285250484/T-UCE-0011-31#scribd>.
13. <http://www.ingenierocivilinfo./2011/06/módulo-de-elasticidad-del-concreto.html>.
14. <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>)
15. <https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>)
16. http://www.ciment-catala.org/epub/easnet.dll/ExecReq/Page?eas:dat_im=001BA7&eas:template_im=001C29
17. Arequipa, E. (2012). Módulo de Elasticidad del Hormigón, Tesis UCE, Quito.
18. Ing. Garzón, M. (2010). Manual “Investigación sobre el Módulo de Elasticidad del Hormigón”. Quito.
19. Córdova, C. (2010). Módulo de Elasticidad del Hormigón. Tesis UCE, Quito.
20. <http://es.scribd.com/doc/42540958/Tecnologia-Del-Concreto-de-Alto-desempeño>.
21. <http://html.rincondelvago.com/el-hormigon.html>.
22. http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf.



23. <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon01.pdf>.
24. <http://www.slideshare.net/dens15tas/estudio-tecnologico-de-los-agregados-fino-y-grueso>.
25. <http://es.scribd.com/doc/126723318/Canteras-de-La-Ciudad-de-Tacna#scribd>
26. <http://es.scribd.com/doc/77307480/Cemento-Portland-Puzolanico-Tipo-IP#scribd>
27. <http://www.marvisac.com/supervisionyura.htm>
28. <http://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-cementos-334090>.
29. (Google Eart)
30. <http://www.construaprende.com/docs/lab/335-practica-densidad-absorcion-agregados>
31. <http://es.scribd.com/doc/49092071/capacidad-de-absorcion>
32. <http://es.scribd.com/doc/59877896/Norma-Tecnica-Peruana-Ntp-400#scribd>.
33. <http://www.slideshare.net/dens15tas/estudio-tecnologico-de-los-agregados-fino-y-grueso>
34. <http://es.slideshare.net/EduardoCalderonAlayo/lab04pesounitariodeagregadofino-y-gruesoupaolab05-contenido-de-humedad>
35. <http://es.slideshare.net/yohnnny/57709566-pesounitariodelagregadogruesyfino>
36. <http://html.rincondelvago.com/granulometria-del-cemento.html>
37. <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/DETERMINACION%20DEL%20PESO%20ESPECIFICO%20DEL%20CEMENTO.pdf>
38. <http://html.rincondelvago.com/consistencia-del-cemento.html>
39. <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/CONSISTENCIA%20NORMAL%20DEL%20CEMENTO%20PORTLAND.pdf>
40. http://www.ingenieriacivil21.com/2011/02/disenio-de-mezclas-de-concreto-metodo_23.html
41. <http://es.slideshare.net/ClementeSantillana/dosificacion-de-hormigones>
42. http://arqintranet.usach.cl/arquitectura_y_recursos/taller4_2007/tecnologia/hormigon2.swf
43. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003
44. (Flavio Abanto Castillo. (2009). Tecnología del concreto. Lima - Perú: San Marcos)



-
45. <http://es.scribd.com/doc/285250484/T-UCE-0011-31#scribd>
 46. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1786/1/T-UCE-0011-47.pdf>.
 47. Certificado de ensayo del módulo de elasticidad del concreto en base a su resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, realizado con agregados de la cantera Arunta Tacna.
 48. Certificado de calibración de equipo de Prensa de Concreto de la Universidad Nacional Jorge Basadre de Grohmann.



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

ASTM C 469

TESIS "MÓDULO ESTÁTICO DEL CONCRETO EN BASE A SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$, REALIZADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA TACNA"

SOLICITANTES:

-MARLENY NOEMI LLANOS MAMANI
 - ELIANA SADID RIVERA SALINAS

f_c : 280 Kg/cm²
 FECHA : 06/11/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

Nº	RESISTENCIA DE DISEÑO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f_c	TIPO DE FALLA
PROBETA 01	280	04/12/2015	28	15.19	181.22	52560.00	290.03	296.74	106%	CONICA
PROBETA 02	280		28	15.12	179.61	58100.00	323.47			CONICA
PROBETA 03	280		28	15.18	180.86	54880.00	303.44			CONICA

3) ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO

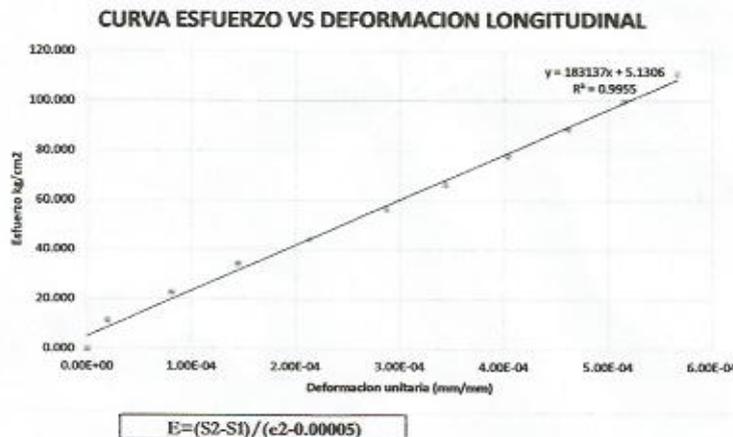
CARGA (Kg)	PROBETA 02		CARGA (Kg)	PROBETA 03	
	DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)		DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)
0	0.00000	0.00000	0	0.00000	0.00000
2050	0.00600	0.00075	2120	0.00575	0.00075
4000	0.02375	0.00200	4190	0.02475	0.00325
6100	0.04375	0.00625	6240	0.04300	0.00750
8060	0.06575	0.01003	7980	0.06250	0.01175
10050	0.09050	0.01450	10210	0.08200	0.01250
11920	0.10525	0.01675	12070	0.10100	0.01650
14040	0.12075	0.01903	14100	0.12150	0.01900
16000	0.13650	0.01950	16020	0.14000	0.01925
18000	0.15200	0.02003	18010	0.15725	0.02050
20000	0.16625	0.02053	20000	0.17325	0.02175

AREA PROMEDIO (cm ²)	CARGA PROMEDIO (Kg)	DEFORMACION LONGITUDINAL PROMEDIO (mm)	DEFORMACION TRANSVERSAL PROMEDIO (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA LONGITUDINAL (mm/mm)	DEFORMACION UNITARIA TRANSVERSAL (mm/mm)
180.56	0	0.00000	0.00000	0.000	0.00E+00	0.00E+00
	2085	0.00588	0.00075	11.547	1.96E-05	4.95E-06
	4095	0.02425	0.00263	22.679	8.08E-05	1.73E-05
	6170	0.04338	0.00688	34.171	1.45E-04	4.53E-05
	8020	0.06413	0.01089	44.416	2.14E-04	7.18E-05
	10130	0.08625	0.01350	56.102	2.88E-04	8.90E-05
	11995	0.10313	0.01663	66.430	3.44E-04	1.10E-04
	14070	0.12113	0.01901	77.922	4.04E-04	1.25E-04
	16010	0.13825	0.01938	88.666	4.61E-04	1.28E-04
	18005	0.15463	0.02026	99.715	5.15E-04	1.34E-04
	20000	0.16975	0.02114	110.764	5.66E-04	1.39E-04



Esteban B. Machaca Mamani
 Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
 CIP 140390

4) CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD



donde:

E= Módulo de elasticidad en kg/cm²

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Reemplazando:

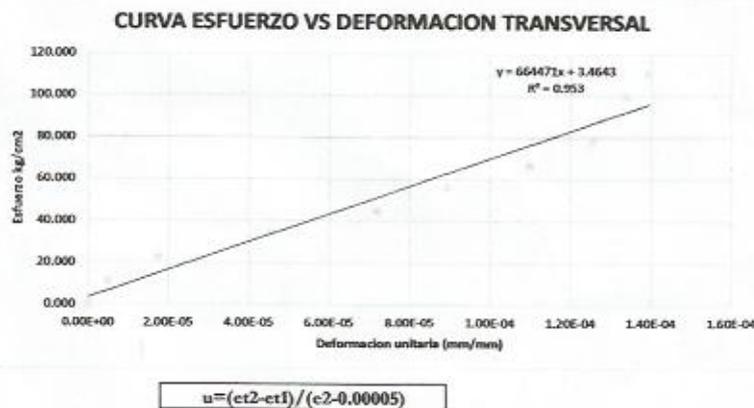
S2= 122.239 kg/cm²

S1= 14.28745 kg/cm²

e2= 0.00064

$E = 183137 \text{ kg/cm}^2$

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE POISSON



donde:

u= Relación de Poisson

e2= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2

e1= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1

Reemplazando:

e2= 0.00018

e1= 0.00002

e2= 0.00064

$u = 0.28$



Esteban B. Machaca Mamaní

Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamaní
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
CIP 140390

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 189 - 2015

Página 1 de 3

1. Expediente	15697
2. Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
3. Dirección	Av. Miraflores Nro. S/N Cercado (Ciudad Universitaria) - Tacna - TACNA
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	220000 lbf
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	ADR 2000
Número de Serie	NO INDICA
Clase	NO INDICA
Procedencia	U.S.A.
Identificación	U-67508300-0004
Indicador	DIGITAL
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	ADR
Número de Serie	1886B0033060121
División de Escala / Resolución	10 / 100 lbf (*)
5. Fecha de Calibración	2015-09-04

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2015-09-09

Jefe del Laboratorio de Metrología

Ing. WILLIAMS PÉREZ COELLO

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 189 - 2015*Área de Metrología*
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS
Av. Miraflores Nro. S/N Cercado (Ciudad Universitaria) - Tacna - TACNA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	19,5 °C
Humedad Relativa	55 % HR	55 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celda de Carga HBM con LLF = 0,37 kN	Celda de carga de 3 000 kN con incertidumbre del orden de 0,3 %	LEDI-PUCP INF-LE 301-14

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 10 lbf para lecturas menores a 100000 lbf y 100 lbf para lecturas fuera de este rango.

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 189 - 2015

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (lbf)	F_1 (lbf)	F_2 (lbf)	F_3 (lbf)	$F_{Promedio}$ (lbf)
10	22000	22113,7	22069,4	22091,5	22091,5
20	44000	44195,6	44151,2	44151,2	44166,0
30	66000	66315,8	66293,7	66315,8	66308,4
40	88000	88185,8	88163,6	88141,4	88163,6
50	111000	110316,1	110338,3	110405,0	110353,1
60	132000	132217,9	132173,4	132151,1	132180,8
70	154000	154180,0	154135,5	154157,7	154157,7
80	176000	175734,8	175757,0	175801,6	175764,5
90	198000	197572,3	197616,9	197594,6	197594,6
100	220000	219157,9	219224,8	219269,4	219217,4
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (lbf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
22000	-0,41	0,20	—	0,05	0,63
44000	-0,38	0,10	—	0,02	0,62
66000	-0,47	0,03	—	0,02	0,61
88000	-0,19	0,05	—	0,01	0,62
111000	0,59	0,08	—	0,09	0,62
132000	-0,14	0,05	—	0,08	0,62
154000	-0,10	0,03	—	0,06	0,62
176000	0,13	0,04	—	0,06	0,62
198000	0,21	0,02	—	0,05	0,62
220000	0,36	0,05	—	0,05	0,62

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)

0,00 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.