UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

"RESISTENCIAS Y COSTOS UNITARIOS DE CONCRETOS FABRICADOS CON CEMENTOS UTILIZADOS EN HUARAZ CON AGREGADOS DE LA CANTERA TACLLÁN Y TOPEX- CONCRETO LISTO, HUARAZ-2013"

INVESTIGADOR RESPONSABLE:
ING. VÍCTOR RAÚL VILLEGAS ZAMORA

INVESTIGADOR CORESPONSABLE:
ARQ. MIGUEL RONALD CORRALES PICARDO

Huaraz – Perú
2013

Nº. Registro:

INDICE

	Página
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUCCIÓN	1 - 4
2. HIPÓTESIS	4 - 5
3. BASES TEÓRICAS	5 - 14
4. MATERIALES Y MÉTODOS	14 - 18
5. RESULTADOS	18 - 43
6. DISCUSIÓN	43 - 45
7. CONCLUSIONES	46 - 48
8. RECOMENDACIONES	49
9. BLIOGRAFÍA	50
10. ANEXOS	51 - 88

RESUMEN

En la ciudad de Huaraz en la construcción de diversas obras, se utiliza concreto, fabricado con agregados de la cantera Tacllán y cementos: sol, quisqueya, inka, empleándose en las mezclas, los materiales en las mismas proporciones en peso y relaciones agua/cemento (a/c), resultantes del diseño de mezclas para obtener una determinada resistencia y topex-concreto listo al cual sólo se le agrega la cantidad de agua especificada por el fabricante para la resistencia requerida.

El diseño de mezcla de concreto se realiza con el cemento sol, por ser el que predomina el mercado y las características físicas de los agregados, para resistencias de 210 y 280 kg/cm2, empleando el método del Instituto Americano del Concreto, se elaboraron briquetas, se ensayaron en la máquina de carga uniaxial para obtener las resistencias y realizado el análisis de costos unitarios.

La presente investigación permite conocer con cuál de los cementos utilizados para fabricar concreto y el topex-concreto listo, se alcanza mayor resistencia y sus costos unitarios de fabricación.

Se reporta que, para concretos cuyas resistencias de diseño son de 210 kg/cm2 y 280 kg/cm2, empleando cemento quisqueya se logra mayores resistencias que son de: 414.78 kg/cm2 y 424.17 kg/cm2 y menores costos unitarios que son de S/. 248.78 y S/. 275.45, los cuales representan variaciones de 4.21 % y 4.47 % menores, respecto a los costos unitarios del concreto fabricado con cemento sol; respectivamente.

Palabras clave: concreto, agregado, cemento, diseño, ensayo, resistencia, compresión, briqueta, uniaxial, costo, unitario

ABSTRACT

In the city of Huaraz in the construction of various works, using concrete made with aggregates quarry Tacllán and cement: sun, quisqueya, inka, being used in the mixtures, the materials in the same proportions by weight and water / cement ratios (a / c), resulting from the mix design to obtain a given strength and topex concrete ready-to which you add only the amount of water specified by the manufacturer for the required strength.

The concrete mix design is done with sun cement, as the prevailing market and the physical characteristics of the aggregates, for resistors 210 and 280 kg/cm2, using the method of the American Concrete Institute, were prepared were briquettes tested in uniaxial loading machine to obtain the resistance and made the analysis of unit costs.

The present research provides insight into which of the cement used to make concrete and topex-concrete ready, strength and unit costs of production is reached.

Reportedly, for which concrete design strengths are 210 kg/cm2 and 280 kg/cm2, using cement quisqueya higher resistances are achieved: 414.78 and 424.17 kg/cm2 kg/cm2 and lower unit costs that are S /. 248.78 and S /. 275.45, representing 4.21% of variations and 4.47% lower, compared to the unit costs of concrete made with cement sun; respectively.

Keywords: concrete, aggregate, cement, design, testing, strength, compressibility, briquette, uniaxial, cost, unit

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huaraz en la construcción de edificaciones y diversas obras, se emplea concreto fabricado con agregados de la cantera Tacllán, agregado fino (arena gruesa); agregado grueso (canto rodado) y cementos: sol, quisqueya, inka y topex-concreto listo, empleándose en las mezclas de concreto, los materiales en las mismas proporciones en peso y relaciones agua/cemento (a/c) resultantes del diseño de mezclas por el método del Instituto Americano del Concreto (ACI) que es el ideal en la actualidad para obtener una determinada resistencia a la compresión, a excepción del topex-concreto preparado que ya viene preparado según la resistencia indicada por fabricante, teniendo sólo que agregarse la cantidad de agua especificada.

El diseño de mezcla de concreto se realiza con el cemento de mayor acogida existente en el mercado, pero en la ejecución de obras se emplea cualquiera de los cementos existentes en Huaraz, sin tener en cuenta con cuál de ellos se obtiene un concreto de mayor resistencia a la compresión.

Actualmente los profesionales y técnicos dedicados a la industria de la construcción o ejecución de obras donde se emplea concreto no disponen de la información, con cuál de los cementos que se fabrican concretos se alcanza mayor resistencia a la a compresión al emplearse en las mezclas las mismas dosificaciones de materiales en peso para una determinada resistencia.

La presente investigación se justifica realizarla, porque permitirá conocer con cuál de los cementos utilizados para fabricar concreto y el topex-concreto listo, se alcanza mayor resistencia a la compresión, en la ciudad de Huaraz.

La presente investigación tiene relevancia en la ciudad de Huaraz, puesto que involucra a todos los agentes dedicados a la industria de la construcción tanto de edificaciones como obras de diferente naturaleza donde se emplea el concreto. Los resultados obtenidos contribuyen a mejorar los aspectos técnicos y económicos en la ejecución de obras en la ciudad de Huaraz, repercutiendo positivamente en el desarrollo de la región y del país.

Problema

Planteamiento o definición del problema

El empleo de cementos para la fabricación del concreto en la ciudad de Huaraz, se realiza sin tener en cuenta el cemento usado en los diseños; utilizándose en obras donde se emplea dicho material, cementos: sol, quisqueya, inka; con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, empleándose las mismas proporciones en peso: cemento, agregado fino (arena gruesa), agregado grueso (canto rodado) y relaciones agua/cemento (a/c) resultantes de un diseño de mezcla por el método del Instituto Americano del Concreto (ACI) que es el ideal en la actualidad para obtener una determinada resistencia a la compresión, a excepción del topex-concreto listo que ya viene preparado según la resistencia deseada teniendo sólo que agregarse la cantidad de agua especificada por el fabricante.

Formulación del problema de investigación

¿Con cuál de los cementos: sol, quisqueya, inka y agregados de la cantera Tacllán, empleados en la fabricación de concreto en las mismas dosificaciones en peso y el topex-concreto listo, se alcanzará mayor resistencia a la compresión y a qué costos unitarios se los fabricará?

Objetivos

Objetivo General

Determinar con que marca de cemento: sol, quisqueya, inka y agregados de la cantera Tacllán, empleados en la fabricación de concreto y el topex-concreto listo, se alcanza mayor resistencia a la compresión y los costos unitarios de fabricación.

Objetivos Específicos

1. Determinar la resistencia a la compresión uniaxial simple, de los concretos fabricados con dosificaciones de materiales en peso iguales, obtenidas del diseño de mezclas, empleando cementos: sol, quisqueya, inka y topex-concreto listo
2. Cuantificar los costos unitarios de fabricación de los concretos con los cementos: sol, quisqueya, inka y topex-concreto listo
3. Contrastar resultados y establecer con qué tipo de cemento se obtienen concretos de mayor resistencia y a qué costo.

Justificación de la investigación

Actualmente los profesionales y técnicos dedicados a la industria de la construcción u otro tipo de obras donde se emplea concreto no disponen de información, con cuál de los cementos que se fabrican concretos, se alcanza mayor resistencia a la a compresión al emplearse en las mezclas las mismas dosificaciones en peso para una resistencia determinada.

La presente investigación se justifica realizarla, porque permitirá conocer con cuál de los cementos utilizados para fabricar concreto y el topex-concreto listo, se

alcanza mayor resistencia a la compresión que es la característica técnica fundamental y sus costos unitarios de fabricación, en Huaraz.

El estudio se desarrolla, empleando agregados de la cantera del río Santa- sector Tacllán, y haciendo uso de laboratorios se determinan las características de los agregados necesarias para realizar los diseños de mezclas, se elaborar briquetas de concreto para luego ensayarlas en la máquina de compresión para determinar las resistencias a la compresión, así mismo se determinan los costos unitarios de materiales.

2. HIPÓTESIS

Los concretos fabricados empleando cemento sol y agregados de la cantera Tacllán, alcanzan mayores resistencias a la compresión y menores costos unitarios de fabricación, que los concretos fabricados con cementos: quisqueya, inka y topex-concreto listo, en Huaraz.

Variables

Variables Independientes

- **Marcas de cementos:**
  - Sol
  - Quisqueya
  - Inka
  - Topex-Concreto listo

Variables Dependientes

- Resistencia a la compresión del concreto fabricado con cemento sol

- Resistencia a la compresión del concreto fabricado con cemento quisqueya
- Resistencia a la compresión de concreto fabricado con cemento inka
- Resistencia a la compresión del topex-concreto listo
- Costo unitario del concreto fabricado con cemento sol
- Costo unitario del concreto fabricado con cemento quisqueya
- Costo unitario del concreto fabricado con cemento inka
- Costo unitario del concreto topex-concreto listo

Variables Intervinientes

- Diseño de mezclas
- Dosificaciones en peso

3. BASES TEÓRICAS

Cementos y tipos de cementos

La Norma ASTM C 150 establece los requisitos que deben cumplir la totalidad de los cementos Pórtland en el Perú.

La Norma ASTM C 595 establece los requisitos que deben cumplir los cementos combinados

Cemento Pórtland Normal (CPN)

Es el producto obtenido de la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual del yeso.

Cemento Portland Normal. Tipo I.- Se emplea en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto propiedades especiales, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.039.

Cemento Portland Normal. Tipo II.- Se recomienda su empleo para construcciones de concreto expuestos a moderado ataque por sulfatos, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.038.

Cemento Portland Normal. Tipo III: De desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Especiales para uso en los casos en que se necesita adelantar puesta en servicios de las estructuras, o para uso en climas fríos.

Cemento Portland Normal. Tipo IV: De bajo calor de hidratación, recomendables para concretos masivos.

Cemento Portland Normal. Tipo V: Recomendables para ambientes muy agresivos por su alta resistencia a los sulfatos, alta resistencia a la compresión o baja generación de calor, deberá cumplir los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.044.

Cementos Hidráulicos Combinados.- Son el producto obtenido de la pulverización conjunta del clínker de cemento portland y un material reactivo que posee propiedades puzolánicas, con la adición eventual del yeso, deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 595.

Cemento Puzolánico. Tipo IP.- Es un cemento Pórtland con un porcentaje adicionado de puzolana entre el 15 y 45 5, deberá cumplir los requisitos de las Normas ASTM 595 ó NTP 334.044.

Cemento Puzolánico. Tipo IPM.- Es un cemento Pórtland con un porcentaje adicionado de puzolana menor del 15 %, deberá cumplir las Normas ASTM C 595 ó NTP 334.044.

Cemento Sol:

Es un cemento Portland Normal Tipo I, se emplea en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto propiedades especiales, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.039.

Cemento Quisqueya:

Cumple con los requisitos de calidad de:

- Las Normas Técnicas Peruanas (NTP) 334-090 y
- Norma Técnica Americana ASTM C-595

Uso: General

Propiedades: Contiene hasta 20 % de puzolana natural, la cual aumenta la durabilidad del concretotabilidad y uniformidad en sus características

Usos y aplicaciones:

1. Elaboración de concretos para estructuras conde no se requieren desarrollo de altas resistencias a temprana edad
2. Tiene buen comportamiento en construcciones de concreto con exposición moderada a ambientes y terrenos húmedos y salitrosos
3. Uso en tarrajeo en paredes con acabados finos y normales
4. Preparación de morteros para mampostería y relleno, pegado de mayólica, cerámicos, ladrillos, blocks
5. Elaboración de morteros para pisos

Cemento Inka:

Es un cemento Portland Normal Tipo I, se emplea en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto propiedades especiales, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.039.

<u>Topex concreto-listo</u>:

Fabricado por FIRTH INDUSTRIES PERÚ S.A.

Al servicio de la construcción: Concreto premezclado para: viguetas pretensadas y productos embolsados.

Coop. Las Vertientes Mz. F Lote 3A Villa El Salvador-Alt. Km 18.5 Panamericana Sur

Definición.- TOPEX-Concreto listo es una mezcla seca de arena gruesa, piedra y cemento de alta calidad, listo para agregarle la cantidad recomendada de agua

Usos: TOPEX-Concreto listo es ideal para elementos de concreto tales como: pisos, columnas, techos, veredas y otros

Recomendaciones del manejo y almacenaje de topex-concreto listo:

1. Mantener seco: Almacenar en un lugar seco y techado. No dejarlo en contacto con la humedad del suelo.
2. No dejar bolsas abiertas con material de un día para otro.
3. Mezclar uniformemente antes de ser utilizado.
4. Utilizar el rango de agua por bolsa de acuerdo a las especificaciones técnicas dadas por FIRTH INDUSTRIES PERÚ S.A.

Definición de términos

Clínker Portland

El Clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal (calizas), una fuente de sílice y alúmina (arcillas) y una fuente de óxido de hierro (mineral de hierro)

Una mezcla dosificada de los materiales crudos, finamente molidos y luego calentada a una Tº alrededor de los 1500 ºc a fin de que se produzcan las

reacciones entre los componentes del cemento se obtiene el clínker de cemento pórtland**;** después es enfriado y molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) se forma el cemento Pórtland.

Cementos

Son materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

Es el componente más activo del concreto y tiene el mayor costo unitario, su selección y uso adecuado del cemento es fundamental para obtener en forma económica las propiedades para una mezcla deseada.

La elaboración de las especificaciones técnicas, la cantidad y tipo de cemento es importante para alcanzar los requisitos que se desea del concreto.

Materias Primas

El componente más importante del cemento es la cal, siguiéndola a gran distancia la sílice, a ésta la alúmina y finalmente el óxido de hierro.

Por lo tanto el grupo de los componentes principales incluye:

- Cal (óxido cálcico)……. CaO……..60-67 %
- Sílice (anhidro silícico)… . SiO2…….17-25 %
- Alúmina (óxido alúmino)…Al2O3……...03-08 %
- Óxido férrico……Fe2O3……..0.5-06 %.

De acuerdo a lo recomendado por la Norma ASTM C 150, los 5 tipos de cementos Pórtland normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación está normada por requisitos específicos son:

Puzolanas

Son materiales inertes, silíceos y/o aluminosos que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas, y al reaccionar químicamente con los hidróxidos de calcio y agua adquieren propiedades aglomerantes.

Se obtienen de arcillas calcinadas, tufos y cenizas volcánicas, y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

Cuando se remplaza parte del cemento por dichos materiales, se cambia algunas propiedades como:

a.- Aumentar tiempos de duración de los estados mencionados anteriormente.

b.- Retrazar o disminuir el desarrollo de la resistencia en el tiempo.

c.- Incremental la permeabilidad.

d.- Mayor capacidad de retener agua.

e.- Mayor cohesividad.

f.- Incremento de los requerimientos de agua para formar la pasta.

g.- Menor calor de hidratación.

Se debe tener en cuenta que, la variación de estas propiedades no siempre será conveniente dependiendo del caso particular, por lo que no se puede tomar los cementos puzolánicos o la inclusión de puzolana como una panacea, ya que son muy sensibles a:

- Las variaciones de temperatura
- Procesos constructivos.
- Condiciones de curado.

Agregados

Se denominan inertes del concreto puesto que no intervienen el las reacciones químicas entre cemento y agua, se dividen de acuerdo a sus dimensiones en finos y gruesos. Tienen gran influencia en las mezclas en que intervienen, pues de sus características físicas y mecánicas dependen los resultados que se buscan en cuento a: resistencia, conductividad y durabilidad.

En el concreto estos elementos inertes son aglomerados por la pasta de cemento parta formar una estructura resistente.

Los agregados en las mezclas de concreto ocupan aproximadamente el 75% de la masa, su rol es evidentemente de importancia.

Los agregados están constituidos por minerales de arenisca, basalto, granito, cuarzo ó por combinaciones de ellos y sus características físicas tienen influencia en las propiedades del concreto.

La distribución granulométrica de las partículas tiene gran importancia en el concreto para tener:

a) Estructura densa y eficiente.

b) Trabajabilidad adecuada.

Científicamente está demostrado que debe haber un ensamblaje casi total entre partículas: Las pequeñas ocupen espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento

Características Físicas:

a) Condiciones de Saturación.- La saturación de una partícula de agregado; parte de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial y los estados son:

b) Peso Específico.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas.

c) Peso Unitario.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, al incluir los vacíos entre partículas, está influenciada por la manera como se acomodan éstas, lo que convierte en un parámetro relativo.

d) Contenido de Humedad.- Cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas del agregado.

e) Absorción.- Capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados ya que siempre queda aire atrapado.

f) Granulometría.- En vista de la forma irregular geométrica de las partículas de agregados, no es fácil:

- Establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.
- Medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas.

Se usa por lo tanto una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total a esto se denomina

Análisis Granulométrico.- Representación Numérica de la Distribución Volumétrica de las Partículas por Tamaños

Es significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto fresco,

así como en algunas del concreto endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de Diseño de Mezclas.

g) Módulo de Fineza (MF).- Se define como la sumatoria de los %s. retenidos acumulativos de la serie de tamices Standard hasta el tamiz Nº 100 y ésta cantidad dividida entre 100.

El sustento matemático del MF reside en que: Es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse en cuenta que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pus en general sirva para caracterizar c/ agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

La base experimental que apoya al MF es que: Granulometrías con igual MF independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de H_2O para producir mezclas de concreto de similar: Plasticidad y Resistencia, siendo un parámetro ideal para el Diseño y Control de Mezclas.

Sustancias Perjudiciales en los Agregados: Las sustancias perjudiciales que pueden estar presentes en los agregados incluyen las impurezas orgánicas, limo, arcillas, carbón de piedra, lignito, y unas partículas blandas y ligeras.

Agua para mezcla de concreto

El agua es indispensable para la hidratación del cemento y del desarrollo de sus propiedades por lo que debe cumplir ciertos requisitos para su función en la combinación química, no debe contener sustancias que puedan dañar el concreto.

El agua que se emplea en curado produce hidratación adicional del cemento.

Regla Empírica: Es establecer si el agua es apta para consumo humano es apta para el concreto.

Las aguas con impurezas empleadas en las mezclas ocasionan:

- Retardo en el endurecimiento.
- Manchas en el cº endurecido.
- Eflorescencias.
- Corrosión del acero.
- Cambios volumétricos.
- Reducción de resistencia.

El ACI y el ASTM.- No establecen requisitos para el agua.

El ITINTEC: Establece los límites permisibles para el agua de mezcla y curado, según la Norma ITINTEC Nº 339, 088; se observa en el Anexo I: Tabla 1.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Cemento Pórtland Normal (CPN)

Es el producto obtenido de la pulverización del Clinker Portland con la adición de yeso.

Cemento Portland Normal. Tipo I.- Se emplea en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto propiedades especiales, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.039. Los cementos empleados en la investigación para la fabricación del concreto son de este tipo y se detallan a continuación a excepción del topex-concreto listo que viene preparado:

- Cemento Sol
- Cemento Quisqueya

- Cemento Inka

Agregados

Agregado fino (arena gruesa); agregado grueso (canto rodado), provenientes de la cantera Tacllán.

Agua para mezcla y curado del concreto

El agua empleada para la fabricación de concretos y los curados respectivos, es agua potable de la ciudad de Huaraz..

Concreto

Producto resultante de la mezcla en forma independiente de cemento (sol, quisqueya e inka) con agregados (fino y grueso) y agua potable, y para el caso de topex sólo que viene preparado (mezclado de cemento con agregados), sólo se adiciona agua de acuerdo a la especificación del fabricante.

Métodos

Tipo de estudio

De acuerdo a la orientación

La investigación es aplicada, experimental.- porque se utilizan conocimientos existentes y ensayes de laboratorio para la solución del problema

De acuerdo a la técnica de contrastación

La investigación es cuantitativa, descriptiva, correlacional.- debido a la naturaleza de la información empleada, procesada y obtenida, midiéndose los resultados y realizando las correlaciones de resistencias a la compresión del concreto y los costos unitarios de fabricación.

Diseño de la investigación

La investigación se inicia con la obtención de agregados de la cantera Tacllán, determinándose en laboratorio las características físicas tanto del agregado grueso canto rodado con tamaño máximo ¾”, así como del agregado fino (arena gruesa), con las cuales se realiza el diseño de mezcla de concreto empleando cemento sol que es el más utilizado en la zona y relación agua cemento (a/c) para un asentamiento entre 3” a 4”; para las resistencias a la compresión más empleadas en la construcción de estructuras de concreto: F´c = 210 kg/cm2 y F´c = 280 kg/cm2.

Con el diseño de mezcla, se elaboran briquetas de concreto con los tres tipos de cementos (sol, quisqueya e inka) y el topex-concreto listo, que son los más comercializados y empleados en Huaraz; con medidas y procedimientos estandarizados de acuerdo a las normas, con altura H = 30 cm y diámetro D = 15 cm, con una relación de esbeltez de H/D = 2

Se realiza el curado de las briquetas por un periodo de 7 días después de ser desencofradas a las 24 horas

Las briquetas de concreto se someten a ensayo mediante la máquina a compresión uniaxial a los, 14, 21 y 28 días, midiéndose la carga axial que soporta cada una de ellas.

Determinada la carga axial que soporta cada una de las briquetas se calcula las resistencias a la compresión mediante la expresión:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

F´c = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm2)

P = Carga de Rotura que soporta la briqueta (Kg)

A = Área de la sección transversal de la briqueta (cm2)

Para determinar los costos unitarios, se toma la cantidad de materiales que se requieren por m3 de concreto, obtenidos del diseño de mezclas y los precios de mercado incluido el IGV.

Población o universo

La población o universo lo constituyen todas las briquetas de concreto fabricadas, según se detalla: Por cada resistencia a la compresión de diseño: F'c = 210 kg/cm2, F'c = 280 kg/cm2 (factor 2); por cada tipo de cemento: sol, quisqueya e inka y el topex-concreto preparado (factor 4); por cada periodo de ensayo: 14, 21 y 28 días (factor 3) y número de briquetas por ensayo (factor 3). Hacen un total de: (2) x (4) x (3) x (3) = 72 briquetas.

Unidad de análisis y muestra

La unidad de análisis y muestra está constituida por la misma población o universo.

Instrumentos de recopilación de datos

Medios fotográficos a fin de determinar la localización, ubicación y potencia de la cantera de donde se obtienen los agregados para el concreto.

Laboratorio para la determinación de las características físicas de los agregados

Especificaciones técnicas de los fabricantes de los cementos a emplearse.

Medios bibliográficos y normas para realizar el diseño de mezclas de concreto

Laboratorio para la fabricación, curado y ensayos a la compresión uniaxial de las briquetas de concreto.

Manuales de Costos y Presupuestos de la Cámara Peruana de la Construcción, así como costos de mano de obra, materiales, equipos y/o herramientas de la zona para realizar los análisis de costos unitarios de fabricación de concretos.

Análisis estadístico e interpretación de la información

El análisis estadístico se realiza una vez obtenidos los resultados de resistencia a la compresión de las briquetas, correspondientes a cada una de los cementaos empleados, calculándose las siguientes medidas estadísticas:

- Medidas centrales
  - La media aritmética

En base a las cuales se realiza la interpretación de resultados cuantitativos y cualitativos materia de la investigación.

5. RESULTADOS

Ubicación de la cantera

La cantera de materiales de construcción se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, distrito de Huaraz, río Santa-sector Tacllán, al lado sur de la ciudad de Huaraz, aproximadamente a 0.50 km del centro de la ciudad, según se muestra en las vistas panorámicas del Anexo I: Figura 1, Figura 2 y Figura 3.

Potencia de la cantera

La cantera tiene una potencia de 225,000 m^3 (longitud de 2,000 m por ancho promedio de 100 m y un espesor promedio de 1.50 m) de materiales de construcción, entre grueso y fino, de la cual se extrae piedra grande y mediana, hormigón, agregado grueso y agregado fino para la fabricación del concreto.

Agregados

Se denominan inertes del concreto, puesto que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua.

Se dividen de acuerdo a sus dimensiones en finos y gruesos

Clasificación: En Tecnología del Concreto usualmente se clasifican en:

1.- Por Su Procedencia

Agregados Naturales.- Formados por procesos geológicos naturales ocurridos en el planeta durante miles de años.

Extraídos seleccionados y procesados para optimizar su empleo en concreto

Se usan más frecuentemente a nivel mundial y particularmente en el Perú por su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad que los hace ideales para el concreto

2.- Por su Gradación

La gradación es la distribución granulométrica de las partículas como ya se ha indicado, tiene suma importancia en el concreto

a) Agregado Grueso (Piedra).- Partículas sobre la malla Nº 4 (4.75 mm)

b) Agregado Fino (Arena).- Partículas bajo la malla Nº 4 (4.75 mm)

Esta clasificación es muy práctica ya que las técnicas de procesamiento de zarandeo, chancado, propenden a separarlos en esta forma con el objeto de establecer un control preciso en el procesamiento y empleo.

3.- Por su Densidad

Densidad es la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, y se clasifican en:

a) Normales.- Con Ge = 2.5 a 2.75.

b) Ligeros.- Ge Menor a 2.5.

c) Pesados.- Ge mayor a 2.75.

Características físicas de los agregados determinadas en laboratorio

Contenido de Humedad

Cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas del agregado.

Contribuye o incrementa el agua de mezcla del concreto, debiendo tenerse en cuenta con la absorción para las correcciones en el proporcionamiento de las mezclas. Se calcula mediante la expresión:

$$\% \text{ Humedad (W)} = \frac{\text{Peso original - Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Los equipos empleados para determinar el contenido de humedad se muestran en Anexo II: Figuras 4 y 5.

Los contenidos de humedad se muestran en Anexo I: Tablas 2 y 3.

Absorción

Capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados ya que siempre queda aire atrapado.

Es importante en el concreto ya que reduce el agua de mezcla, influyendo en la resistencia y trabajabilidad; se debe tener en cuenta para hacer las correcciones del caso.

Se calcula:

$$\% \text{ Absorción (Abs)} = \frac{\text{Peso sss - Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Donde:

Peso sss = Peso de material saturado superficialmente seco

Nota.- Agua libre y agua que le falta a un agregado para encontrarse en la condición ideal:

- Sí % W > Abs. tenemos:

$$\text{Agua libre} = \frac{\text{W - Abs}}{100} \times \text{Peso seco}$$

- Sí W < Abs. tenemos:

$$\text{Agua que falta} = \frac{\text{Abs. - W}}{100} \times \text{Peso seco}$$

Peso Específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas.

- De la Arena:

1. Por el método de cuarteo seleccionar arena en estado natural (P_H).

2. Secar la muestra a 110 ºC aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constante (P_S).

3. Se calcula:

$$W = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

Donde:

W = % de humedad

4. Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.

5. Colocar la muestra en una mesa, expandirla y removerla para garantizar un secado uniforme.

6. Colocar la muestra en un molde metálico, apisonando 25 veces.

7. Levantar el molde verticalmente. Si existe humedad superficial, el cono de agregado fino mantendrá su forma.

8. Se sigue revolviendo constantemente y se repite la operación a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. En este caso la muestra ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco (sss).

Pesar 500g (Psss).

A continuación emplear el siguiente método:

<u>Método</u>: Utilizando el frasco graduado de un litro de capacidad.

9. En un frasco de un litro, con 500 cm3 de agua, introducir la muestra de 500 gramos en condición sss.

10. Dejar reposar la muestra por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (V_F). Obtener

$$V_{SSS} = V_F - 500$$

Donde:

Vsss = volumen de material saturado superficialmente seco

V_F = volumen final

11. Sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y sacarlo en el horno a 110º c aproximadamente hasta peso constante (P_S).

12. Cálculo de resultados:

$$Pe = \frac{P_S}{V_{SSS}}$$

$$Abs = \frac{P_{SSS} - P_S}{P_S} * 100$$

Donde :

Pe = Peso específico

Ps = Peso seco

V_{SSS} = Volumen de material saturado superficialmente seco

Abs = % de absorción

P_{SSS} = Peso de material saturado superficialmente seco

- De la Piedra

1. Seleccionar por el método de cuarteo 5000 g de piedra en estado natural (P_H = 5000g)

2. Llevar la muestra al horno a una temperatura aproximada de 110º C, hasta peso constante (P_S).

3. Cálculo de resultados

$$CH\ \% = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

4. Sumergir esta misma muestra en agua 18 a 24 horas.

5. A continuación se coloca la muestra sobre una mesa y con una franela la vamos secando hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. Tan pronto se logre esta condición se pesa 1 kg (P_{SSS}).

6. Inmediatamente se introduce en un frasco de 1 litro de capacidad, que contiene 500 cm^3 de agua. Luego de 3 minutos se lee el volumen final de agua (V_F). Se obtiene $V_{SSS} = V_F - 500$.

7. Seguidamente sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y llevarlo al horno para secarlo a una temperatura aproximada de 110º C hasta peso constante (P_S).

8. Cálculos:

$$Pe = \frac{P_S}{V_{SSS}}$$

$$Abs\ (\%) = \frac{P_{SSS} - P_S}{P_S} *100$$

Los equipos empleados para determinar el porcentaje de absorción y el peso específico, se muestran en Anexo II: Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Los porcentajes de absorción y peso específico, se muestran en Anexo I: Tablas 4 y 5.

Granulometría.- En vista de la forma irregular geométrica de las partículas de agregados, no es fácil:

1.- Establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.

2.- Medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas.

Se usa por lo tanto una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total a esto se denomina

Análisis Granulométrico: "Representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños"

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordenado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

La serie de tamices Standard para cº empieza con abertura de 3" cuadrada y la siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior.

El Nº de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada, se observa en el Anexo I: Tabla 6.

Es significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del cº fresco, así como en algunas del cº endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de Diseño de Mezclas.

- Granulometría del Agregado Grueso: La Granulometría de un agregado grueso de un tamaño máximo dado puede variar dentro de una variedad relativamente amplia de valores sin producir efecto apreciable en las cantidades necesarias de cementos y de agua, si la proporción de agregado fino produce concreto manejable.

Se considera como tamaño máximo de un agregado, al determinado por la malla inmediata superior a aquella que retiene (acumulado) 15% o más del material.

El tamaño máximo que se puede usar generalmente depende del tamaño y la forma de los miembros de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo.

En general, el tamaño máximo de agregados no debe exceder de:

- Un quinto de la menor separación entre los lados del encofrado.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

Puede desistirse de estos requisitos si, en la opinión del ingeniero, la mezcla es lo suficientemente manejable para que el concreto pueda colocarse asegurando sus fines.

Módulo de Fineza (MF).- Se define como La Sumatoria de los %s. retenidos acumulativos de la serie de tamices Standard hasta el tamiz Nº 100 y ésta cantidad dividida entre 100.

El sustento matemático del MF reside en que: Es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse en cuenta que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pus en general sirva para caracterizar c/ agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto. La base experimental que apoya al MF es que: Granulometrías con igual MF independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de H_2O para producir mezclas de concreto de similar: Plasticidad y Resistencia, siendo un parámetro ideal para el Diseño y Control de Mezclas.

Los equipos empleados para determinar los módulos de fineza de los agregados grueso y fino, se muestran en Anexo II: Figuras 12 y 13.

Los módulos de fineza de los agregados fino y grueso, se muestran en Anexo I: Tablas 7, 8, 9 y 10.

Peso Unitario Suelto.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas sin compactar, entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los vacíos entre partículas, está influenciada por la manera como se acomodan éstas, lo que convierte en un parámetro relativo. Sirve para estimar proporciones y dosificaciones en volumen en la ejecución de obras.

Peso Unitario Compactado.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas compactadas, entre el volumen total incluyendo los vacíos. Según Norma ASTM el método para evaluarla es compactarlo en molde metálico en tres capas sometiéndolo a 25 golpes cada una de ellas con varilla de diámetro 5/8".

Nota: Es éste valor para el diseño de mezclas: Sirve para estimar proporciones y hacer conversiones de dosificaciones en peso o en volumen.

Los módulos de fineza de los agregados fino y grueso, se muestran en Anexo I: Tablas 11 y 12.

Las Características físicas de los agregados fino y grueso, se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Características físicas de los agregados

TIPO DE AGREGADOS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Contenido Humedad (%)	Absorción (%)	Peso Específico	Módulo de Fineza	Pesos Unitarios (kg/m3)	
					Suelto	Compac
Agregado Fino	3.08	2.43	2.59	3.00	1682	1826
Agregado Grueso	0.58	0.76	2.66	7.56	1336	1542

Interpretaciones:

1. El agregado fino, tiene mayor contenido de humedad que el agregado grueso

2. El agregado fino, tiene mayor absorción que el agregado grueso

3. El agregado fino, tiene menor peso específico que el agregado grueso

4. El agregado fino, tiene mayor peso unitario suelto que el agregado grueso

5. El agregado fino tiene mayor peso unitario compactado, que el agregado grueso

Diseño de mezclas de concreto

Definición.- Es la aplicación teórica-práctica de los conocimientos científicos, sobre y la interacción entre ellos, para lograr un concreto que satisfaga un proyecto.

En la tecnología del concreto, no se separa el diseño de la mezcla del procedimiento constructivo por existir correspondencia biunívoca, pues para un proyecto se tiene:

- Condiciones ambientales

- Diseño estructural
- Materiales

Además de un buen proyecto, se debe integrar en el diseño de mezcla de concreto los equipos, materiales y mano de obra calificada.

Los diseños de mezclas de concreto se realizan inicialmente en base a pesos secos de los agregados, para luego ser corregidos por contenido de humedad y absorción reales.

Método de Diseño

El método de diseño adoptado en la presente investigación es el del Instituto Americano del Concreto (ACI)-Perú, con el cual se logra:

a. Diseños más económicos ya que se requiere menor cantidad de agua y por lo tanto menor cantidad de cemento para determinar la resistencia a la compresión del concreto (F´c)

b. Lograr mayor o menor trabajabilidad que se desea en el concreto, modificando el contenido de piedra (agregado grueso) que puede oscilar entre más ó menos el 10 %

El método requiere:

1. Agregados cumplan los requisitos físicos y granulométricos establecidos por las normas ASTM, logrando en función al tamaño máximo de la piedra (agregado grueso), establecer las cantidades de agua de amasado para los diferentes slumps y contenido de aire tanto para concreto sin aire incorporado como concreto con aire incorporado, en este último caso teniendo en cuenta el grado de exposición del concreto (normal, moderada o extrema).

Las cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado grueso y contenido de aire (ACI-211-1-91), se observa en la Tabla I.

TABLA I

CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE AMASADO PARA DIFERENTES SLUMP, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO Y CONTENIDO DE AIRE (ACI-211-1-91)

SLUMP	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO							
	3/8”	½”	¾”	1”	11/2”	2”	3”	4”
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1” – 2”	207	199	190	179	166	154	130	113
3” – 4”	228	216	205	193	181	169	145	124
6” – 7”	243	228	216	202	190	178	160	---
% AIRE ATRAPADO	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1” – 2”	181	175	168	160	150	142	122	107
3” – 4”	202	193	184	175	165	157	133	119
6” – 7”	216	205	197	184	174	168	154	---
% AIRE INCORPORADO EN FUNCIÓN AL GRADO DE EXPOSICIÓN								
NORMAL	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
MODERADA	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0
EXTREMA	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

2. La relación agua/cemento (a/c) en peso con la resistencia a la compresión del concreto (F´c) sin o con aire incorporado se observa en la Tabla II y la relación de los asentamientos con el tipo de estructura se observa en la Tabla III.

TABLA II

RELACIÓN AGUA CEMENTO VS RESISTENCIA (F’c)

F’c A 28 DIAS (Kg/cm^2)	RELACIÓN A/C (EN PESO)	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70
	Hasta con 2 % de aire atrapado	Hasta con 6% de aire incorporado

TABLA III

ASENTAMIENTOS EN RELACIÓN CON TIPO DE ESTRUCTURA (Referencial y no Limitativos)

TIPOS DE ESTRUCTURAS	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
ZAPATAS Y MUROS DE CONTENCIÓN REFORZADOS	3”	1”
CIMENTACIONES SIMPLES Y CALZADURAS	3”	1”
VIGAS Y MUROS ARMADOS	4”	1”
COLUMNAS	4”	2”
LOSAS Y PAVIMENTOS	3”	1”
CONCRETO CICLÓPEO	2”	1”

3. Determinación del volumen del agregado grueso compactado en seco en función al tamaño máximo de la piedra (agregado grueso) y el módulo de finura de la arena, se observa en la Tabla IV.

TABLA IV

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO POR M3 DE CONCRETO

TAM. MÁXIMO DE AGREGADO	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINURA DE LA ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8”	0.50	0.48	0.46	0.44
½”	0.59	0.57	0.55	0.53
¾”	0.66	0.64	0.62	0.60
1”	0.71	0.69	0.67	0.65
11/2”	0.75	0.73	0.71	0.69
2”	0.78	0.76	0.74	0.72
3”	0.82	0.79	0.78	0.76
6”	0.87	0.85	0.83	0.81

Factores de seguridad

Tomando como fuente, manuales y normas referentes a los conceptos aplicables a la resistencia a la compresión del concreto, tales como:

1º Manual de Costos y Presupuestos: Especifica que, la resistencia del concreto F’c de los planos, debe ser incrementada por factores porcentuales de seguridad “K” que varían de 1.15 a 1.50 en función a la calidad de materiales y supervisión con que se cuente, para obtener la resistencia de concreto en la ejecución de obra.

2º El Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras presentan los siguientes reajustes para la obtención de la resistencia a la compresión requerida (F´cr), para la ejecución de obras.

Resistencia (F'C) en Planos	**Resistencia Requerida (F'CR) en Obras**
De 210 a 350 kg/cm2	F'C + 84 kg/cm2

Por lo que en la presente investigación se ha tomado dichos factores de seguridad en el diseño de mezclas de concreto, considerando los valores siguientes:

Resistencias (F'C) de Investigación	**Resistencia Requerida (F'CR) de Resistencias de Investigación**
210 kg/cm2	294 kg/cm2
280 kg/cm2	364 kg/cm2

Los diseños de mezclas empleando el método ACI 211, se observan en el Anexo I: Tablas 14 y 15.

El resumen de diseños de mezclas de concretos realizados con cemento sol y agregados de la cantera Tacllán, se observan en la Tabla 16.

Tabla 16. Resumen de los diseños de mezclas de concretos realizados con cemento sol y agregados de la cantera Tacllán

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS						
Resistencia de Diseño F´C (Kg/cm2)	**Relación A/C**	**Tipo de Agregado Fino**	**Tipo de Agregado Grueso Tam. Máx ¾”**	**Materiales por M3 de concreto (Kg)**	**PROPORCIONES**	
					Peso	**Volumen**
210	0.55	Arena de Río	Canto Rodado	Cemento: 373.20 Arena: 819.62 Piedra: 931.05 Agua: 201.35	1.00 2.20 2.50 0.54	1.0 1.2 2.8 22.90 Lt/bolsa
280	0.46	Arena de Río	Canto Rodado	Cemento: 449.71 Arena: 870.35 Piedra: 931.05 Agua: 201.35	1.00 1.90 2.10 0.45	1.0 1.7 2.3 19.00 Lt/bolsa

Resistencias a la compresión

Las resistencias a la compresión del concreto que se muestran en la tabla II, corresponde a briquetas de diámetro 6” x altura de 12 “y por lo tanto tienen una relación de esbeltez H/D igual a dos (2), curadas en condiciones normales un periodo de siete (7) días mínimo y ensayadas a los 14, 21 y 28 días de edad, periodo en el cual se considera que el concreto ha alcanzado su resistencia al 100 %.

Ensayo de briquetas de concreto

En base a la cantidad de materiales en peso obtenidos en los diseños de mezclas de concreto, se ha confeccionado briquetas de concreto para las resistencias a la compresión de 210 Kg/cm2 y 280 Kg/cm2, curadas con agua siete (7) días y ensayadas en laboratorio de ensayo de materiales, en la máquina uniaxial simple a los catorce (14), veintiún (21) y veintiocho (28) días.

Los equipos empleados en la fabricación de briquetas de concreto, se observan en las Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.

Determinación de la resistencia del concreto

Las resistencias a la compresión de las briquetas de concreto de forma cilíndrica de diámetro D = 15 cm y altura H = 30 cm, con relación de esbeltez H/D = 2; se ensayan en la máquina de compresión uniaxial simple, obteniéndose las resistencias mediante la expresión:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde: F´c = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm2)

P = Carga de Rotura que soporta la briqueta (Kg)

A = Área de la sección transversal de la briqueta (cm2)

Los equipos empleados en los ensayos de briquetas de concreto, se observan en las Figuras 22, 23, 24, 25 y 26.

La resistencia a la compresión de las briquetas de concreto, se observan en Anexo I: Tablas 17, 18,19, 20, 21, 22, 23 y 24.

El Resumen de las resistencias a la compresión de los concretos fabricados con cementos: sol, quisqueya, inka y topex, se observa en la tabla 25.

Tabla 25. Resumen de las resistencias a la compresión de los concretos fabricados con cementos: sol, quisqueya, inka y topex

Cemento	**Resistencia de Diseño (kg/cm2)**	**Relación (a/c)**	**Curado**	**Resistencia a la compresión según periodo de ensayo(kg/cm2)**		
				14 (días)	**21 (días)**	**28 (días)**
Sol	**210**	**055**	Agua	256.20	304.60	328.43
	280	**0.46**	Agua	298.13	366.63	388.70
Quiscaya	**210**	**055**	Agua	306.47	391.63	414.78
	280	**0.46**	Agua	318.03	414.07	424.17
Inka	**210**	**055**	Agua	252.13	283.33	341.87
	280	**0.46**	Agua	284.03	318.90	357.57
Concreto Listo	**210**	**055**	Agua	165.95	189.53	211.03
	---	**---**	---	---	---	---

La contrastación de las resistencias a la compresión de los concretos fabricados con cementos: sol, quisqueya, inka y topex, se observa en la tabla 26.

.

Tabla 26. Contrastación de resultados de las resistencias a la compresión de los concretos

Cemento	Resistencia de Diseño (kg/cm2)	Relación (A/C)	Curado	Resistencia a la compresión según periodo de ensayo(kg/cm2)		
				14 (días)	21 (días)	28 (días)
Quisqueya	210	0.55	Agua	306.47	391.63	414.78
Sol				256.20	304.60	328.43
Inka				252.13	283.33	341.87
Topex				162.95	189.53	211.03
Quisqueya	280	0.46	Agua	318.03	414.07	424.17
Sol				298.13	366.63	388.70
Inka				284.03	318.90	357.57
Topex				---	---	---

Interpretaciones:

1.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, las mayores resistencias de concreto se logra empleando cemento Quisqueya, seguido del concreto con cemento Sol, concreto con cemento Inka y Topex-Concreto Preparado en último lugar, en los periodos de 14, 21 y 28 días.

2.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, las mayores resistencias de concreto se logra empleando cemento Quisqueya, seguido del concreto con cemento Sol, concreto con cemento Inka, en los periodos de 14, 21 y 28 días.

3.- Topex-Concreto Preparado, sólo viene para resistencia de diseño de 210 kg/cm2, motivo por el cual no se muestran valores para resistencia de diseño de 280 kg/cm2.

COSTOS UNITARIOS

Consiste en determinar el costo de materiales por m3 de concretos para las resistencias de diseño a la compresión de 210 y 280 kg/cm2, empleando cementos: Quisqueya, Sol, Inka y Topex. Debiendo indicar que no se consideran insumos de mano de obra, equipos y /o herramientas, en vista que son parámetros se mantienen constantes y se encuentran en función a la naturaleza de la estructura a construir o fabricar. En éstas resistencias están incluidos los factores de seguridad establecidas el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras.

Para determinar el costo unitario se tiene en cuenta los insumos de:

- Costo de materiales

En la investigación para determinar los costos unitarios de materiales por m3 de concreto se toman los precios promedios de mercado incluido el IGV.

Los valores son los siguientes:

Materiales

Cementos:

Sol	= S/. 19.5/bolsa
Quisqueya	= S/. 18.3/bolsa
Inka	= S/. 18.5/bolsa

Concreto listo

Topex	= S/. 8.9/bolsa
Agua	= S/. 2/m3 (tarifa industrial)

Costo unitario de materiales por m3 de concreto para

F'c = 210 kg/cm2

<u>Cemento sol</u>

Materiales

Cemento Sol	= 9.106 bolsas x S/. 19.5/bolsa	= S/.	177.57
Arena gruesa	= 0.385 m3 x S/. 60/m3	=	23.10
Piedra de ¾"	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73
Agua	= 0.157 m3 x S/. 2/m3	=	0.31
Costo por m3 de concreto		**= S/.**	**259.71**

<u>Cemento quisqueya</u>

Materiales

Cemento Quisqueya	= 9.106 bolsas x S/. 18.3/bolsa	= S/.	166.64
Arena gruesa	= 0.385 m3 x S/. 60/m3	=	23.10
Piedra de ¾"	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73

Agua	= 0.157 m3 x S/. 2/m3	=	0.31
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 248.78**

Cemento inka

Materiales

Cemento Inka	= 9.106 bolsas x S/. 18.5/bolsa	= S/. 168.46	
Arena gruesa	= 0.385 m3 x S/. 60/m3	=	23.10
Piedra de ¾”	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73
Agua	= 0.157 m3 x S/. 2/m3	=	0.31
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 250.60**

Topex

Materiales

Concreto preparado	= 52.10 bolsas x S/. 8.9/bolsa	= S/. 463.69	
(Incluye: cemento, arena y piedra)			
Agua	= 0.157 m3 x S/. 2/m3	=	0.31
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 464.00**

Costo unitario de materiales por m3 de concreto para

F’c = 280 kg/cm2

Cemento sol

Materiales

Cemento Sol	= 10.729 bolsas x S/. 19.5/bolsa	= S/. 209.22	
Arena gruesa	= 0.351 m3 x S/. 60/m3	=	20.06

Piedra de ¾”	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73
Agua	= 0.160 m3 x S/. 2/m3	=	0.32
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 288.33**

Cemento quisqueya

Materiales

Cemento Quisqueya	= 10.729 bolsas x S/. 18.3/bolsa	= S/. 196.34	
Arena gruesa	= 0.351 m3 x S/. 60/m3	=	20.06
Piedra de ¾”	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73
Agua	= 0.160 m3 x S/. 2/m3	=	0.32
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 275.45**

Cemento inka

Materiales

Cemento Inka	= 10.729 bolsas x S/. 18.5/bolsa	= S/. 198.47	
Arena gruesa	= 0.351 m3 x S/. 60/m3	=	21.06
Piedra de ¾”	= 0.839 m3 x S/. 70/m3	=	58.73
Agua	= 0.160 m3 x S/. 2/m3	=	0.32
Costo por m3 de concreto		**=**	**S/. 278.58**

Topex

Materiales

Concreto preparado	= No existe en mercado	
Costo por m3 de concreto		**= ---**

Los Costos unitarios de materiales de concretos: según resistencias de diseños y cementos empleados en su fabricación, se observan en la Tabla 28.

Tabla 28. Costos unitarios de materiales de concretos: según resistencias de diseños y cementos empleados en su fabricación

Resistencias de Diseño	Cementos empleados	Costos Unitarios S/.	Dif. Cost. Unit. Resp. a Cem. Sol (S/.)	Var. Costos Unitarios (%)
F´c = 210 k/cm2	Sol	259.71	0.00	0.00
	Quisqueya	248.78	(-) 10.93	(-) 4.21
	Inka	250.60	(-) 9.11	(-) 3.51
	Topex	464.00	(+) 204.29	78.66
F´c = 280 k/cm2	Sol	288.33	0.00	0.00
	Quisqueya	275.45	(-) 12.88	(-) 4.47
	Inka	278.58	(-) 9.75	(-) 3.38
	Topex	---	---	---

Observaciones:

1. El costo unitario de materiales por m3 de concreto empleando cemento sol, se toma como base para hallar la diferencia de costos unitarios de concretos empleando otros cementos; por ser el cemento sol el que predomina en el mercado de Huaraz.
2. La variación de costos unitarios en porcentaje (%), es calculado con la diferencia de costos de materiales para cada uno de los concretos con otros

cementos empleados, entre el costo unitario de materiales de concreto empleando cemento sol.

Interpretaciones:

A. Para concretos con diseño de resistencia a la compresión: F´c = 210 k/cm2:

a.1. El mayor costo unitario de S/. 464.00, corresponde al concreto fabricado con topex (concreto preparado), seguido por el fabricado con cemento Sol que es de S/. 259.71, luego por el fabricado con cemento Inka que es de S/. 250.60 y por último en fabricado con cemento quisqueya que es de S/. 248.78.

a.2. Respecto al costo unitario del concreto fabricado con cemento Sol, la diferencia de costos unitarios fabricados empleando otros cementos son: con cemento Inka S/. 9.11 menor, con cemento Quisqueya S/. 10.93 menor y con Topex (concreto preparado) S/. 204.29 mayor.

a.3. Respecto al costo unitario del concreto fabricado con cemento Sol, la variación de costos unitarios fabricados empleando otros cementos son: con cemento Inka 3.51 % menor, con cemento Quisqueya 4.21 % menor y con Topex (concreto preparado) 78.66 % mayor.

B. Para concretos con diseño de resistencia a la compresión: F´c = 280 k/cm2:

b.1. El mayor costo unitario de S/. 288.33 corresponde al concreto fabricado con cemento Sol, luego por el fabricado con cemento Inka que es de S/. 278.58 y por último el fabricado con cemento quisqueya que es de S/. 275.45.

b.2. Respecto al costo unitario del concreto fabricado con cemento Sol, la diferencia de costos unitarios fabricados empleando otros cementos son: con cemento Inka S/. 9.75 menor, con cemento Quisqueya S/. 12.88 menor y con Topex (concreto preparado) S/. 204.29 mayor. Topex no existe en el mercado para esta resistencia.

b.3. Respecto al costo unitario del concreto fabricado con cemento Sol, la variación de costos unitarios fabricados empleando otros cementos son: con cemento Inka 3.38 % menor, con cemento Quisqueya 4.47 % menor.

6.- DISCUSIÓN

1. Los concretos, cuyas resistencias se utilizan para el diseño de estructuras y que se especifican en los planos, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Norma Peruana de Estructuras (NPE); para la obtención de la resistencia requerida para la ejecución de obras, establecen factores de seguridad según se indica.

Resistencia (F'C) en Planos	**Resistencia Requerida (F'CR) en Obras**
De 210 a 350 kg/cm2	F'C + 84 kg/cm2

Por tal motivo en la investigación se han empleado las resistencias requeridas que se indican.

Resistencia (F'C) en Planos	**Resistencia Requerida (F'CR) en Obras**
210 kg/cm2	294 kg/cm2
280 kg/cm2	364 kg/cm2

2.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, las resistencias a la compresión que se logran con el empleo de los diferentes cementos son: quisqueya 414.78 kg/cm2; sol 328.43 kg/cm2; inka 341.87 kg/cm2 y topex 211.03 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

3.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, las resistencias a la compresión que se logran con el empleo de los diferentes cementos son: quisqueya 424.17 kg/cm2; sol 388.70 kg/cm2; inka 357.57 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

4.- Topex-Concreto listo, sólo existe en mercado para resistencia de diseño de 210 kg/cm2, motivo por el cual no se muestran valores para resistencia 280 kg/cm2.

5.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, los costos unitarios que se determinan con el empleo de los diferentes cementos son: quisqueya S/. 248.78; sol S/. 259.71; inka S/. 250.60 y topex de S/. 464.00.

6.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, los costos unitarios que se determinan con el empleo de los diferentes cementos son: quisqueya S/. 275.45; sol S/. 288.33; inka S/. 278.58.

7.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, empleando cemento quisqueya se logra la mayor resistencia que es de 414.78 kg/cm2 y empleando topex la menor resistencia que es de 211.03 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

8.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, empleando cemento quisqueya se logra la mayor resistencia que es de 424.17 kg/cm2 y

empleando cemento inka la menor resistencia que es de 357.57 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

9.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, empleando topex se tiene el mayor costo unitario que es S/. 464.00 y empleando cemento quisqueya el menor costo unitario S/. 248.78.

10.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, empleando cemento sol se tiene el mayor costo unitario que es S/. 288.33 y empleando cemento quisqueya el menor costo unitario S/. 275.45.

11.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, tomando como base el costo unitario del concreto con cemento sol, la diferencia de los costos unitarios empleando otros cementos son: cemento Inka S/. 9.11 menor, cemento quisqueya S/. 10.93 menor y Topex (concreto listo) S/. 204.29 mayor, los que representan una variación de 3.51 %, 4.21 % y 78.66 % respectivamente.

12.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, tomando como base el costo unitario del concreto con cemento sol, la diferencia de los costos unitarios empleando otros cementos son: cemento Inka S/. 9.75 menor, con cemento quisqueya S/. 12.88 menor, los que representan una variación de 3.38 % y 4.47 % respectivamente.

7. CONCLUSIONES:

1. Las características físicas de los agregados empleados en la fabricación de los concretos se resumen en el cuadro:

AGREGADOS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Contenido Humedad (%)	Absorción (%)	Peso Específico	Módulo Fineza	Pesos Unitarios (kg/m3)	
					Suelto	Comp.
Agregado Fino	3.08	2.43	2.59	3.00	1682	1826
Agregado Grueso	0.58	0.76	2.66	7.56	1336	1542

Concluyendo:

- El agregado fino tiene mayor contenido de humedad que el agregado grueso
- El agregado fino tiene mayor absorción que el agregado grueso
- El agregado fino tiene menor peso específico que el agregado grueso
- El agregado fino tiene el mayor peso unitario suelto de 1682 kg/m3, que el agregado grueso que es de 1336 kg/m3
- El agregado fino tiene el mayor peso unitario compactado 1826 kg/m3, que el agregado grueso que es de 1542 kg/m3

2. Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, empleando cemento quisqueya se logra la mayor resistencia que es de 414.78 kg/cm2 y empleando topex-concreto listo la menor resistencia que es de 211.03 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

3. Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, empleando cemento quisqueya se logra la mayor resistencia que es de 424.17 kg/cm2 y empleando cemento inka la menor resistencia que es de 357.57 kg/cm2, en el periodo de 28 días.

4. Topex-Concreto listo, sólo existe en mercado para resistencia de diseño de 210 kg/cm2, no existe en el mercado para resistencia de diseño 280 kg/cm2.

5. Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2, el mayor costo unitario es empleando topex que es de S/. 464.00 y el menor empleando cemento quisqueya que es de S/. 248.78.

6. Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2, el mayor costo unitario es empleando cemento sol que es de S/. 288.33 y el menor empleando cemento quisqueya que es de S/. 275.45.

7. Tomando como base el costo unitario del concreto empleando cemento sol con el cual se realiza los diseños y por ser el que predomina en el mercado; la diferencia de los costos unitarios de los concretos empleando otros cementos son:

- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm2: cemento inka S/. 9.11 menor, cemento quisqueya S/. 10.93 menor y topex-concreto listo S/. 204.29 mayor, los que representan una variación de 3.51 % menor, 4.21 % menor y 78.66 % mayor, respectivamente.
- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm2: cemento inka S/. 9.75 menor, con cemento quisqueya S/. 12.88 menor, los que representan una variación de 3.38 % menor y 4.47 % menor, respectivamente.

8. En la ejecución de obras se debe emplear concreto con resistencia a la compresión requerida (F'CR), la cual incluye factores de seguridad sobre la resistencia a la compresión de diseño (F'C) de las estructuras y que figuran en los planos; por ser el concreto un material que tiene varios parámetros variables.

8. RECOMENDACIONES:

1. En Huaraz, la fabricación de concreto cuyas resistencias de diseños son 210 kg/cm2 y 280 kg/cm2, se debe emplear cemento quisqueya por lograrse mayores resistencias y menores costos unitarios que los concretos fabricados con otros cementos.

2. En Huaraz, en la fabricación de concreto no se debe prever el empleo de topex-concreto listo, por no existir en mercado para resistencias de diseño de 280 kg/cm2.

3. En la ejecución de obras se debe emplear concreto con resistencia a la compresión requerida (F'CR), la cual incluye factores de seguridad sobre la resistencia a la compresión (F'C) de diseño de las estructuras que figuran en los planos, tal como lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras, a fin de garantizar la durabilidad, estabilidad y seguridad de las obras.

En la investigación se toma factores de seguridad en el diseño de mezclas de concreto, según se indica en el cuadro:

Resistencia (F'C) en Planos	Resistencia Requerida (F'CR) en Obras
210 kg/cm2	294 kg/cm2
280 kg/cm2	364 kg/cm2

9. IBLIOGRAFÍA:

1. ACI, Detroit 2001. Committe 308 R "Guide to Curring Concrete", American Concrete Institute

2. ASTM C-309: "Specifications for Liquid Membrane-Forning Compounds for Curing Concrete", Philadelphia 1988.

3. CAPECO: Manual de Costos y Presupuestos

4. GONZALES, O. Aspectos fundamentales del Concreto Reforzado.

5. Hernández, R. 2010. Metodología de la Investigación. 5ta. Edición. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A de C.V.

6. Love, T. 2006. El Concreto en la Construcción. 2da. Edición. Editorial TRILLAS-México

7. ORTEGA, J. 1990. Manual de Estructuras de Concreto Armado. 4ta. Edición CAPECO-Perú.

8. Pasquel, E. 1996. Tópicos de Tecnología del Concreto. 2da. Edición. Editorial Serrano Ltda.-Bolivia.

8. REGAL, M. Materiales de Construcción 1984 Editorial UNI. Lima.

9. RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones. Publicación "El Peruano" del 08 de Junio de 2006

ANEXO I

TABLAS

Tabla 1. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Sólidos en suspensión	ppm	5000 máx
Materia orgánica	“	3 “
Alcalinidad ($NaHCO_3$)	“	1000 “
Sulfato (Ión SO_4)	“	600 “
Cloruros Ión CI)	“	1000 “
PH		5 a 8

Tabla 2. Contenido de humedad de los agregados fino y grueso para concreto de f'c = 210 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-Concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 210 kg/cm2 = 21.0 Mpa

Requerida f'cr = 294 kg/cm2 = 29.4 Mpa

Agregado: Fino **Cantera: Tacllán**

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	274.80	278.28
Peso Seco + Recipiente	267.48	270.45
Peso Recipiente	21.56	24.19
Peso Suelo Seco	245.92	246.26
Peso del Agua	7.32	7.83
Contenido de Humedad	2.98	3.18
Humedad Promedio %	**3.08**	

Agregado: Grueso **Cantera: Tacllán**

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	262.87	254.24
Peso Seco + Recipiente	261.44	252.95
Peso Recipiente	22.15	23.30
Peso Suelo Seco	239.29	229.65
Peso del Agua	1.43	1.29
Contenido de Humedad	0.60	0.56
Humedad Promedio %	**0.58**	

Tabla 3. Contenido de humedad de los agregados fino y grueso para concreto de f'c = 280 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 280 kg/cm2 = 28.0 Mpa

Requerida f'cr = 364 kg/cm2 = 36.4 Mpa

Agregado: Fino **Cantera: Tacllán**

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	274.80	278.28
Peso Seco + Recipiente	267.48	270.45

Peso Recipiente	21.56	24.19
Peso Suelo Seco	245.92	246.26
Peso del Agua	7.32	7.83
Contenido de Humedad	2.98	3.18
Humedad Promedio %	**3.08**	

Agregado: Grueso **Cantera: Tacllán**

DESCRIPCIÓN	**M-1**	**M-2**
Peso Húmedo + Recipiente	262.87	254.24
Peso Seco + Recipiente	261.44	252.95
Peso Recipiente	22.15	23.30
Peso Suelo Seco	239.29	229.65
Peso del Agua	1.43	1.29
Contenido de Humedad	0.60	0.56
Humedad Promedio %	**0.58**	

Tabla 4. Peso específico y porcentaje de absorción de los agregados fino y grueso para concreto de f'c = 210 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada	f'c = 210 kg/cm2 = 21.0 Mpa
Requerida	f'cr = 294 kg/cm2 = 29.4 Mpa

AGREGADO		**FINO**	**GRUESO**
Cantera		**Tacllán**	**Tacllán**
Tamaño Máximo de la muestra		Malla Nº 4	¾"
Tipo de Frasco utilizado		Probeta 500 ml	Probeta 1000 ml
Peso del frasco + Agua	(A)	691.50	1706.5
Peso de Material Superficial Seca al aire	(B)	522.80	1181.20
Peso de Material Saturado + Agua + Frasco (A+B)	(C)	1214.30	2887.70
Peso Global con desplazamiento de Volumen	(D)	1012.40	2442.90
Peso Volumen de Masa + Volumen Vacíos (C-D)	(E)	201.90	444.80
Peso Específico (B/E)		**2.59**	**2.66**

Nº Recipiente			
Peso Recipiente + Material superfic. seco en aire	(A)	301.25	1274.60
Peso Recipiente + Material seco en Estufa	(B)	294.68	1265.70
Peso del Agua (A-B)	(C)	6.57	8.90
Peso del Recipiente	(D)	24.60	93.40
Peso Material Secado en Estufa (B-D)	(E)	270.08	1172.30
Porcentaje de Absorción (C*100)/E)		**2.43**	**0.76**

Tabla 5. Peso específico y porcentaje de absorción de los agregados fino y grueso para concreto de f'c = 280 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 280 kg/cm2 = 28.0 Mpa

Requerida f'cr = 364 kg/cm2 = 36.4 Mpa

AGREGADO		**FINO**	**GRUESO**
Cantera		**Tacllán**	**Tacllán**
Tamaño Máximo de la muestra		Malla Nº 4	¾"
Tipo de Frasco utilizado		Probeta 500 ml	Probeta 1000 ml
Peso del frasco + Agua	(A)	691.50	1706.5
Peso de Material Superficial Seca al aire	(B)	522.80	1181.20
Peso de Material Saturado + Agua + Frasco (A+B)	(C)	1214.30	2887.70
Peso Global con desplazamiento de Volumen	(D)	1012.40	2442.90
Peso Volumen de Masa + Volumen Vacíos (C-D)	(E)	201.90	444.80
Peso Específico (B/E)		**2.59**	**2.66**

Nº Recipiente			
Peso Recipiente + Material superfic. seco en aire	(A)	301.25	1274.60
Peso Recipiente + Material seco en Estufa	(B)	294.68	1265.70
Peso del Agua (A-B)	(C)	6.57	8.90
Peso del Recipiente	(D)	24.60	93.40
Peso Material Secado en Estufa (B-D)	(E)	270.08	1172.30

Porcentaje de Absorción (C*100)/E)	**2.43**	**0.76**

Tabla 6. Tamices o mallas estándar

Denominación del Tamiz	**Abertura en Pulgadas**	**Abertura en mm**
3”	3.00	75.00
11/2”	1.50	37.5
¾”	0.75	19.00
3/8”	0.375	9.50
Nº 4	0.187	4.75
Nº 8	0.0937	2.36
Nº 16	0.0469	1.18
Nº 30	0.0234	0.59
Nº 50	0.0117	0.295
Nº 100	0.0059	0.1475
Nº 200	0.0029	0.0737

Tabla 7. Módulo de fineza del agregado fino para concreto f'c = 210 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 210 kg/cm2 = 21.0 Mpa

Requerida f'cr = 294 kg/cm2 = 29.4 Mpa

Peso inicial seco (gr) = 1539.90 % que pasa N° 200 = 3.47

Peso lavado seco (gr) = 1486.60 % retenido N° 4 (gr) = 0.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO	% ACUMULADO	
				Retenido	Que pasa
# 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.360	297.10	19.29	19.29	80.71
#16	1.180	350.00	22.73	42.02	57.98
#30	0.590	377.50	24.51	66.53	33.47
# 50	0.297	224.20	14.56	81.09	18.91
# 100	0.149	189.60	12.31	93.40	6.60
# 200	0.074	48.20	3.13	96.53	3.47

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{19.29 + 42.02 + 66.53 + 81.09 + 93.40}{100}$$

Módulo de Fineza = 3.00

Tabla 8. Módulo de fineza del agregado grueso para concreto f'c = 210 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 210 kg/cm2 = 21.0 Mpa

Requerida f'cr = 294 kg/cm2 = 29.4 Mpa

Peso inicial seco (gr) = 3359.60 % que pasa N° = 0.44

Peso lavado seco (gr) = 3344.90 % retenido 2" (gr) = 0.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO	% ACUMULADO	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	1963.40	58.44	58.44	41.56
½"	12.700	1042.60	31.03	89.47	10.53

3/8”	9.500	301.90	8.99	98.46	1.54
# 4	4.760	37.00	1.10	99.56	0.44

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{58.44 + 98.46 + 99.56 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

Módulo de Fineza = 7.56

Tabla 9. Módulo de fineza del agregado fino para concreto f’c = 280 kg/cm2

Investigación: “Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013”
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f’c = 280 kg/cm2 = 28.0 Mpa

Requerida f’cr = 364 kg/cm2 = 36.4 Mpa

Peso inicial seco (gr) = 1539.90 % que pasa N° 200 = 3.47

Peso lavado seco (gr) = 1486.60 % retenido N° 4 (gr) = 0.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO	% ACUMULADO	
				Retenido	Que pasa
# 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.360	297.10	19.29	19.29	80.71
#16	1.180	350.00	22.73	42.02	57.98
#30	0.590	377.50	24.51	66.53	33.47
# 50	0.297	224.20	14.56	81.09	18.91
# 100	0.149	189.60	12.31	93.40	6.60

# 200	0.074	48.20	3.13	96.53	3.47

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{19.29 + 42.02 + 66.53 + 81.09 + 93.40}{100}$$

Módulo de Fineza = 3.00

Tabla 10. Módulo de fineza del agregado grueso para concreto f'c = 280 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 280 kg/cm2 = 28.0 Mpa

Requerida f'cr = 364 kg/cm2 = 36.4 Mpa

Peso inicial seco (gr) = 3359.60 % que pasa N° = 0.44

Peso lavado seco (gr) = 3344.90 % retenido 2" (gr) = 0.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO	% ACUMULADO	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00

¾”	19.000	1963.40	58.44	58.44	41.56
½”	12.700	1042.60	31.03	89.47	10.53
3/8”	9.500	301.90	8.99	98.46	1.54
# 4	4.760	37.00	1.10	99.56	0.44

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{58.44 + 98.46 + 99.56 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

Módulo de Fineza = 7.56

Tabla 11. Pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados fino y grueso para concreto f’c = 210 kg/cm2

Investigación: “Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013”
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f’c = 210 kg/cm2 = 21.0 Mpa

Requerida f’cr = 294 kg/cm2 = 29.4 Mpa

Agregado: Fino **Cantera: Tacllán**

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE Nº	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Peso de Molde + Material	7502.00	7506.00	7512.00	7922.00	7898.00	7904.00
Peso del Molde	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00
Peso del Material	4697.00	4701.00	4707.00	5117.00	5093.00	5099.00

Volumen del Molde	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46
Peso Unitario (kg/m3)	1681.00	1682.00	1684.00	1831.00	1823.00	1825.00
Peso Unitario Promedio (kg/m3)	**1682.00**			**1826.00**		

Agregado: Grueso **Cantera: Tacllán**

TIPO DE PESO UNITARIO	**Peso Unitario Suelto**			**Peso Unitario Compacto**		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
MOLDE Nº	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Peso de Molde + Material	6522.00	6532	6560.00	7102.00	7132.00	7112.00
Peso del Molde	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00
Peso del Material	3717.00	3727.00	3755.00	4297.00	4327.00	4307.00
Volumen del Molde	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46
Peso Unitario (kg/m3)	1330.00	1334.00	1344.00	1538.00	1548.00	1541.00
Peso Unitario Promedio (kg/m3)	**1336.00**			**1542.00**		

Tabla 12. Pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados fino y grueso para concreto f'c = 280 kg/cm2

Investigación: "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Tacllán y topex-concreto listo, Huaraz-2013"
Responsable: Ing. Víctor Raúl Villegas Zamora
Lugar: Huaraz Fecha: Diciembre 2013

RESISTENCIA DE DISEÑO

Especificada f'c = 280 kg/cm2 = 28.0 Mpa

Requerida f'cr = 364 kg/cm2 = 36.4 Mpa

Agregado: Fino **Cantera: Tacllán**

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
MOLDE Nº	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Peso de Molde + Material	7502.00	7506.00	7512.00	7922.00	7898.00	7904.00
Peso del Molde	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00
Peso del Material	4697.00	4701.00	4707.00	5117.00	5093.00	5099.00
Volumen del Molde	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46
Peso Unitario (kg/m3)	1681.00	1682.00	1684.00	1831.00	1823.00	1825.00
Peso Unitario Promedio (kg/m3)	**1682.00**			**1826.00**		

Agregado: Grueso **Cantera: Tacllán**

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
MOLDE Nº	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Peso de Molde + Material	6522.00	6532	6560.00	7102.00	7132.00	7112.00
Peso del Molde	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00	2805.00
Peso del Material	3717.00	3727.00	3755.00	4297.00	4327.00	4307.00
Volumen del Molde	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46	2794.46
Peso Unitario (kg/m3)	1330.00	1334.00	1344.00	1538.00	1548.00	1541.00
Peso Unitario Promedio (kg/m3)	**1336.00**			**1542.00**		

Tabla 14. Diseño de mezclas de concreto – Método ACI 211 para un concreto F'c = 210 kg/cm2

RESISTENCIA DE DISEÑO	
F'c = 210 kg/cm2	**F'rc = 294 kg/cm2**

Agregado: Fino **Cantera: Tacllán**

Datos Técnicos Agregado Fino	
Módulo de fineza = 3.00	Peso Específico (Ton/m3) = 2.590
Contenido de Humedad (%) = 3.08	Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1682
Absorción (%) = 2.43	Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1826

Agregado: Grueso **Cantera: Tacllán**

Datos Técnicos Agregado Grueso	
Módulo de fineza = 7.56	Peso Específico (Ton/m3) = 2.660
Contenido de Humedad (%) = 0.58	Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1336
Absorción (%) = 0.76	Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1542

Valores de Diseño	
Resistencia a la Compresión = 210	Peso Específico del Cemento = 3.11
Tamaño máximo Nominal (Pulg) = 3/4	Revenimiento (Pulg) = 3 – 4
Agua de Mezclado (Lt) = 205	Aire incluido (%) = 2
Relación a/c = 0.55	Volumen de Agregado Grueso (m3) = 0.35

Cantidad de Materiales por m3 de Concreto	
Material	**Kg/m3**
Cemento	373.20 (8.78 bolsas/m3)
Arena	819.62
Piedra	931.05
Agua	201.35

Materiales	**Proporciones**	
	Peso	**Volumen**
Cemento	1.0	1.0
Arena	2.2	1.2

Piedra	2.5	2.8
Agua	0.54	22.9 Lt/bolsa

Tabla 15. Diseño de mezclas de concreto – Método ACI 211 para un concreto F'c = 280 kg/cm2

RESISTENCIA DE DISEÑO	
F'c = 280 kg/cm2	**F'rc = 364 kg/cm2**

Agregado: Fino **Cantera: Arena de Río - Tacllán**

Datos Técnicos Agregado Fino	
Módulo de fineza = 3.00	Peso Específico (Ton/m3) = 2.590
Contenido de Humedad (%) = 3.08	Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1682
Absorción (%) = 2.43	Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1826

Agregado: Grueso **Cantera: Canto Rodado – Tacllán**

Datos Técnicos Agregado Grueso	
Módulo de fineza = 7.56	Peso Específico (Ton/m3) = 2.660
Contenido de Humedad (%) = 0.58	Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1336
Absorción (%) = 0.76	Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1542
Valores de Diseño	
Resistencia a la Compresión = 280	Peso Específico del Cemento = 3.11
Tamaño máximo Nominal (Pulg) = 3/4	Revenimiento (Pulg) = 3 – 4
Agua de Mezclado (Lt) = 205	Aire incluido (%) = 2
Relación a/c = 0.46	Volumen de Agregado Grueso (m3) = 0.35
Cantidad de Materiales por m3 de Concreto	
Material	**Kg/m3**

Cemento	449.71 (10.58 bolsas/m3)
Arena	870.35
Piedra	931.05
Agua	201.35

Materiales	**Proporciones**	
	Peso	**Volumen**
Cemento	1.0	1.0
Arena	1.9	1.7
Piedra	2.1	2.3
Agua	0.45	19.0 Lt/bolsa

Tabla 17. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento sol, para f'c de diseño = 210 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F'C**	**F'CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3" – 4"	08.03.14	22.03.14	14	210	259.30
	2	3" – 4"	08.03.14	22.03.14	14	210	228.10
	3	3" – 4"	08.03.14	22.03.14	14	210	281.20
	Promedio						**256.20**
	1	3" – 4"	07.03.14	28.03.14	21	210	302.00

0.55	2	3” – 4”	07.03.14	28.03.14	21	210	325.90
	3	3” – 4”	07.03.14	28.03.14	21	210	285.80
	Promedio						**304.60**
	1	3” – 4”	07.03.14	04.04.14	28	210	357.80
	2	3” – 4”	07.03.14	04.04.14	28	210	339.00
	3	3” – 4”	07.03.14	04.04.14	28	210	288.50
	Promedio						**328.43**

Tabla 18. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento sol, para f’c de diseño = 280 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3” – 4”	08.03.14	22.03.14	14	280	288.50
	2	3” – 4”	08.03.14	22.03.14	14	280	297.80
	3	3” – 4”	08.03.14	22.03.14	14	280	308.10
	Promedio						**298.13**
	1	3” – 4”	10.03.14	31.03.14	21	280	367.90

0.46	2	3” – 4”	10.03.14	31.03.14	21	280	359.60
	3	3” – 4”	10.03.14	31.03.14	21	280	372.40
	Promedio						**366.63**
	1	3” – 4”	10.03.14	07.04.14	28	280	374.70
	2	3” – 4”	10.03.14	07.04.14	28	280	366.30
	3	3” – 4”	10.03.14	07.04.14	28	280	425.10
	Promedio						**388.70**

Tabla 19. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento quisqueya, para f’c de diseño = 210 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3” – 4”	09.04.14	23.04.14	14	280	308.10
	2	3” – 4”	09.04.14	23.04.14	14	280	296.10
	3	3” – 4”	09.04.14	23.04.14	14	280	315.20
	Promedio						**306.47**

0.55	1	3” – 4”	09.04.14	30.04.14	21	280	422.10
	2	3” – 4”	09.04.14	30.04.14	21	280	367.10
	3	3” – 4”	09.04.14	30.04.14	21	280	385.68
	Promedio						**391.63**
	1	3” – 4”	09.04.14	07.05.14	28	280	410.04
	2	3” – 4”	09.04.14	07.05.14	28	280	418.50
	3	3” – 4”	09.04.14	07.05.14	28	280	415.80
	Promedio						**414.78**

Tabla 20. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento quisqueya, para f’c de diseño = 280 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3” – 4”	10.04.14	24.04.14	14	210	306.40
	2	3” – 4”	10.04.14	24.04.14	14	210	333.10
	3	3” – 4”	10.04.14	24.04.14	14	210	314.60

0.46	**Promedio**						**318.03**
	1	3” – 4”	10.04.14	01.05.14	21	210	422.00
	2	3” – 4”	10.04.14	01.05.14	21	210	421.70
	3	3” – 4”	10.04.14	01.05.14	21	210	398.50
	Promedio						**414.07**
	1	3” – 4”	10.04.14	08.05.14	28	210	432.50
	2	3” – 4”	10.04.14	08.05.14	28	210	413.20
	3	3” – 4”	10.04.14	08.05.14	28	210	426.80
	Promedio						**424.17**

Tabla 21. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento inka, para f’c de diseño = 210 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3” – 4”	22.04.14	06.05.14	14	210	252.80
	2	3” – 4”	22.04.14	06.05.14	14	210	255.70

	3	3” – 4”	22.04.14	06.05.14	14	210	247.90
	Promedio						**252.13**
0.55	1	3” – 4”	22.04.14	13.05.14	21	210	265.30
	2	3” – 4”	22.04.14	13.05.14	21	210	298.10
	3	3” – 4”	22.04.14	13.05.14	21	210	286.60
	Promedio						**283.33**
	1	3” – 4”	22.04.14	20.05.14	28	210	344.70
	2	3” – 4”	22.04.14	20.05.14	28	210	348.10
	3	3” – 4”	22.04.14	20.05.14	28	210	332.80
	Promedio						**341.87**

Tabla 22. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con cemento inka, para f’c de diseño = 280 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**
	1	3” – 4”	23.04.14	07.05.14	14	280	276.20

	2	3” – 4”	23.04.14	07.05.14	14	280	282.60
	3	3” – 4”	23.04.14	07.05.14	14	280	293.30
	Promedio						**284.03**
0.46	1	3” – 4”	23.04.14	14.05.14	21	280	320.30
	2	3” – 4”	23.04.14	14.05.14	21	280	311.10
	3	3” – 4”	23.04.14	14.05.14	21	280	318.90
	Promedio						**316.77**
	1	3” – 4”	23.04.14	21.05.14	28	280	357.70
	2	3” – 4”	23.04.14	21.05.14	28	280	350.60
	3	3” – 4”	23.04.14	21.05.14	28	280	364.40
	Promedio						**357.57**

Tabla 23. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con topex, para f’c de diseño = 210 kg/cm2

BRIQUETA		**SLUMP**	**FECHA**		**EDAD**	**F’C**	**F’CR**
REL. A/C	**Nº**	**Pulg.**	**MOLDEO**	**ROTURA**	**(Días)**	**Kg/cm2**	**Kg/cm2**

	1	3” – 4”	30.04.14	14.05.14	14	210	160.64
	2	3” – 4”	30.04.14	14.05.14	14	210	153.80
	3	3” – 4”	30.04.14	14.05.14	14	210	174.40
	Promedio						**162.95**
	1	3” – 4”	30.04.14	21.05.14	21	210	189.90
0.55	2	3” – 4”	30.04.14	21.05.14	21	210	203.20
	3	3” – 4”	30.04.14	21.05.14	21	210	175.50
	Promedio						**189.53**
	1	3” – 4”	30.04.14	28.05.14	28	210	214.60
	2	3” – 4”	30.04.14	28.05.14	28	210	189.90
	3	3” – 4”	30.04.14	28.05.14	28	210	228.60
	Promedio						**211.03**

Tabla 24. Resistencia a la compresión de briquetas de concreto, fabricadas con topex, para f’c de diseño = 280 kg/cm2

BRIQUETA	SLUMP	FECHA	EDAD	F’C	F’CR

REL. A/C	Nº	Pulg.	MOLDEO	ROTURA	(Días)	Kg/cm2	Kg/cm2
0.46	1	3” – 4”	---	---	14	280	---
	2	3” – 4”	---	---	14	280	---
	3	3” – 4”	---	---	14	280	---
	Promedio						
	1	3” – 4”	---	---	21	280	---
	2	3” – 4”	---	---	21	280	---
	3	3” – 4”	---	---	21	280	---
	Promedio						
	1	3” – 4”	---	---	28	280	---
	2	3” – 4”	---	---	28	280	---
	3	3” – 4”	---	---	28	280	---
	Promedio						

ANEXO II

FIGURAS

Figura 1. Vista panorámica de cantera Tacllán

Figura 2. Vista panorámica de cantera Tacllán en cause del Rio Santa

Figura 3. Vista panorámica de cantera Tacllán en cauce del Río Santa

Figura 4. Estufa para realizar el ensayo de contenido de humedad-agregado fino

Figura 5. Estufa para realizar el ensayo de contenido de humedad-agregado grueso

Figura 6. Equipo para realizar el ensayo de absorción del agregado fino

Figura 7. Equipo para realizar el ensayo de absorción del agregado fino

Figura 8. Equipo para realizar el ensayo de peso específico del agregado fino

Figura 9. Equipo para determinar el peso de material saturado superficialmente seco del agregado fino

Figura 10. Equipo para determinar el peso de material saturado superficialmente seco del agregado fino

Figura 11. Equipo para determinar el peso de material saturado superficialmente seco del agregado fino

Figura 12. Equipo para realizar el análisis granulométrico del agregado grueso

Figura 13. Equipo para realizar el análisis granulométrico del agregado fino

Figura 14. Balanza para pesado de materiales, trompo para mezclado

Figura 15. Determinación del slump dela mezcla de concreto mediante el Cono de Abrhams

Figura 16. Equipo y fabricación de briquetas de concreto con cemento sol

Figura 17. Equipo y fabricación de briquetas de concreto con cemento quisqueya

Figura 18. Curado de briquetas de concreto con agua

Figura 19. Equipo y fabricación de briquetas de concreto con cemento inka

Figura 20. Fabricación de briquetas de concreto con topex-concreto fácil

Figura 21. Mezclado en trompo del topex para la fabricación de briquetas de concreto

Figura 22. Máquina uniaxial simple para ensayo de briquetas de concreto a la compresión

Figura 23. Ensayo de briqueta de concreto a la compresión

Figura 24. Ensayo de briqueta de concreto a la compresión y forma de falla a la rotura

Figura 25. Colocación de briqueta de concreto en la máquina uniaxial simple

Figura 26. Aplicación de carga a la briqueta de concreto en la máquina uniaxial simple