

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**“COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y
ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES
JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. KATHERINE LISETH ZAMBRANO ROJAS

ASESOR:

Dr. Ing. Wilfredo Renán Fernández Muñoz

CAJAMARCA – PERÚ

2017

DEDICATORIA:

Dedico esta Tesis a mis padres, Catalina y Marcelino y a mis hermanos quienes siempre me apoyaron y me mantuvieron motivada para culminar este desafío.

A todos aquellos con espíritu de investigación.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por guiarme por el camino correcto y darme la fortaleza para seguir adelante siempre.

A mis padres a quienes les debo la vida, lo que soy y lo que pretendo ser, por su apoyo, confianza y darme la herencia más valiosa que me pudieron haber dejado los amo.

A mis hermanos que han sido un modelo a seguir dándome un ejemplo para conseguir siempre lo que se anhela.

Quisiera agradecer también a todos los docentes que me encaminaron durante la carrera.

A todos los que me apoyaron de una u otra forma en todo este camino.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------------|
| ÍNDICE GENERAL | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| ÍNDICE DE IMÁGENES | vii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | vii |
| CAPÍTULO I | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 Formulación Del Problema:..... | 11 |
| 1.2 Hipótesis:..... | 12 |
| 1.3 Justificación de la investigación:..... | 12 |
| 1.4 Alcances de la investigación..... | 12 |
| 1.5 Delimitaciones y limitaciones de la investigación..... | 13 |
| 1.5.1 Delimitaciones..... | 13 |
| 1.5.2 Limitaciones..... | 13 |
| 1.6 Objetivos..... | 14 |
| 1.6.1 Objetivo General..... | 14 |
| 1.6.2 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 1.7 Tipo y Diseño de la investigación..... | 14 |
| 1.7.1 Tipo..... | 14 |
| 1.7.2 Diseño..... | 14 |
| CAPÍTULO II | 15 |
| MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 Antecedentes Teóricos De La Investigación:..... | 16 |
| 2.2 Bases Teóricas:..... | 18 |
| 2.2.1 Concreto. (Abraham Polanco Rodríguez – Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto)..... | 18 |
| 2.2.2 Propiedades del concreto fresco: (Enrique Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, diciembre 2000)..... | 20 |
| 2.2.3 Propiedades del concreto endurecido: (Enrique Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, diciembre 2000)..... | 22 |
| 2.2.4 Ensayos del concreto en estado endurecido..... | 23 |
| 2.2.5 Ensayos materia de la investigación..... | 24 |
| CAPÍTULO III | 38 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 38 |
| 3.1 Ubicación geográfica de la investigación..... | 39 |
| 3.2 Acceso al área en estudio..... | 40 |
| 3.3 Identificación de variables..... | 40 |
| 3.5 Toma de muestras..... | 41 |

| | | |
|---|--|------------|
| 3.6 | Materiales y Procedimiento: | 42 |
| 3.6.1 | Materiales: | 42 |
| 3.6.2 | Procedimiento:..... | 44 |
| CAPITULO IV..... | | 49 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | | 49 |
| 4.1 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE..... | 50 |
| 4.2 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES EXTRAIDOS CON DIAMANTINA | 51 |
| 4.3 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES EXTRAIDOS CON DIAMANTINA DE ACUERDO AL ACI 318..... | 52 |
| 4.4 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS PROVENIENTES DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRÍA | 54 |
| 4.5 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS RESULTADOS PROVENIENTES DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRÍA CON RESPECTO A LA RESISTENCIA DE DISEÑO | 56 |
| 4.6 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA CON UN ESCLERÓMETRO DE PROCEDENCIA AMERICANA..... | 58 |
| CAPÍTULO V..... | | 62 |
| CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 62 |
| 5.1 | CONCLUSIONES: | 63 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES:..... | 64 |
| 5.3 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:..... | 66 |
| ANEXOS | | 69 |
| ANEXO 1: INFORME TÉCNICO DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO EN LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL – CAJAMARCA..... | | 70 |
| ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS..... | | 74 |
| ANEXO 2: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA..... | | 79 |
| ANEXO 3: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA. | | 82 |
| ANEXO 3: PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESO AL ÁREA EN ESTUDIO. . | | 102 |
| ANEXO 4: CERTIFICADO DE DESARROLLO DE TESIS EN LABORATORIO..... | | 105 |
| ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO | | 107 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Factores de correlación para la relación longitud/diámetro. | 31 |
| Tabla 2: Operacionalización de variables | 41 |
| Tabla 3: Coordenadas UTM de los puntos de estudio. | 42 |
| Tabla 4: Resistencia a la compresión de cubos con respecto al valor del rebote R (número de la lectura en el martillo de concreto)..... | 45 |
| Tabla 5: Resultado de los ensayos de esclerometría o prueba del martillo de rebote. | 50 |
| Tabla 6: Resultado de los ensayos a compresión de los especímenes de concreto extraídos con diamantina..... | 51 |
| Tabla 7: Evaluación de los resultados del Jr. Japón. | 53 |
| Tabla 8: Evaluación de los resultados del Jr. Portugal..... | 53 |
| Tabla 9: Evaluación de los resultados del Jr. Brasil. | 53 |
| Tabla 10: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Japón. | 54 |
| Tabla 11: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Portugal. | 54 |
| Tabla 12: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Brasil..... | 55 |
| Tabla 13: Promedio de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Japón, Portugal y Brasil..... | 55 |
| Tabla 14: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño –Jirón Japón..... | 56 |
| Tabla 15: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño –Jirón Portugal | 56 |
| Tabla 16: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño –Jirón Brasil. | 57 |
| Tabla 17: Promedio de la variación porcentual de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño..... | 57 |
| Tabla 18: Ensayo de esclerometría –Esclerómetro Mecánico Forney L.P – Jirón Brasil | 59 |
| Tabla 19: Ensayo de esclerometría –Esclerómetro Mecánico Forney L.P – Jirón Japón..... | 59 |
| Tabla 20: Ensayo de resistencia a la compresión | 60 |
| Tabla 21: Variación porcentual con el esclerómetro de procedencia americana | 60 |
| Tabla 22: Variación Porcentual al no utilizar ningún sistema de cabeceo y al utilizar mortero de azufre para el refrendado..... | 61 |
| Tabla 23: Informe técnico del Diseño de mezclas del concreto de la pavimentación de los Jirones: Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca | 71 |
| Tabla 24: Análisis Granulométrico de agregados Finos | 72 |
| Tabla 25: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso | 73 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|-----|
| Imagen N° 1: Corte longitudinal del esclerómetro | 34 |
| Imagen N° 2: Ubicación de Cajamarca con respecto al Perú. | 39 |
| Imagen N° 3: Ubicación de Cajamarca con respecto al departamento. | 39 |
| Imagen N° 4: Fotografía satelital de la ubicación y acceso de la zona de estudio. | 40 |
| Imagen N° 5: Esclerómetro. | 43 |
| Imagen N° 6: Piedra abrasiva | 43 |
| Imagen N° 7: Equipo sonda provisto de brocas diamantadas provisto de tanque de agua. | 44 |
| Imagen N° 8: Esquema secuencial de Ensayo de Esclerometría | 45 |
| Imagen N° 9: Posición y ángulo de impacto del Esclerómetro..... | 45 |
| Imagen N° 10: Esquema secuencial de Ensayo de Extracción de corazones de concreto por Diamantina. | 47 |
| Imagen N° 11: Ábaco para determinar la resistencia a compresión | 58 |
| Imagen N° 12: Pulido superficial en la zona de prueba para realizar el ensayo de esclerometría - Cuadra 1 del Jr. Brasil..... | 108 |
| Imagen N° 13: Ensayo de Esclerometría P-8, realizado en la cuadra 1 del Jr. Japón. | 108 |
| Imagen N° 14: Ensayo de Esclerometría P-9 - Cuadra 1 del Jr. Portugal..... | 108 |
| Imagen N° 15: Ensayo de Esclerometría P-5, Cuadra 1 del Jr. Brasil. | 109 |
| Imagen N° 16: Ensayo de Esclerometría P-6 Cuadra 1 del Jr. Brasil. | 109 |
| Imagen N° 17 Ensayo de Esclerometría P-7 y lectura del número de rebote en la escala al número entero más cercano- Cuadra 1 del Jr. Japón..... | 110 |
| Imagen N° 18: Colocado del taco de expansión en el pavimento del P7, Cuadra 1 del Jr. Japón..... | 110 |
| Imagen N° 19 Extracción del espécimen de Concreto P-7 - Cuadra 1 del Jr. Japón. | 111 |
| Imagen N° 20: Extracción del espécimen de Concreto P-2 - Intersección del Jr. Portugal y Brasil..... | 111 |
| Imagen N° 21: Extracción del Especimen de Concreto P-4 - Cuadra 1 del Jr. Brasil | 112 |
| Imagen N° 22: Especímenes aserrados o esmerillados | 112 |
| Imagen N° 23: Máquina Universal lista para los ensayos | 113 |
| Imagen N° 24: Especimen refrendado con mortero de azufre y espécimen sin refrendar..... | 113 |
| Imagen N° 25: Ensayo a Compresión Uniaxial del espécimen de concreto endurecido | 114 |
| Imagen N° 26: Ensayo de esclerometría con el esclerómetro de la marca FORNEY. L.P | 114 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico N° 1: Análisis granulométrico del agregado fino. | 72 |
| Gráfico N° 2: Análisis granulométrico del agregado grueso. | 73 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación pretende efectuar una contribución práctica a la comunidad utilizando y comparando métodos destructivos y no destructivos como son: extracción de especímenes de concreto con diamantina y uso del esclerómetro respectivamente, en la pavimentación de los Jirones Japón, Portugal y Brasil ubicados en el sector 17 de la ciudad de Cajamarca.

Se analizó la diferencia de los resultados de la resistencia a compresión entre los ensayos de Diamantina y esclerometría y estos a su vez con la resistencia especificada de diseño, para ello se realizaron 18 extracciones de especímenes de concreto de 4" de diámetro con diamantina, refrendados y ensayados a compresión uniaxial de acuerdo a las Normas Técnicas vigentes y 18 ensayos de esclerometría ubicados convenientemente de acuerdo al área en estudio. Previo a realizar los ensayos se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas de la pavimentación de los jirones mencionados, tales como: resistencia especificada de diseño $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, proporcionamiento del diseño de mezclas: 1: 4.02: 2.79/19.90 Lt/bolsa. / 288cm³ Sikament 290N/bolsa, tipo de cemento utilizado: Cemento Nacional Tipo I, cantera de procedencia de los agregados y aditivo utilizado Sikament 290N.

Los resultados experimentales mostraron que los valores de resistencia a la compresión provenientes de los ensayos de esclerometría son 19.39% mayores que los que se obtiene en los ensayos a compresión de los especímenes de concreto extraídos con diamantina.

Palabras clave: Concreto, especímenes, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The present research aims to make a practical contribution to the community using and comparing destructive and non destructive methods such as: extraction of concrete specimens with diamantine and use of the sclerometer, respectively, in the paving of the Jirones Japan, Portugal and Brazil located in Sector 17 of the city of Cajamarca.

The difference in the results of the compression strength between the Diamantina and sclerometry tests and the specimens with the specified design strength was analyzed. For this purpose, 18 specimens of 4 "diameter specimens with diamantine, And tested to uniaxial compression according to the current Technical Standards and 18 sclerometry tests conveniently located according to the study area. Prior to performing the tests, the technical specifications of the paving of the mentioned strips were taken into account, such as: resistance Sikament 290N / bag, type of cement used: National Cement Type I, quarry of the origin of the cement Aggregates and additive used Sikament 290N.

The experimental results showed that the values of compressive strength from the sclerometry tests are 19.39% greater than those obtained in the compression tests of the concrete specimens extracted with diamantine.

Keywords: Concrete, specimens, compressive strength.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década la construcción en el Perú resulta ser uno de los sectores productivos que impulsa considerablemente la economía nacional. Sin embargo en los últimos tiempos se puede apreciar que una parte, cada vez más importante, de los gastos para ejecutar un proyecto de construcción, se destinan a la reconstrucción, reparación y/o mantenimiento de las diferentes estructuras de concreto, ante esta situación los ensayos destructivos y no destructivos en general juegan un papel importante en el control de calidad para obtener información de la estructura, concerniente a la resistencia de materiales (entre los cuales principalmente tenemos al concreto), el grado de deterioro y durabilidad.

Actualmente en la mayoría de los casos los ingenieros son conscientes de la necesidad de los ensayos in situ, pero es imprescindible conocer las limitaciones y las propiedades evaluadas con cada método de control. En efecto utilizar un método no adecuado puede llevar a una pérdida de tiempo y de dinero significativa.

Es por ello que la presente investigación utilizará como método de control destructivo la extracción de especímenes de concreto por medio de diamantina y como método no destructivo el uso del esclerómetro, herramienta que evalúa la dureza superficial del concreto in situ por medio de la medición del rebote de un de un émbolo sin provocar ningún daño en la estructura.

Estos ensayos son dos maneras de verificar la resistencia a la compresión del concreto en una estructura existente es por ello que las entidades encargadas de la supervisión de las obras, utilizan estos métodos que les ayudan para la aprobación y desaprobación de las estructuras sometidas a evaluación.

1.1 Formulación Del Problema:

¿Cuál es la comparación de los ensayos de diamantina y esclerometría de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca?

1.2 Hipótesis:

Los resultados de resistencia a compresión provenientes de los ensayos de esclerometría son 15% mayores que los que se obtienen de los ensayos a compresión de los especímenes de concreto extraídos con diamantina.

1.3 Justificación de la investigación:

Con la presente investigación se desea determinar la resistencia a compresión de la pavimentación de los Jirones Japón, Portugal y Brasil de la ciudad de Cajamarca por medio de los ensayos de diamantina y esclerometría a fin de comparar los valores de estos dos ensayos y determinar el porcentaje en el que difieren.

Esta investigación está dirigida a los representantes de las empresas constructoras encargadas del control de calidad, ingenieros, maestros de obra, albañiles y población civil en general de la ciudad de Cajamarca. Asimismo está dirigida a estudiantes que deseen continuar con la investigación a la que se avoca esta tesis.

Se busca establecer una línea de investigación en la Facultad de Ingeniería con el propósito de permitir una secuencia en la aplicación de ensayos destructivos y no destructivos para determinar las diferentes propiedades del concreto y así contribuir a mejorar de manera continua la obtención de información acerca de calidad del concreto de las diferentes estructuras existentes en nuestra ciudad.

1.4 Alcances de la investigación

La presente investigación tiene por finalidad comparar los valores de resistencia a compresión uniaxial del concreto proveniente de los ensayos de esclerometría y diamantina de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil de la ciudad de Cajamarca.

El presente estudio permitió obtener información acerca de la resistencia, grado de confiabilidad y efectividad en cuanto a cuál de los ensayos de esclerometría o extracción de especímenes de concreto con diamantina

nos brindan mejores resultados y que nos puedan llevar a la aceptación y no aceptación de estructura a evaluar.

Los ensayos de resistencia a compresión fueron realizados en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.5 Delimitaciones y limitaciones de la investigación

1.5.1 Delimitaciones

La presente investigación se ha realizado en la pavimentación de los Jirones: Japón, Brasil y Portugal de la ciudad de Cajamarca, al inicio de los trabajos se obtuvo adecuada documentación como base de partida, tales como: edad del concreto, diseño de mezcla del concreto, especificaciones técnicas y planos para luego realizar los ensayos destructivos y no destructivos: Ensayo de Diamantina y el uso del esclerómetro respectivamente ubicados convenientemente de acuerdo al área de estudio.

1.5.2 Limitaciones

En el Perú, no han sido ampliamente difundidos y estudiados los métodos destructivos y no destructivos para determinar las propiedades inherentes de los materiales in situ, esta escasa información en nuestro medio se convierte en un limitante para el desarrollo de la tesis.

El laboratorio de la universidad nacional de Cajamarca no cuenta con equipos para realizar ensayos de diamantina: sondas provistas de brocas diamantadas, ni equipos para el aserrado de las caras de los especímenes.

Los trámites realizados en la Municipalidad Provincial de Cajamarca para sacar los permisos necesarios son muy engorrosos.

1.6 Objetivos.

1.6.1 Objetivo General

- Comparar los valores de resistencia a la compresión uniaxial del concreto provenientes de los ensayos de diamantina y esclerometría efectuados en la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Comparar la resistencia de diseño especificada con la resistencia a compresión proveniente de los ensayos de diamantina y esclerometría.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca, por medio del esclerómetro.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca, por medio del ensayo de diamantina.

1.7 Tipo y Diseño de la investigación

1.7.1 Tipo

El tipo de investigación de la tesis fue aplicada, explicativo y finalmente comparativo.

1.7.2 Diseño

Teniendo en cuenta el propósito de la investigación y de acuerdo a lo que se indica en esta tesis es una investigación transversal.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos De La Investigación:

Antecedentes internacionales:

REMIGIO ROJAS REYES (2012) en su tesis : “DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS A EDADES TEMPRANAS MEDIANTE EL EMPLEO DEL ESCLERÓMETRO”, en la ciudad de Xalapa, Veracruz –México.

Los ensayos esclerométricos permiten conocer la evolución de la resistencia de una manera económica y en poco tiempo, además de conocer la homogeneidad y calidad del concreto sin deteriorar la estructura, lo cual trae ciertas ventajas con respecto a los ensayos que se usan normalmente para conocer la resistencia a compresión del concreto y que de acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el seguimiento de la evolución de la resistencia a edades tempranas mediante el esclerómetro digital es confiable.

KARLA PAMELA CRESPO LEON Y NATIVIDAD LEONOR GARCIA TRONCOSO (2009) en su tesis “CORRELACIONES ENTRE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA CON AGREGADOS CALCÁREOS”, en la ciudad de Guayaquil –Ecuador.

Se relacionaron por medio de ensayos no destructivos (esclerometría y ultrasonido) tres tipos de ensayos destructivos que permitieron interpretar de manera acertada la resistencia del hormigón. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que las correlaciones entre ensayos mecánicos nos dan una idea muy precisa que ellos están perfectamente ligados entre sí, y que muchas de sus propiedades son influenciadas por los mismos factores como curado, compactación, densidad, entre otros; el número de rebotes de martillo esclerométrico es una prueba sencilla de realizar, pero sus resultados dependen de muchos factores, no tan solo de la resistencia del hormigón. Este método tiene un bajo coeficiente de variación. Sin embargo, esto no significa que las predicciones de resistencia son necesariamente confiables; Así mismo el ultrasonido tiene una buena correlación con la mayoría de los ensayos, pero esta se puede ver influenciada por muchos

factores, que en definitiva requieren de un buen criterio para que las correlaciones obtenidas puedan ser utilizadas con objetividad y veracidad

Antecedentes nacionales:

MAGNO OLIVARES ABAD (2013), en su tesis “EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO EQUIPOS Y MÉTODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS”, en la ciudad de Lima – Perú.

Con el equipo del esclerómetro se pudo concluir que es uno de los métodos más fáciles y prácticos para poder estimar la uniformidad de resistencia del concreto endurecido y así poder determinar la ubicación de la extracción de diamantinas o testigos.

En la prueba de velocidad de pulso ultrasónico con la aplicación del equipo del V- Meter Mark IV, se determinó la homogeneidad del concreto (homogeneidad y calidad relativa).

La permeabilidad medida con el equipo del Poroscope Plus, ayuda a determinar la calidad del recubrimiento en función de la permeabilidad, indicando la calidad protectora y en que categoría se encuentra.

La medición de potencial de corrosión con el equipo del Concreto Corrosión Mapping System, es un método de estimación sencilla usada para medir la diferencia de potencial eléctrico del acero de refuerzo de la estructura de concreto armado respecto a un electrodo de referencia saturado en cobre sulfato de cobre.

Mediante la aplicación de un conjunto amplio de técnicas no-destructivas de ensayo y análisis pudo determinarse que la estructura de concreto armado de la estructura tomada como aplicación presentaba, problemas de corrosión de armaduras causados, en principio, por la suma de distintos factores tales como, defectos constructivos (escaso o inexistente recubrimiento de concreto), acumulación de agua en sus cimientos, humedad ambiental y la edad de la estructura. Conocidas las causas y el grado de avance del deterioro pudieron reconocerse métodos de reparación adecuados a la severidad del problema tratado.

Antecedentes locales:

JANIEL PAREDES MORALES (2015) en su tesis: “NIVEL DE RIESGO SÍSMICO EN LA I. E. SAN MARCOS PROVINCIA SAN MARCOS” en la ciudad de Cajamarca – Perú.

Dentro de los instrumentos de recolección de datos usados en la tesis se realizaron ensayos in situ de esclerometría para evaluar la resistencia a compresión del concreto de los elementos estructurales (vigas y columnas). Con el cual se llegó a las siguientes Conclusiones:

Los pabellones A y B de la institución educativa “San Marcos” tienen vulnerabilidad media a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, el pabellón C tiene vulnerabilidad alta, a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, la inestabilidad de sus tabiques y mal estado de conservación.

La Institución Educativa “San Marcos”, tiene peligro sísmico alto, a causa de su alta sismicidad de la zona y las características de su suelo de fundación.

Las vigas y las columnas tienen un comportamiento aceptable ante cargas muertas y vivas (cargas de servicio), pero inadecuado ante cargas sísmicas, pudiendo llevarlas al colapso.

2.2 Bases Teóricas:

2.2.1 Concreto. (Abraham Polanco Rodríguez – Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto)

Definición:

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

Componentes del concreto:

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño

máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto. La Figura 1 muestra que el volumen absoluto del cemento está comprendido usualmente entre el 7% y el 15% y el agua entre el 14% y el 21%. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada, así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento. A continuación, se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.

- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción. Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto, a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para:

- Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento,
- Reducir la demanda de agua,
- Aumentar la trabajabilidad,
- Incluir intencionalmente aire, y
- Ajustar otras propiedades del concreto.

El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

2.2.2 Propiedades del concreto fresco: (Enrique Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, diciembre 2000)

Trabajabilidad.

Se define como la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto, y luego este puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

La trabajabilidad del concreto está determinada, entre otros factores, por las características, granulometría y proporción de los agregados

finos y gruesos, por cuanto dichos factores regulan la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable.

Consistencia.

Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; por lo que se entiende que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia de una mezcla está en función de su contenido de agua, de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

Por lo tanto, la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma; los menores asentamientos corresponden a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas. (*Enrique Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, Primera edición – diciembre 2000, Pág. 208*).

Segregación.

Es definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

Exudación.

Es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momento después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que

se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

2.2.3 Propiedades del concreto endurecido: (Enrique Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, diciembre 2000)

Resistencia.

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

Elasticidad.

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un "Módulo de elasticidad estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación inversa con la relación Agua/Cemento.

Extensibilidad.

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran figuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo

2.2.4 Ensayos del concreto en estado endurecido.

Estos ensayos se realizan para determinar la resistencia y/u otros parámetros de calidad mediante pruebas estándar efectuadas a especímenes de concreto fraguados o a especímenes extraídos de un elemento de concreto, los cuales pueden ser obtenidos en obra o en alguna evaluación realizada en laboratorio.

Se clasifican en:

Ensayos destructivos en el concreto.

Son pruebas realizadas sobre testigos de concreto que permiten determinar, generalmente de forma directa, ciertas propiedades inherentes al material, produciendo en ellos una alteración irreversible de su geometría dimensional y/o de su composición química. Se tiene, por ejemplo

- Ensayo de Diamantina.
- Ensayo de resistencia a compresión
- Ensayo a tracción indirecta
- Ensayo de contenido de cloruros (si se analiza una sección de concreto)
- Ensayo del grado de carbonatación (si se analiza una sección de concreto)
- Ensayo de permeabilidad
- Ensayo de humedad
- Ensayo de resistencia a la abrasión

Ensayos no destructivos en el concreto.

Son métodos que permiten inspeccionar o comprobar determinadas propiedades del concreto endurecido, sin afectar de forma permanente sus dimensiones, características de servicio, propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Cada método tiene ventajas y limitaciones, en general los ensayos no destructivos proveen datos no muy exactos acerca del estado de la variable a evaluar a comparación de los ensayos destructivos, por lo cual es conveniente complementar los resultados de ensayos no destructivos con datos provenientes de ensayos destructivos; sin embargo, suelen ser más económicos ya que no implican la destrucción del elemento evaluado y algunos de ellos permiten hacer más de una repetición.

Hay distintos métodos de ensayos no destructivos para concreto, cada uno de ellos depende del parámetro que se desee controlar y las condiciones bajo las cuales se realice el ensayo, entre estos métodos tenemos:

- Ensayo con esclerómetro o prueba del Martillo de Rebote.
- Ensayo de líquidos penetrantes.
- Ensayo de partículas magnetizables.
- Ensayo de emisiones acústicas.
- Ensayo de impacto acústico.
- Prueba de carga.

2.2.5 Ensayos materia de la investigación.

Los ensayos en el concreto endurecido son de especial interés ya que tienen por finalidad brindarnos información concerniente a la resistencia, grado de deterioro y durabilidad del concreto de la estructura que se esté evaluando. Para realizar la presente investigación se realizarán los siguientes ensayos: ensayos a la compresión de especímenes de concreto extraídos con Diamantina (Ensayo Destructivo – ED) y el Ensayo con Esclerómetro (Ensayo No Destructivo – END).

Ensayos de resistencia a la compresión.

Normas utilizadas:

ASTM C 39M – 16: Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Definición: Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área promedio de la sección del espécimen.

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o en mega pascales (MPa).

Importancia: Los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión se emplean fundamentalmente para verificar que la mezcla del concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) en la definición del proyecto. También se puede utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia en elementos estructurales que permitan definir la programación de los siguientes procesos constructivos en la ejecución de una obra (remoción de encofrados, puntales, etc.).

Equipo: La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre el espécimen de $0,25 \pm 0,05$ Mega Pascales, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento.

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la parte superior del espécimen, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de los especímenes a ser ensayadas.

Especímenes para el ensayo:

El ensayo se puede realizar con especímenes obtenidos en cualquiera de las siguientes condiciones:

- Especímenes curados y moldeados, de acuerdo con la Norma Técnica ASTM C31, de una muestra de concreto fresco.
- Especímenes extraídos de una estructura de concreto endurecido, de acuerdo con la Norma Técnica ASTM C42M -13.
- Especímenes producidos con moldes de cilindros colocados in situ (embebidos en la estructura), de acuerdo con la Norma Técnica ASTM C873.

Extracción de especímenes de concreto por diamantina

Normas utilizadas:

A.S.T.M. C 42M-13: Método normalizado de ensayo de obtención de especímenes perforados y vigas aserradas de concreto.

NTP 339.059: Método de ensayo para la obtención de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto).

Definición: Establece la obtención, preparación y ensayo de longitud, resistencia a la compresión, o resistencia a la tracción

por compresión diametral de corazones diamantinos de concreto y para determinar la resistencia a la flexión de vigas cortadas de concreto.

En este ensayo se aplica a la extracción de especímenes cilíndricos de concreto obtenidos a partir de estructuras existentes. Este espécimen se falla a compresión para determinar la resistencia del concreto de la estructura.

Importancia: El ensayo permite la evaluación de la resistencia del concreto a partir de especímenes representativos obtenidos por extracción.

Esta evaluación se realiza cuando se desea conocer la resistencia a la compresión del concreto de una estructura existente. La resistencia de los especímenes de concreto depende del grado de humedad al que está sometido, de la orientación hacia la cual fue extraído, de la ubicación del espécimen. En general no existe una relación estandarizada entre la resistencia del espécimen de concreto y la resistencia de los especímenes curados bajo el método estándar.

Aplicaciones: Para evaluar la resistencia del concreto en una estructura, en especial cuando la resistencia de los cilindros normalizados, modelados al pie de la obra es baja, se recomienda extraer especímenes (también llamadas corazones) del concreto endurecido.

Eventualmente este procedimiento puede emplearse en diferentes casos, por ejemplo, cuando ha ocurrido anomalías en el desarrollo de la construcción, fallas de curado, aplicación temprana de cargas, incendio, estructuras antiguas, o no cuenta con registros de resistencia, etc.

Equipo: Está conformado por:

Equipo sonda provisto de brocas diamantadas.

Es un taladro equipado con una broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante, carburo de silicio o algún material similar; debe contar con algún material similar; debe contar con un sistema de enfriamiento para la broca impida la alteración del concreto y el calentamiento de la misma.

Calibrador o vernier con apreciación de por lo menos 0.5 mm.

Es un aparato empleado para la medida de espesores y de diámetros interiores o exteriores de cilindros como así también para mediciones de profundidad o altura. Este instrumento además nos brinda la oportunidad de leer la medida en mm o en pulgadas.

Criterios generales: Los testigos cilíndricos para ensayos de compresión se extraen con un equipo sonda, provisto de brocas diamantadas, cuando el concreto ha adquirido suficiente resistencia para que durante el corte no se pierda la adherencia entre el agregado y la pasta. En todos los casos, el concreto deberá tener por lo menos 14 días de colocado. Deben tomarse tres especímenes por cada resultado de resistencia que esté por debajo de la resistencia a la compresión especificada del concreto ($f'c$).

De la extracción: La Extracción debe realizarse en forma perpendicular a la superficie del elemento cuidando que en la zona no existan juntas ni se encuentren próximas a los bordes deberán descartarse las especímenes dañados o defectuosos.

Geometría de los especímenes:

Diámetro:

- El diámetro de los testigos será por lo menos tres veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso usado en el concreto.

- La resistencia a compresión de un espécimen con diámetro nominal de 2 pulg. (50 mm) es conocido para ser algo bajo y más variable que aquellos especímenes con diámetro nominal de 4 pulg. (100 mm).

Longitud:

- La longitud del espécimen deberá ser tal que, cuando esté refrendado, sea prácticamente el doble de su diámetro o esté entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro.
- Especímenes con relación longitud-diámetro igual o menor que 1.75 requiere de un factor de corrección para la medida de la resistencia.
- No deberán utilizarse testigos cuya longitud antes del refrendado sea menor que el 95% de su diámetro.
- Podrán emplearse testigos de 8.5 cm de diámetro o más para agregados de 1 pulgada.

Preparación, curado y refrendado:

- Después de que los especímenes han sido taladrados, limpiar la superficie con agua y permitir que la humedad superficial remanente se evapore. Cuando las superficies parezcan secas pero no más tarde que 1 hora después de taladrados, colocar los especímenes en bolsas plásticas separadas o recipientes no absorbentes y sellados para prevenir la pérdida de humedad. Mantener los especímenes a temperatura ambiente y protegerlos de la exposición directa a los rayos de sol. Conservar los especímenes de concreto en bolsas plásticas selladas o recipientes no absorbentes todo el tiempo excepto durante la preparación final y por un tiempo máximo de 2 horas para permitir cabecearlo antes del ensayo.
- Los testigos deben de tener sus caras planas, paralelas entre ellas y perpendiculares al eje del espécimen, las protuberancias o irregularidades de las caras de ensayo

deberán ser eliminadas mediante aserrado cuando sobrepasen los 5 mm.

- El aserrado o esmerilado de los extremos del espécimen, complete esta operación tan pronto como sea practicable, pero no más tarde que 2 días después del taladrado de los especímenes.
- El A.C.I. recomienda que, si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deberán sacarse al aire (temperatura entre 15 y 30 °C, humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes de la prueba, y deberán probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar superficialmente húmedo en las condiciones de servicio, los corazones deben sumergirse en agua por lo menos 48 horas y probarse húmedos.
- Antes del ensayo a compresión, el espécimen deberá ser refrendado en ambas caras, de manera que se obtenga superficies adecuadas, con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrendan) con mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231).
- La medida de los especímenes diamantinos deberán ser hechos con una aproximación de 0.01 pulgadas (0.25 mm) cuando sea posible, pero nunca con menos aproximación que 0.1 pulgadas.

De los resultados y su corrección:

- En los casos que los especímenes tengan una relación entre longitud y diámetro, menor de 2, se deberán ajustar los resultados del ensayo de compresión, para corregir el

efecto de "zunchado" que se produce en el proceso de aplicación de las cargas.

El efecto de zunchado crea un estado triaxial de compresión en los extremos aumentando la resistencia en el espécimen. El zunchado se debe a que la carga de ensayo origina una deformación menor en el plato de acero de la máquina que en el concreto, por la diferencia entre los módulos de elasticidad de los materiales, la menor deformación de acero restringe la deformación del hormigón, originándose tensiones de compresión sobre este último. A medida que disminuye el tamaño de la probeta la resistencia se incrementa.

- Par los efectos de ajustar la resistencia a un equivalente de espécimen normal, podrán utilizarse los coeficientes normalizados de la Tabla 1, los valores que no estén indicados en la tabla, se obtendrán por interpolación.

Tabla 1: Factores de correlación para la relación longitud/diámetro.

| Relación longitud/diámetro | Factor de corrección según ASTM C 42M-13 | Factor de corrección según BSI |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| 2.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.75 | 0.98 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 | 0.94 |
| 1.00 | 0.87 | 0.92 |

Fuente: Norma ASTM C 42

- Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como estado de humedad, nivel de resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se presentan los valores promedio para las correcciones debidas a la relación longitud-diámetro.

Evaluación de resultados: De acuerdo al reglamento ACI 318, el concreto de la zona representada por las pruebas de corazones, se considera estructuralmente adecuada si el promedio de los tres corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia especificada ($f'c$) y ningún corazón tiene una resistencia menor del 75% de la resistencia especificada ($f'c$). A fin de comprobar la precisión de las pruebas, se pueden volver a probar zonas representativas de resistencias erráticas de los corazones.

Ensayo de esclerometría o prueba del martillo de rebote.

Normas utilizadas:

ASTM C805M-13a: Método Estándar del Número de rebote en concreto endurecido.

NTP 339.181: Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerometría).

Definición: La prueba está basada en el principio de que el rebote de una masa elástica depende de la dureza de la superficie sobre la que golpea la masa. En la prueba del martillo de rebote, una masa impulsada por un resorte tiene una cantidad fija de energía que se le imprime al extender el resorte hasta una posición determinada; esto se logra presionando el émbolo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarlo, la masa rebota del émbolo que aún está en contacto con el concreto y la distancia recorrida por la masa, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que se llama número de rebote y es señalado por un indicador que corre sobre una escala graduada. El número de rebote es una medida arbitraria, ya que depende de la energía almacenada en el resorte y del volumen de la masa.

Importancia: evalúa la dureza superficial del concreto por medio de la medición del rebote de un émbolo cargado con un resorte, después de haber golpeado una superficie plana de la estructura, la dureza superficial además de ser útil para revisar la uniformidad del concreto, es una indicación de la resistencia a compresión, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este método de prueba no es conveniente como para la aceptación o el rechazo del concreto.

Campo de aplicación: Originalmente fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes campos:

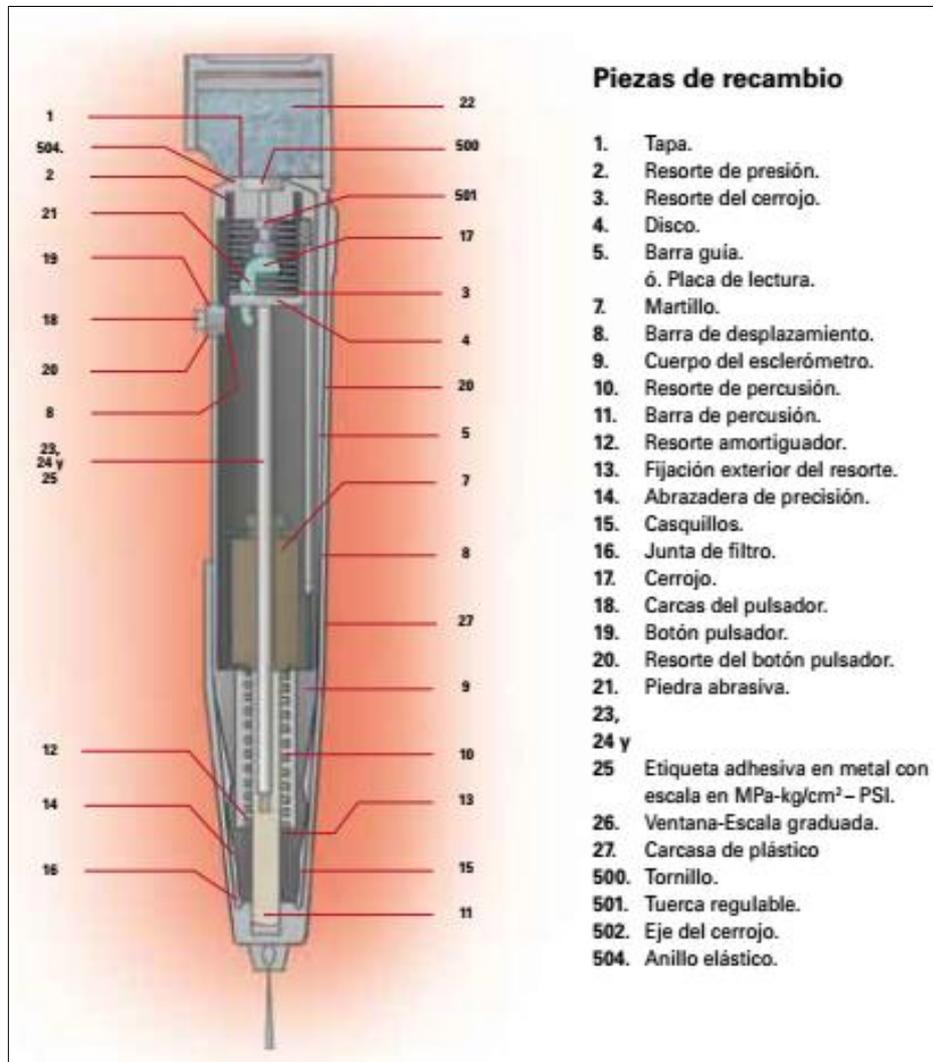
- Evaluar la uniformidad del concreto en una obra.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.
- Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de las estructuras.
- Determinar niveles de calidad resistente, cuando no se cuenta con información al respecto.
- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

Equipo:

- **Martillo de Rebote o Esclerómetro:** Consiste en una barra de acero (émbolo), la cual recibe el impacto de una pieza de acero impulsada por un resorte (Ver figura 2). Este impacto se trasmite a la superficie de concreto y debido a la resistencia de este, la pieza rebota y su desplazamiento máximo es registrado en una escala lineal fija al cuerpo del instrumento.

- **Piedra abrasiva:** Está constituida por granos de carburo de silicio de tamaño medio o de algún otro material y textura similar.

Imagen N° 1: Corte longitudinal del esclerómetro



Especímenes para el ensayo:

- La zona de prueba debe tener por lo menos 150 mm (6 pulgadas) de diámetro y 100 mm (4 pulgadas) de espesor, para evitar lecturas erróneas debido a la elasticidad de la pieza.
- Todos los elementos sueltos deben fijarse rígidamente para efectuar la prueba. En el caso de especímenes, se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión.

- Se deben evitar las áreas que exhiben vacíos, rugosidades o alta porosidad, de ser posible, las losas estructurales de apoyo para las pruebas deben evitar tener superficies con acabados.
- Deben elegirse las superficies de prueba de acuerdo a la representatividad del área por evaluar, en función de sus oquedades, desconchamiento, alta porosidad o textura rugosa. Cuando se desean comparar las características de dos elementos, estos deben tener aproximadamente la misma edad y condiciones de humedad.
- En colados de concreto de poca calidad, se considera que la dureza, el choque o la resistencia puede ir disminuyendo de abajo hacia arriba. Por esta razón, es necesario efectuar ensayos en diferentes puntos de la superficie, para obtener resultados confiables. Por su parte, en la evaluación de los elementos de una estructura de concreto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Las superficies aplanadas generalmente manifiestan un índice de rebote más alto que las superficies ásperas o con acabado poroso. Si es posible las losas estructurales deben ser probadas de abajo hacia arriba, para evitar superficies acabadas. Por su parte, el concreto a una temperatura de 273 K (0 °C) o menor, puede presentar un índice de rebote muy alto, por lo que, para realizar la prueba, el concreto debe descongelarse y esperar 24 horas a una temperatura de 5 °C.

Las lecturas que van a ser comparadas, deben corresponder a pruebas efectuadas a la misma dirección de impacto: horizontal, vertical, hacia arriba, hacia abajo o inclinadas con el mismo ángulo.

Martillos diferentes del mismo diseño nominal pueden dar índice de rebote diferente, por lo que las pruebas deben efectuarse con el mismo martillo, a fin de comparar resultados. Si se emplea

más de un dispositivo deben efectuarse un número suficiente de pruebas, sobre la superficie de un concreto patrón, de modo que se determine la magnitud de las diferencias que se pueden esperar.

Preparación de la superficie a prueba: Antes de la prueba deberá eliminarse de la superficie pintura, polvo o cualquier elemento no propio del concreto, que pueda afectar el índice de rebote.

Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación.

En concretos viejos, por consiguiente, excesivamente duros, se deberá quitar hasta unos 10 mm de la capa superficial, en lo que corresponde a una superficie para efectuar de 5 a 10 impactos con el esclerómetro.

Consideraciones del ensayo:

- La posición del aparato, en caso de cuatro ensayos comparativos deberá tener la misma dirección. La posición normal del aparato es horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba. El accionar angular dará resultados intermedios.
- Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura.
- Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 cm de distancia.
- Se tomarán 10 lecturas para obtener el promedio.
- Se deben eliminar las lecturas que difieran del promedio en más de 5 unidades y se determina un promedio final de las

lecturas. Si más de 3 lecturas difieren en 6 unidades del promedio, se deben de descartar todas las lecturas.

- Los ensayos son influenciados por la característica del concreto en la zona de impacto, los vacíos o la presencia de agregado grueso, disminuyen o incrementan los valores.
- Esto ocurre a menudo en concretos con agregado mayor a 2" o con menor de 140 kg/cm² de resistencia, en los cuales el método no es apropiado.
- El coeficiente de variación del número de rebote decrece con el incremento de la resistencia del concreto.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

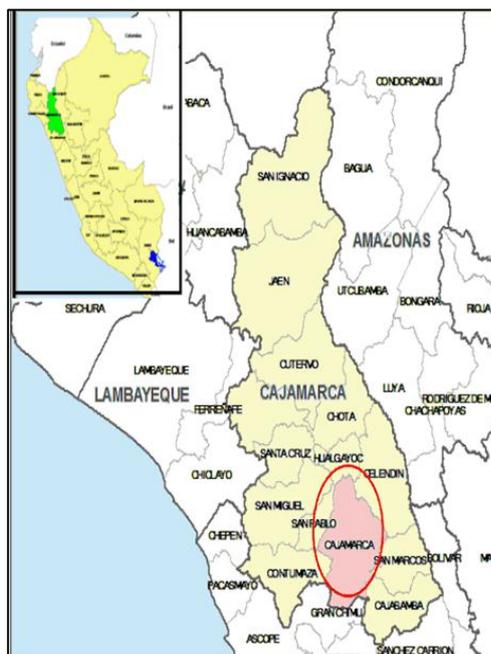
3.1 Ubicación geográfica de la investigación

Para el análisis de la presente investigación los ensayos se realizaron en el pavimento de los Jirones Portugal, Japón y Brasil ubicados al Noroeste con relación a la Plaza de Armas de Cajamarca, en el sector 17 Lucmacucho, de la Ciudad de Cajamarca, Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca y Región de Cajamarca -Perú; situada a una altura promedio de 2800 m.s.n.m.

Imagen Nº 2: Ubicación de Cajamarca con respecto al Perú.



Imagen Nº 3: Ubicación de Cajamarca con respecto al departamento.



3.2 Acceso al área en estudio.

La zona en estudio, se halla dentro de la zona urbana de la ciudad de Cajamarca, teniendo acceso directo a través de la prolongación Huánuco, ubicándose; teniendo como referencia espaldas del Colegio Nacional San Ramón, en el barrio Chontapaccha. (Ver anexo Plano de Ubicación y acceso al área de estudio).

Imagen Nº 4: Fotografía satelital de la ubicación y acceso de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth, Julio 2016

3.3 Identificación de variables.

Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión del concreto

Variable Independiente

- Ensayos de diamantina.
- Ensayos de esclerometría.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 2: Operacionalización de variables

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | NATURALEZA | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|--|------------------|--------------|--|---|--------------------------|
| Ensayo de Diamantina | Independiente | Cuantitativa | Método normalizado para la obtención de especímenes perforados y vigas aserradas de concreto. | Cumplimiento con la Norma Técnica ASTM C42M | Norma Técnica ASTM C42M |
| Ensayo de Esclerometría | Independiente | Cuantitativa | Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido. | Cumplimiento con la Norma ASTM C805M | Norma Técnica ASTM C805M |
| Resistencia a la compresión del concreto | Dependiente | Cuantitativa | Consiste en aplicar una carga de compresión axial a cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada mientras ocurre la falla. | Cumplimiento con la Norma ASTM C39M | Norma Técnica ASTM C39M |

La unidad de análisis de investigación se denominó "especimen de concreto" que es la denominación técnica correcta, sin embargo suele llamarse comúnmente "probeta". En consecuencia, la población de estudio fue el conjunto de 18 especímenes de concreto extraídos con una sonda provista de brocas diamantadas y 18 ensayos esclerométricos.

3.5 Toma de muestras.

La toma de muestras se realizó mediante lo estipulado en las Normas Técnicas A.S.T.M. C 805M-13a (Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido) y A.S.T.M. C 42M-13 (Método Normalizado de Ensayo de Obtención de especímenes perforados y Vigas Aserradas de Concreto), realizándose 18 ensayos no destructivos por medio del esclerómetro y 18 ensayos destructivos mediante la extracción de especímenes de concreto por medio de diamantina, ubicados previo análisis del plano Catastral de los Jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca. En la Imagen 4 y en la Tabla 3, se muestra la ubicación y las coordenadas UTM respectivamente de cada punto donde se realizaron los ensayos.

Tabla 3: Coordenadas UTM de los puntos de estudio.

| PUNTO | COORDENADAS UTM | |
|-------|-----------------|---------|
| | ESTE | NORTE |
| P-1 | 773237 | 9208538 |
| P-2 | 773256 | 9208568 |
| P-3 | 773270 | 9208616 |
| P-4 | 773199 | 9208590 |
| P-5 | 773138 | 9208615 |
| P-6 | 773126 | 9208573 |
| P-7 | 773171 | 9208559 |
| P-8 | 773216 | 9208545 |
| P-9 | 773190 | 9208465 |
| P-10 | 773250 | 9208555 |
| P-11 | 773232 | 9208579 |
| P-12 | 773179 | 9208598 |
| P-13 | 773152 | 9208607 |
| P-14 | 773139 | 9208570 |
| P-15 | 773192 | 9208554 |
| P-16 | 773224 | 9208519 |
| P-17 | 773203 | 9208489 |
| P-18 | 773178 | 9208449 |

3.6 Materiales y Procedimiento:

3.6.1 Materiales:

Los equipos necesarios para los ensayos realizados en concreto en estado endurecido, fueron provistos por el laboratorio de mecánica de suelos del Ing. Wilfredo R. Fernández Muñoz, equipos debidamente calibrados, con los que se obtendrán los resultados para su respectivo análisis y cumplir con los objetivos planteados. Cada uno de los equipos y materiales cumplen con lo establecido en su respectiva Norma Técnica a fin de que los resultados obtenidos sean confiables.

Para ensayos de esclerometría:

Equipo:

• **Esclerómetro de hormigón o Martillo de Schmidt**

Diseñado para pruebas no destructivas de la uniformidad del concreto, y para medir su resistencia a la compresión. Posee las siguientes características: Energía de impacto de 2.207 Nm, un rango de medida de 10 a 70 N/mm² de Resistencia a la compresión, y una precisión de ± 0.2 R.

Marca: Zhejiang Tugong Instrument Co. Ltd

Proveedor: TECNICAS CP S.A.C.

Modelo: ZC3-A

Procedencia: China



Imagen N° 5: Esclerómetro.

• **Piedra abrasiva**

Está constituida por granos de carburo de silicio de tamaño medio o de algún otro material y textura similar.



Imagen N° 6: Piedra abrasiva

Para ensayos de extracción de especímenes de concreto con Diamantina:

Equipo:

• **Sonda provista de brocas diamantadas**

Taladro equipado con una broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante, carburo de silicio; con un sistema de

enfriamiento para la broca que impide la alteración del concreto y el calentamiento de la misma. Cuenta con un tanque de agua.

Proveedor: TECNICAS CP S.A.C.

Modelo: STHZ-15

Serie: 1384

Max. Diámetro del espécimen: Ø 4"



Imagen N° 7: Equipo sonda provisto de brocas diamantadas provisto de tanque de agua.

3.6.2 Procedimiento:

Procedimiento del Ensayo de Esclerometría

Tal como se mencionó anteriormente, el ensayo de esclerometría se llevó a cabo de acuerdo a la ASTM - C 805M-13a, siguiendo el siguiente procedimiento:

- **Preparación de la superficie:** Antes de la prueba se eliminó de la superficie del pavimento el polvo o cualquier elemento no propio del concreto, que pueda afectar el índice de rebote y a la vez se efectuó el pulido superficial en la zona de prueba, hasta una profundidad de 5mm.
- **Desarrollo del ensayo:** A continuación, se resume el procedimiento de forma esquemática de cada uno de los 18 ensayos realizados:

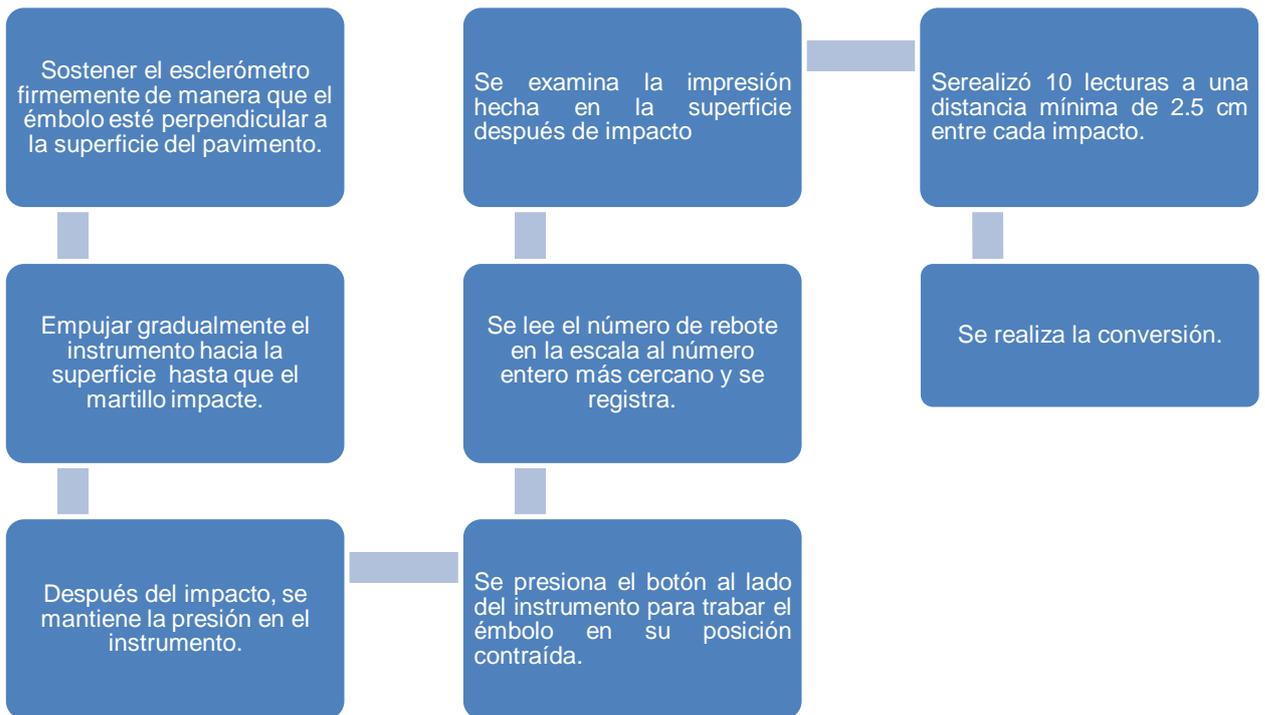


Imagen Nº 8: Esquema secuencial de Ensayo de Esclerometría

- **Obtención de resultados:** Se determina la resistencia a compresión teniendo en cuenta el ángulo de impacto y el valor de "R": Lectura del Valor del rebote obtenido con el martillo de concreto.

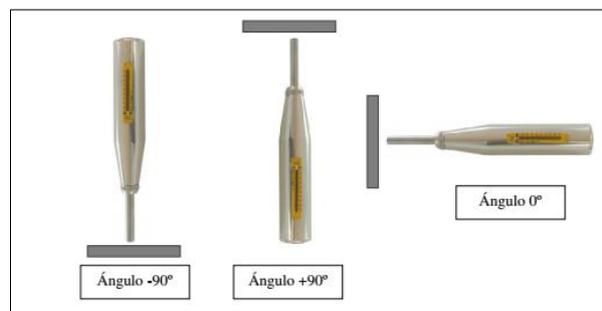


Imagen Nº 9: Posición y ángulo de impacto del Esclerómetro

Luego se determina el valor de la resistencia a la compresión, utilizando la tabla 3.

Tabla 4: Resistencia a la compresión de cubos con respecto al valor del rebote R

(número de la lectura en el martillo de concreto).

Unidades de R: kg/cm²

| R | α - 90° | α - 45° | α - 0° | α + 45° | α + 90° |
|----|-------------------|-------------------|--------|---------|---------|
| 20 | 125 | 115 | | | |
| 21 | 135 | 125 | | | |
| 22 | 145 | 135 | 110 | | |
| 23 | 160 | 145 | 120 | | |
| 24 | 170 | 160 | 130 | | |
| 25 | 180 | 170 | 140 | 100 | |
| 26 | 198 | 185 | 158 | 115 | |
| 27 | 210 | 200 | 165 | 130 | 105 |
| 28 | 220 | 210 | 180 | 140 | 120 |
| 29 | 238 | 220 | 190 | 150 | 138 |
| 30 | 250 | 238 | 210 | 170 | 145 |
| 31 | 260 | 250 | 220 | 180 | 160 |
| 32 | 280 | 265 | 238 | 190 | 170 |
| 33 | 290 | 280 | 250 | 210 | 190 |
| 34 | 310 | 290 | 260 | 220 | 200 |
| 35 | 320 | 310 | 280 | 238 | 218 |
| 36 | 340 | 320 | 290 | 250 | 230 |
| 37 | 350 | 340 | 310 | 265 | 245 |
| 38 | 370 | 350 | 320 | 280 | 260 |
| 39 | 380 | 370 | 340 | 300 | 280 |
| 40 | 400 | 380 | 350 | 310 | 295 |
| 41 | 410 | 400 | 370 | 330 | 310 |
| 42 | 425 | 415 | 380 | 345 | 325 |
| 43 | 440 | 430 | 400 | 360 | 340 |
| 44 | 460 | 450 | 420 | 380 | 360 |
| 45 | 470 | 460 | 430 | 395 | 375 |
| 46 | 490 | 480 | 450 | 410 | 390 |
| 47 | 500 | 495 | 465 | 430 | 410 |
| 48 | 520 | 510 | 480 | 445 | 430 |
| 49 | 540 | 525 | 500 | 460 | 445 |
| 50 | 550 | 540 | 515 | 480 | 460 |
| 51 | 570 | 560 | 530 | 500 | 480 |
| 52 | 580 | 570 | 550 | 515 | 500 |
| 53 | 600 | 590 | 565 | 530 | 520 |
| 54 | Por encima 600 | Por encima 600 | 580 | 550 | 530 |
| 55 | Por encima 600 | Por encima 600 | 600 | 570 | 550 |

Fuente: Manual del usuario

Procedimiento del Ensayo de Diamantina

Tal como se mencionó anteriormente, el ensayo de Extracción de especímenes concreto endurecido a través del Ensayo de Diamantina se llevó a cabo de acuerdo a la ASTM C42M -13 / NTP 339.059.

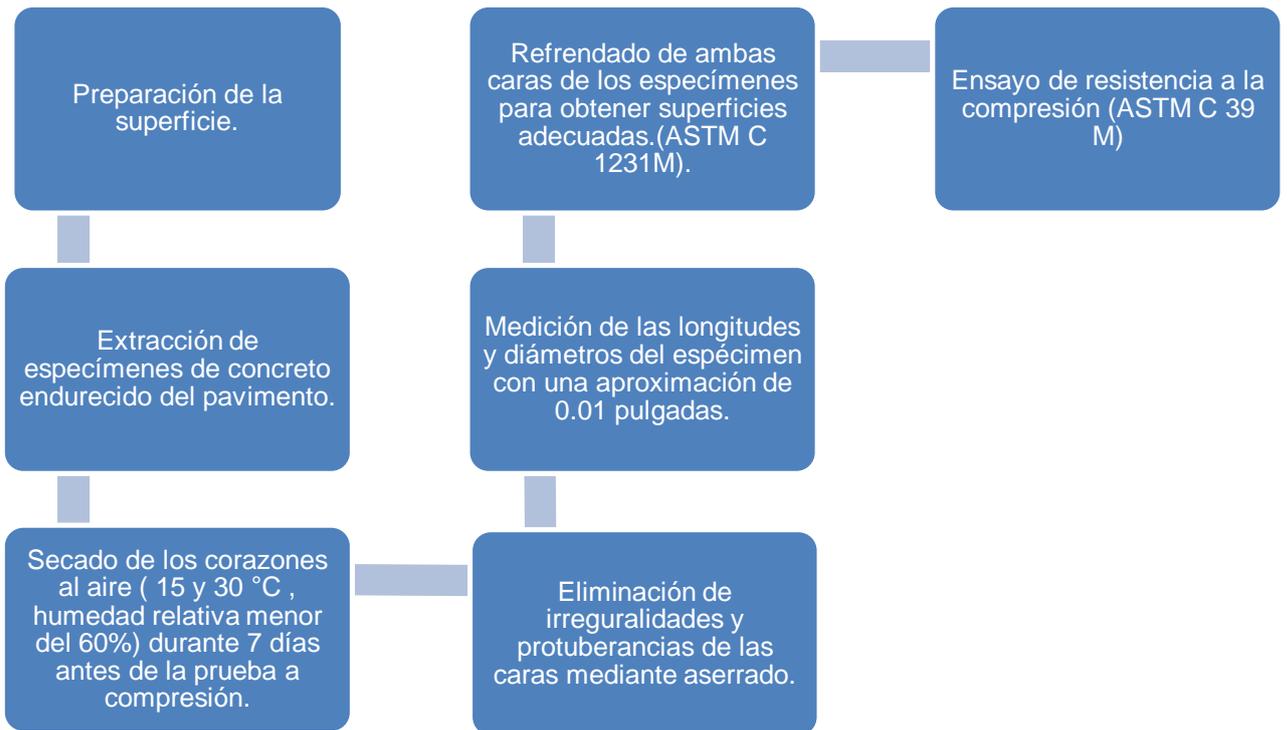


Imagen N° 10: Esquema secuencial de Ensayo de Extracción de corazones de concreto por Diamantina.

- **Preparación de la superficie:** Antes de la prueba se fijó el equipo sonda provisto de brocas diamantadas por medio de un taco de expansión de 1/2".
- **Proceso de Extracción:** Se realizaron 18 extracciones de especímenes de concreto endurecido por medio de una sonda rotatoria con brocas de dientes de diamante de 4" de forma perpendicular a la superficie del pavimento, cada uno a 30 cm de los ensayos realizados por el esclerómetro. Una vez terminada la extracción los testigos se los dejó secar a temperatura ambiente por una hora.
- **Preparación y refrendado:** Las protuberancias o irregularidades de las caras de ensayo deberán ser eliminadas mediante aserrado cuando sobrepasen los 5 mm. Los especímenes extraídos fueron tallados con una sierra de disco de diamante. La planeidad y paralelismo de las dos caras de los testigos se

consiguió por medio del refrendado con almohadillas de neopreno, de acuerdo a la norma ASTM C 1231M - 12.

- **Ensayo de compresión:** El ensayo a compresión uniaxial se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca el cual nos proporciona todas las herramientas y normas necesarias para su correcta ejecución. El ensayo se llevó a cabo de acuerdo a la ASTM C39M - 16, inicialmente se determinó con el vernier las longitudes y los diámetros promedio de cada espécimen a ensayar, durante el Ensayo a Compresión y se verificó la aplicación de una adecuada carga hasta producir la falla del espécimen.

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE

Tabla 5: Resultado de los ensayos de esclerometría o prueba del martillo de rebote.

| MUESTRA N° | UBICACIÓN | PROMEDIO DEL N° DE GOLPES | RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO (Kg/cm ²) |
|------------|--|---------------------------|--|
| P-1 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y JAPÓN | 37 | 350 |
| P-2 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y BRASIL | 37 | 350 |
| P-3 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 3 | 35 | 320 |
| P-4 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 33 | 290 |
| P-5 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 34 | 310 |
| P-6 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 38 | 370 |
| P-7 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 36 | 340 |
| P-8 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 36 | 340 |
| P-9 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 31 | 260 |
| P-10 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 2 | 38 | 370 |
| P-11 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 36 | 340 |
| P-12 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 36 | 340 |
| P-13 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 35 | 320 |
| P-14 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 38 | 370 |
| P-15 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 37 | 350 |
| P-16 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 34 | 310 |
| P-17 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 32 | 280 |
| P-18 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 32 | 280 |

En la tabla 5 se muestran los resultados de resistencia a compresión utilizando el esclerómetro como método no destructivo de acuerdo a la Norma ASTM C805, en ella se observa que las áreas representativas del pavimento de los jirones Japón, Portugal y Brasil en las que se efectuaron dicho ensayo presentan uniformidad superficial a la resistencia de compresión, así mismo estas resistencias superan a la resistencia especificada de diseño.

4.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES EXTRAÍDOS CON DIAMANTINA

Tabla 6: Resultado de los ensayos a compresión de los especímenes de concreto extraídos con diamantina.

| Ensayo N° | Ubicación | Diámetro Promedio (cm) | Carga máxima aplicada | | Esbeltez (h/d) | Factor de corrección por esbeltez (ASTM C 39) | Resistencia máxima (Kg/cm ²) |
|-----------|---|------------------------|-----------------------|-------|----------------|---|--|
| | | | Tn | Kg | | | |
| P - 1 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y JAPÓN | 9.9 | 23.80 | 23800 | 1.54 | 0.963 | 298 |
| P - 2 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y BASIL | 9.85 | 23.00 | 23000 | 1.56 | 0.965 | 291 |
| P - 3 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 3 | 9.9 | 22.00 | 22000 | 1.55 | 0.964 | 276 |
| P - 4 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 9.9 | 20.00 | 20000 | 1.55 | 0.964 | 250 |
| P - 5 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 9.9 | 21.40 | 21400 | 1.54 | 0.963 | 268 |
| P - 6 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 9.85 | 23.50 | 23500 | 1.57 | 0.966 | 298 |
| P - 7 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 9.9 | 22.30 | 22300 | 1.54 | 0.963 | 279 |
| P - 8 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 9.9 | 22.90 | 22900 | 1.54 | 0.963 | 287 |
| P - 9 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 9.9 | 18.00 | 18000 | 1.53 | 0.962 | 225 |
| P - 10 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 2 | 9.85 | 23.40 | 23400 | 1.57 | 0.966 | 297 |
| P - 11 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 9.85 | 22.80 | 22800 | 1.56 | 0.965 | 289 |
| P - 12 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 9.9 | 22.00 | 22000 | 1.54 | 0.963 | 275 |
| P - 13 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 9.9 | 21.50 | 21500 | 1.53 | 0.962 | 269 |
| P - 14 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 9.9 | 23.50 | 23500 | 1.55 | 0.964 | 294 |

| | | | | | | | |
|--------|---|-----|-------|-------|------|-------|-----|
| P - 15 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 9.9 | 23.25 | 23250 | 1.55 | 0.964 | 291 |
| P - 16 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 9.9 | 21.50 | 21500 | 1.53 | 0.962 | 269 |
| P - 17 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 9.9 | 19.10 | 19100 | 1.55 | 0.964 | 239 |
| P - 18 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 9.9 | 19.40 | 19400 | 1.54 | 0.963 | 243 |

En la tabla 6 se muestra los resultados de los ensayos a compresión de los especímenes de concreto extraídos mediante diamantina en ella se observa que la resistencia a compresión de los especímenes representativos de la pavimento de los jirones Japón, Portugal y Brasil supera a la resistencia de diseño: 210 kg/cm², aquí se puede notar la influencia del aditivo Sikament 290N (plastificante) utilizado en el diseño de mezcla del concreto cuyas características y ventajas son: Aumenta las resistencias mecánicas, permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla, es un reductor de agua y el tipo de cemento utilizado: Cemento Nacional Tipo I.

4.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES EXTRAIDOS CON DIAMANTINA DE ACUERDO AL ACI 318

De acuerdo al código ACI 318-99, capítulo 20 el concreto de la zona representada por los especímenes se considera estructuralmente adecuada si el promedio de los tres especímenes es por lo menos igual al 85% de la resistencia especificada ($f'c$) y ningún corazón tiene una resistencia menor del 75% de la resistencia especificada ($f'c$).

Tabla 7: Evaluación de los resultados del Jr. Japón.

| Muestra | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm2) | Resistencia de diseño (kg/cm2) 100%<i>f</i>'c | 85%<i>f</i>'c (kg/cm2) | 75%<i>f</i>'c (kg/cm2) | ACI - 318 |
|----------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| P-6 | 298 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-7 | 279 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-8 | 287 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-14 | 294 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-15 | 291 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |

Tabla 8: Evaluación de los resultados del Jr. Portugal

| Muestra | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm2) | Resistencia de diseño (kg/cm2) 100%<i>f</i>'c | 85%<i>f</i>'c (kg/cm2) | 75%<i>f</i>'c (kg/cm2) | ACI - 318 |
|----------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| P-1 | 298 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-2 | 291 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-3 | 276 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-9 | 225 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-10 | 297 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-16 | 269 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-17 | 239 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-18 | 243 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |

Tabla 9: Evaluación de los resultados del Jr. Brasil.

| Muestra | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm2) | Resistencia de diseño (kg/cm2) 100%<i>f</i>'c | 85%<i>f</i>'c (kg/cm2) | 75%<i>f</i>'c (kg/cm2) | ACI - 318 |
|----------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| P-4 | 250 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-5 | 268 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-11 | 289 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-12 | 275 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |
| P-13 | 269 | 210 | 178.5 | 157.5 | Cumple |

En las tablas 7,8 y 9 el concreto de la losa de pavimento de los jirones Japón, Portugal y Brasil – Cajamarca, se considera estructuralmente adecuado, dado que la resistencia a la compresión obtenida en cada uno de los especímenes pasa los valores mínimos de condiciones de exposición que dicta la norma ACI – 318.99, la que menciona que la resistencia mínima obtenida en los especímenes deberán ser el 75% de la resistencia de diseño, los valores resultan mayores que 157.5 kg/cm².

4.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS PROVENIENTES DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRÍA

Tabla 10: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Japón.

| ENSAYO N° | RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO (Kg/cm ²) | RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (Kg/cm ²) | VARIACIÓN PORCENTUAL |
|-----------|---|--|----------------------|
| P-6 | 298 | 370 | 24.16% |
| P-7 | 279 | 340 | 21.86% |
| P-8 | 287 | 340 | 18.47% |
| P-14 | 294 | 370 | 25.85% |
| P-15 | 291 | 350 | 20.27% |

Tabla 11: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Portugal.

| ENSAYO N° | RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO (Kg/cm ²) | RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (Kg/cm ²) | VARIACIÓN PORCENTUAL |
|-----------|---|--|----------------------|
| P-1 | 298 | 350 | 17.450% |
| P-2 | 291 | 350 | 20.275% |
| P-3 | 276 | 320 | 15.942% |
| P-9 | 225 | 260 | 15.556% |
| P-10 | 297 | 370 | 24.579% |
| P-16 | 269 | 310 | 15.242% |
| P-17 | 239 | 280 | 17.155% |
| P-18 | 243 | 280 | 15.226% |

Tabla 12: Cálculo de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Brasil.

| ENSAYO N° | RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO (Kg/cm²) | RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (Kg/cm²) | VARIACIÓN PORCENTUAL |
|------------------|--|---|-----------------------------|
| P-4 | 250 | 290 | 16.00% |
| P-5 | 268 | 310 | 15.67% |
| P-11 | 289 | 340 | 17.65% |
| P-12 | 275 | 340 | 23.64% |
| P-13 | 269 | 320 | 18.96% |

En las tablas 10, 11 y 12, se presenta la comparación y cálculo de la variación porcentual, de los resultados de cada uno de los puntos representativos en los que se realizaron los ensayos de diamantina y esclerometría.

Se aprecia que los valores de resistencia a la compresión provenientes de los ensayos de esclerometría en todos los puntos son superiores a los valores de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto extraídos con diamantina.

Se tiene que tener en cuenta que éstos resultados pueden estar afectados por la rugosidad de la superficie, el tamaño, forma y rigidez de la superficie, tamaño máximo del agregado grueso, la edad, condición de humedad del elemento y carbonatación de la superficie del concreto.

En la variación porcentual se relacionó los valores de los ensayos de diamantina con respecto a los valores del ensayo de esclerometría.

Tabla 13: Promedio de la variación porcentual de los resultados en el Jr. Japón, Portugal y Brasil

| JIRÓN | PROMEDIO DE LA VARIACIÓN PORCENTUAL |
|--------------|--|
| Jr. Japón | 22.12% |
| Jr. Portugal | 17.68% |
| Jr. Brasil | 18.38% |

A partir de la tabla 13, se puede decir que los resultados obtenidos mediante el ensayo de esclerometría, cumpliendo con las normas

ASTM C - 805M-13a y NTP 339-181, son 19.39% mayores que los que se obtiene del ensayo a compresión (ASTM C – 39) a especímenes de concreto extraídos mediante diamantina de una estructura de concreto.

4.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS RESULTADOS PROVENIENTES DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRÍA CON RESPECTO A LA RESISTENCIA DE DISEÑO

Tabla 14: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño –Jirón Japón

| Ensayo N° | Resistencia de diseño (kg/cm ²) 100% <i>f</i> 'c | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño | Resistencia compresión ASTM C805M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño |
|-----------|--|--|--|---|--|
| P-6 | 210 | 298 | 42% | 370 | 76% |
| P-7 | 210 | 279 | 33% | 340 | 62% |
| P-8 | 210 | 287 | 37% | 340 | 62% |
| P-14 | 210 | 294 | 40% | 370 | 76% |
| P-15 | 210 | 291 | 39% | 350 | 67% |

Tabla 15: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño –Jirón Portugal

| Ensayo N° | Resistencia de diseño (kg/cm ²) 100% <i>f</i> 'c | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño | Resistencia compresión ASTM C805M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño |
|-----------|--|--|--|---|--|
| P-1 | 210 | 298 | 42% | 350 | 67% |
| P-2 | 210 | 291 | 39% | 350 | 67% |
| P-3 | 210 | 276 | 31% | 320 | 52% |
| P-9 | 210 | 225 | 7% | 260 | 24% |
| P-10 | 210 | 297 | 41% | 370 | 76% |
| P-16 | 210 | 269 | 28% | 310 | 48% |
| P-17 | 210 | 239 | 14% | 280 | 33% |
| P-18 | 210 | 243 | 16% | 280 | 33% |

Tabla 16: Variación porcentual de los resultados de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño – Jirón Brasil.

| Ensayo N° | Resistencia de diseño (kg/cm ²) 100% <i>f</i> 'c | Resistencia compresión ASTM C42M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño | Resistencia compresión ASTM C805M (kg/cm ²) | Variación porcentual con respecto a la resistencia de diseño |
|-----------|--|--|--|---|--|
| P-4 | 210 | 250 | 19% | 290 | 38% |
| P-5 | 210 | 268 | 28% | 310 | 48% |
| P-11 | 210 | 289 | 38% | 340 | 62% |
| P-12 | 210 | 275 | 31% | 340 | 62% |
| P-13 | 210 | 269 | 28% | 320 | 52% |

En las tablas 14, 15 y 16, se presenta la variación porcentual, de la resistencia a compresión provenientes de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño de cada uno de los puntos representativos.

Tabla 17: Promedio de la variación porcentual de los ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño

| Promedio de la variación porcentual de la resistencia compresión ASTM C42M con respecto a la resistencia de diseño | Promedio de la variación porcentual de la resistencia compresión ASTM C805M con respecto a la resistencia de diseño |
|--|---|
| 31.31% | 56.98% |

En la tabla 17 se muestra cuanto varían los valores de resistencia a la compresión provenientes de ensayos de diamantina y esclerometría con respecto a la resistencia de diseño, siendo mucho mayor la variación con el esclerómetro.

4.6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA CON UN ESCLERÓMETRO DE PROCEDENCIA AMERICANA.

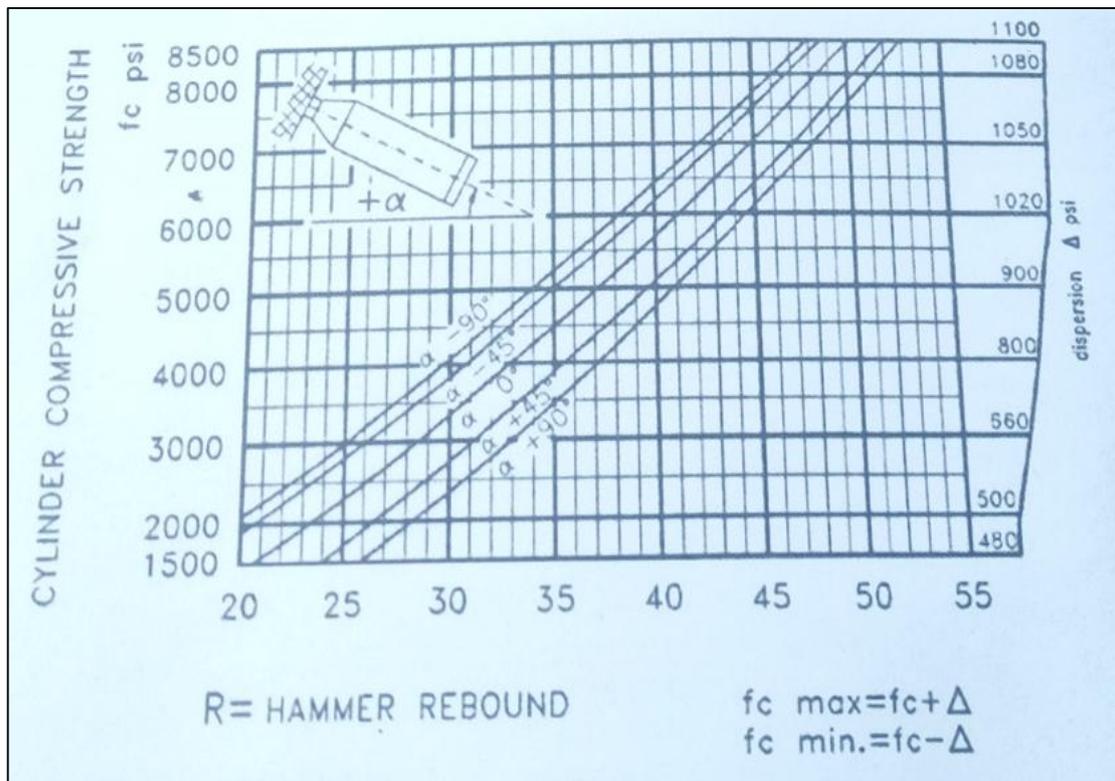
Se realizaron dos ensayos de esclerometría cerca del punto P-4 y el P-7 con el esclerómetro con las siguientes características:

Marca: FORNEY. L.P

Modelo: LA-0352

Procedencia: USA

Imagen N° 11: Ábaco para determinar la resistencia a compresión



Fuente: Manual uso del esclerómetro –FORNEY L.P

Tabla 18: Ensayo de esclerometría –Esclerómetro Mecánico Forney L.P – Jirón Brasil

| COMPROBACIÓN DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|--------------------|
| Fecha de ejecución del ensayo | | Lunes 23 de enero del 2016 | | | | | | | | | | |
| Material | | Concreto endurecido | | | | | | | | | | |
| Resistencia a compresión especificada | | 210 kg/cm ² | | | | | | | | | | |
| Edad del concreto | | 11 meses | | | | | | | | | | |
| Marca del esclerómetro | | FORNEY. L.P | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA | | | | | | | | | | | ÁNGULO DE IMPACTO | |
| JIRÓN BRASIL C-1 | | | | | | | | | | | α = - 90° | |
| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | δ | σ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 4' | 42 | 44 | 46 | 46 | 44 | 43 | 46 | 42 | 42 | 44 | 44 | 1.7 |
| Leyenda | | Resistencia a la compresión del cilindro | | | | | | | | | 6300 | Psi |
| α : | | Ángulo de impacto | | | | | | | | | 443 | kg/cm ² |
| δ: | | Promedio de golpes | | | | | | | | | | |
| σ: | | Desviación estandar de golpes | | | | | | | | | | |

Tabla 19: Ensayo de esclerometría –Esclerómetro Mecánico Forney L.P – Jirón Japón

| COMPROBACIÓN DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|--------------------|
| Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : | | Lunes 23 de enero del 2016 | | | | | | | | | | |
| Material | | Concreto endurecido | | | | | | | | | | |
| Resistencia a compresión especificada | | 210 kg/cm ² | | | | | | | | | | |
| Edad del concreto | | 11 meses | | | | | | | | | | |
| Marca del equipo | | FORNEY. L.P | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA | | | | | | | | | | | ÁNGULO DE IMPACTO | |
| JIRÓN JAPÓN C- 1 | | | | | | | | | | | α = - 90° | |
| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | δ | σ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P- 7' | 42 | 45 | 42 | 42 | 40 | 42 | 42 | 42 | 46 | 42 | 43 | 1.7 |
| Leyenda | | Resistencia a la compresión del cilindro | | | | | | | | | 6000 | Psi |
| α : | | Ángulo de impacto | | | | | | | | | 422 | kg/cm ² |
| δ: | | Promedio de golpes | | | | | | | | | | |
| σ: | | Desviación estandar de golpes | | | | | | | | | | |

En las tablas 18 y 19 se muestran los resultados de resistencia a la compresión utilizando un esclerómetro de marca Forney, el ensayo de la muestra P-4' se realizó cerca de la muestra P-4, y el ensayo de la muestra P-7' cerca de la muestra P-7, con el fin de determinar la variación porcentual de la resistencia a la compresión al utilizar esclerómetros de otra marca.

Tabla 20: Ensayo de resistencia a la compresión

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO EXTRAÍDOS CON DIAMANTINA (ASTM C - 42) | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------|----------------|--------------------------|--|
| Fecha de extracción de los núcleos de concreto endurec: Sábado 21 de enero del 2017 | | | | | | | | | |
| Fecha del ensayo de resistencia a compresión : Lunes 23 de enero del 2017 | | | | | | | | | |
| Material : Concreto endurecido | | | | | | | | | |
| Edad del concreto : 11 meses | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS NÚCLEOS DE CONCRETO | | | | | | | | | |
| Jirón Japón y Brasil - Cajamarca - Sector 17 - Lucmacucho | | | | | | | | | |
| PROBETA | DESCRIPCIÓN | Resistencia de Diseño (Kg/cm ²) | Diámetro Promedio (d) | Altura (h) (cm) | Carga máxima aplicada | | Esbeltez (h/d) | Factor de corrección por | Resistencia máxima (kg/cm ²) |
| | | | | | Tn | Kg | | | |
| P - 4' | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 2 | 210 | 9.96 | 16.20 | 22.00 | 22000 | 1.63 | 0.970 | 274 |
| P - 7' | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 210 | 9.85 | 15.50 | 22.50 | 22500 | 1.57 | 0.966 | 285 |

En la tabla 20 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de los especímenes extraídos de los puntos donde se realizaron los ensayos de esclerometría con el esclerómetro de marca Forney.

A la probeta P-7' se le hizo un refrendado con mortero de azufre de acuerdo a la Norma Técnica ASTM C 617M a fin de determinar la variación de la resistencia a la compresión al utilizar mortero de azufre y al no utilizar ningún sistema de cabeceo.

Tabla 21: Variación porcentual con el esclerómetro de procedencia americana

| ENSAYO N° | RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO (Kg/cm ²) | RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (Kg/cm ²) | VARIACIÓN PORCENTUAL |
|-----------|---|--|----------------------|
| P-4' | 274 | 443 | 61.68% |
| P-7' | 285 | 422 | 48.07% |

A partir de la tabla 21, se puede decir que los resultados obtenidos mediante el ensayo de esclerometría, cumpliendo con las normas ASTM-C805M-13a y NTP 339-181, realizado con el esclerómetro de procedencia americana son 54.87% mayores que los que se obtiene del ensayo a compresión (ASTM C – 39) a especímenes de concreto extraídos mediante diamantina.

Tabla 22: Variación Porcentual al no utilizar ningún sistema de cabeceo y al utilizar mortero de azufre para el refrendado.

| ENSAYO N° | RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIN ALMOHADILLAS | RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON TAPAS DE MORTERO DE AZUFRE | VARIACIÓN PORCENTUAL |
|-----------|---|---|----------------------|
| P-7 | 279 | | 2.15% |
| P-7' | | 285 | |

En la tabla 22 se aprecia que al utilizar tapas de azufre a fin de conseguir una distribución uniforme de la carga la resistencia a la compresión aumenta en un 2.15%.

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5.1 CONCLUSIONES:

- Los valores de la resistencia a compresión del concreto provenientes de los ensayos de esclerometría utilizando el esclerómetro de marca Zhejiang Tugong Instrument Co. son 19.39% mayores que los valores obtenidos de los ensayos a compresión a los especímenes de concreto extraídos con diamantina, en cambio los valores de la resistencia a compresión del concreto provenientes de los ensayos de esclerometría con el esclerómetro FORNEY. L. P. son 54.87% mayores que los valores obtenidos de los ensayos a compresión a los especímenes de concreto extraídos con diamantina, ante esto se da como aceptado los valores provenientes del esclerómetro de marca Zhejiang Tugong Instrument Co.
- Los valores de resistencia a compresión del concreto provenientes de los ensayos de esclerometría son 56.98% mayores a la resistencia especificada de diseño y los valores obtenidos de los ensayos a compresión a los especímenes de concreto extraídos con diamantina son 31.31% mayores a la resistencia especificada de diseño.
- Se determinó la resistencia a compresión de los Jirones Japón, Portugal y Brasil por medio del esclerómetro o prueba del martillo de rebote, según las normas ASTM C-805M y NTP 339-181, obteniéndose una resistencia a compresión promedio de: 327.22 kg/cm², se tiene que saber que, esta resistencia puede estar afectada por la rugosidad de la superficie, el tamaño, forma y rigidez de la superficie, tamaño máximo del agregado grueso, la edad, condición de humedad del elemento y la carbonatación de la superficie del concreto.
- Se determinó la resistencia a compresión de los Jirones Japón, Portugal y Brasil por medio de la extracción de especímenes de concreto con diamantina, los que fueron sometidos a compresión

uniaxial según la Norma ASTM C–39M, obteniéndose una resistencia a la compresión promedio de: 274 kg/cm², esta resistencia alcanzada depende de las propiedades del tipo de cemento utilizado: Cemento Nacional Tipo I y del aditivo: Sikament 290N.

También se puede decir que la resistencia a compresión aumenta en un 2.15% cuando se hace el refrendado con mortero de azufre debido a que hay una mejor distribución de cargas.

5.2 RECOMENDACIONES:

- De acuerdo a la investigación realizada se recomienda utilizar el ensayo de diamantina por ser más preciso y confiable en sus resultados.
- Se recomienda realizar las extracciones de especímenes de concreto con diamantina en el mismo lugar donde se realizaron los ensayos de esclerometría.
- Dado que los valores provenientes de los ensayos de esclerometría no son muy exactos complementarlos con valores provenientes de ensayos destructivos.
- Cuando se desean comparar las características de dos elementos, estos deben tener aproximadamente la misma edad y condiciones de humedad.
- Se recomienda que para el desarrollo de una evaluación es imprescindible disponer de una adecuada documentación como base de partida, al inicio de los trabajos, tales como edad, uso de la estructura, planos o esquemas, tipo de ambiente en el que está inmerso el elemento, entre otros.
- Los ensayos de diamantina y esclerometría deben ser realizados por personal capacitado.

- Se recomienda que, al realizar la extracción de especímenes de concreto mediante diamantina, los especímenes extraídos deben ser transportados al laboratorio cuidadosamente, sin que estos puedan sufrir fracturas que pueden influenciar de manera negativa en los resultados a obtener.
- Para determinar la calidad de una estructura de concreto, existen ensayos destructivos y no destructivos, de los cuales se puede obtener resultados que se encuentran normados y que permiten analizar la calidad de las estructuras sometidas, por lo que se recomienda que antes de realizar una evaluación estructural de una estructura, se elija de manera conveniente qué tipo de ensayo utilizar a fin de obtener los mejores resultados.
- Al extraer especímenes de concreto con diamantina de estructuras armadas, se deberá tener cuidado con el acero de refuerzo, por lo que se recomienda contar con los planos estructurales y a la vez con un detector de acero, para que el acero de refuerzo no pueda ser cortado.
- De acuerdo a los ensayos realizados y a los resultados obtenidos se recomienda utilizar para el diseño de mezclas del concreto el Cemento Nacional Tipo I y el aditivo Sikament 290N.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARTÍCULOS Y TESIS:

- ❖ Ricardo A. Casali; Maria A. Caravaca; Carolina Acevedo; Julio C. Miño; Marcela Bizzotto; Roberto Torra. 2007. “Predicción de la Resistencia a la Compresión y Determinación de Propiedades Estructurales a partir de Ensayos no Destructivos”. Artículo presentado en la Conferencia Panamericana de END organizada por AAENDE. Buenos Aires.
- ❖ L. Peña; E. Vidaud. 2012. “Técnica para estimar la calidad del concreto endurecido”. Revista Construcción y Tecnología en Concreto (Disponible en: <http://www.imcyc.com/revistacyt/nov11/arttecnologia.html>, consultado en octubre 2012).
- ❖ Rojas Reyes (2012) “Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro”, Tesis de pregrado Ing. Civil. Xalapa, Veracruz – México: Universidad Veracruzana.
- ❖ Crespo León y García Troncoso (2009) “Correlaciones entre ensayos destructivos y no destructivos para hormigones de alta resistencia con agregados calcáreos”, Tesis de pregrado Ing. Civil. Guayaquil –Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- ❖ Olivares abad (2013) “Evaluación de la durabilidad de estructuras de concreto armado utilizando equipos y métodos de ensayos no destructivos”, Tesis de pregrado Ing. Civil. Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

LIBROS Y REGLAMENTOS

- ❖ Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L., 290.
- ❖ Neville, A.M. y Brooks, J.J. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F. 1998.
- ❖ Rivva López, E. 1998. Tecnología del Concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L., 290.
- ❖ Abanto Castillo, Flavio. Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos. Lima – Perú.
- ❖ NMX-C-083-ONNCCE-2002. Industria de la construcción-concreto- Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
- ❖ NMX-C-192-ONNCCE-2006. Industria de la construcción. Determinación del número de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.
- ❖ KOSMATKA, Steven H., KERKHOFF, Beatrix, et. al. Diseño y Control de Mezclas de Concreto EB201. Primera ed., PCA Portland Cement Association, México, 2004.
- ❖ ANDERSON, Gordon A., ARTUSO, Joseph F., et. al. Manual para Supervisar Obras de Concreto. (ACI Manual of Concrete Inspection SPZ 99) ACI 311-99. Primera ed.
- ❖ Pasquel Carbajal, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 1998.
- ❖ ACI (American Concrete Institute). 2011. Requisitos de Reglamento para concreto Estructural (ACI 318 S-11).

NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS

- ASTM C039.2008 (revisada 2013).HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. E.2013-CRT-INDECOPI.
- ASTM C42M -13; "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete", 2003.
- ASTM C805M; "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete",2003.
- ASTM C 1231M; " Uso de Tapas no Adheridas en la Determinación del Esfuerzo de Compresión de Cilindros de Concreto ",2003.
- ASTM C 617M; "Cabeceado de Especímenes Cilíndricos de Concreto",2003.

ANEXOS

**ANEXO 1: INFORME TÉCNICO DEL
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
CON ADITIVO EN LA PAVIMENTACIÓN
DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y
BRASIL – CAJAMARCA**

Tabla 23: Informe técnico del Diseño de mezclas del concreto de la pavimentación de los Jirones: Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca

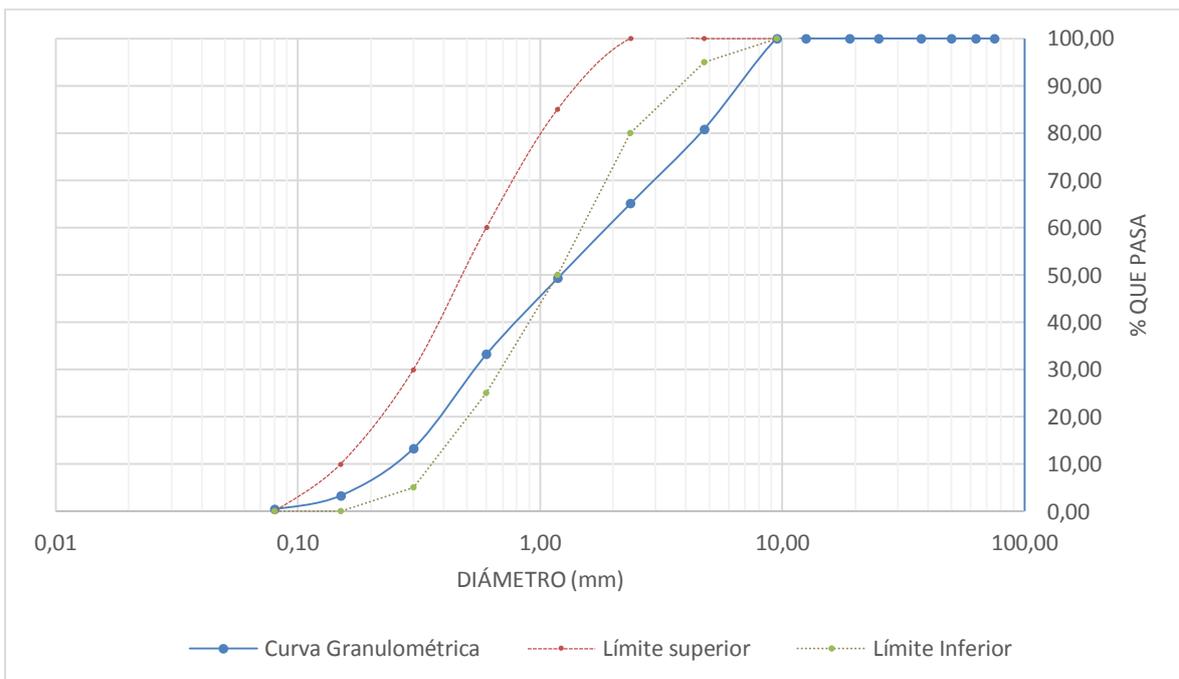
| INFORME TÉCNICO - DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON ADITIVO | |
|---|--|
| OBRA: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JR. PORTUGAL, JR JAPÓN, JR BRASIL Y PASJE ITALIA, SECTOR 17 LUCMACUCHO, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA | |
| CANTERA DEL AGREGADO FINO : | CHANCADORA BAZÁN |
| CANTERA DEL AGREGADO GRUESO: | CHANCADORA BAZÁN |
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | |
| Resistencia a compresión de diseño : | f'c = 210 kg/cm ² (28 Días) |
| Resistencia a compresión promedio : | f'cr = 85 + f'c = 295 kg/cm ² (28 Días). |
| Asentamiento : | 3" - 4" |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | |
| AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
| Peso específico aparente : 2.60 gr/cm ³ | Perfil : angular y sub angular |
| Peso unitario suelto seco : 1.619 kg/m ³ | Tamaño Máximo Nominal : 3/4" |
| Peso unitario seco compactado : 1.738 kg/m ³ | Peso específico aparente : 2.23 GR/CM ³ |
| Humedad natural : 5.50 % | Peso unitario suelto seco : 1.384 KG/M ³ |
| Absorción : 1.78 % | Peso unitario seco compactado : 1.555 KG/M ³ |
| Modulo de finura : 3.55 | Humedad natural : 0.20 % |
| Material mas fino tamiz n° 200 : 3.00 % | Absorción : 1.10 % |
| CEMENTO | AGUA |
| Norma : A.S.T.M. C-150 | Modulo de finura : 7.45 |
| Tipo de Cemento : Tipo I Nacional | Material mas fino tamiz n° 200 : 0.50 % |
| Peso Específico : 3.13 gr/cm ³ | Abrasión : 28.90 % |
| | Norma : N.T.P 334.088-2006 |
| | Peso Específico : 1.00 gr/cm ³ |
| CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO | |
| Materiales de diseño por M3 | Cemento : 285 kg |
| | Agregado fino seco : 1086 kg |
| | Agregado grueso seco : 792 kg |
| | Agua de mezcla : 167 lt. |
| | Aditivo sikament 290n : 1.932lt. (plasticamente) |
| | Contenido de aire atrapado : ±2.0 % |
| Materiales corregidos por humedad por M3 | Cemento : 285 kg |
| | Agregado fino húmedo : 1146 kg |
| | Agregado grueso húmedo : 794 kg |
| | Agua efectiva : 133.7 lt. |
| | Aditivo sikament 290n : 1.932lt. (plasticamente) |
| | Contenido de aire atrapado : ±2.0 % |
| PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES | |
| Proporcionamiento en peso : | 1: 4.02: 2.79/19.90 Lt/bolsa. / 288cm ³ Sikament 290N/bolsa |
| Proporcionamiento en volumen : | 1: 3.50: 3.00 / 19.90 Lt/bolsa. /288 cm ³ Sikament 290N/bolsa |

Fuente: Informe Técnico- Laboratorio José Lezama Leiva

Tabla 24: Análisis Granulométrico de agregados Finos

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO | | | | | |
|--|---|----------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| OBRA | CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JR. PORTUGAL, JR JAPÓN, JR BRASIL Y PASJE ITALIA, SECTOR 17 LUCMACUCHO, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN: | DISTRITO CAJAMARCA, PROVINCIA CAJAMARCA, REGIÓN CAJAI | | | | |
| CANTERA: | CHANCADORA BAZAN | | | | |
| AGREGADO FINO: | ARENA DE RÍO | | | | |
| NORMA: | A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 | | | | |
| FECHA: | 31/08/2015 | | | | |
| PESO SECO INICIAL = | 1600 gr. | | Módulo de finura (Mf) = 3.55 | | |
| PESO MENOR N° 200 = | 7.00 gr | | | | |
| TAMIZ | PESO RETENIDO | | | PORCENTAJE RETENIDO | PORCENTAJE QUE PASA |
| N° | ABERTURA (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | ACUMULADO | |
| 3" | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 307.00 | 307.00 | 19.19 | 80.81 |
| N°8 | 2.36 | 252.00 | 559.00 | 34.94 | 65.06 |
| N°16 | 1.18 | 253.00 | 812.00 | 50.75 | 49.25 |
| N°30 | 0.60 | 257.00 | 1069.00 | 66.81 | 33.19 |
| N°50 | 0.30 | 318.00 | 1387.00 | 86.69 | 13.31 |
| N°100 | 0.15 | 160.00 | 1547.00 | 96.69 | 3.31 |
| N°200 | 0.08 | 46.00 | 1593.00 | 99.56 | 0.44 |
| CAZOLETA | | 7.00 | 1600.00 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 1600.00 | | | |

Gráfico N° 1: Análisis granulométrico del agregado fino.

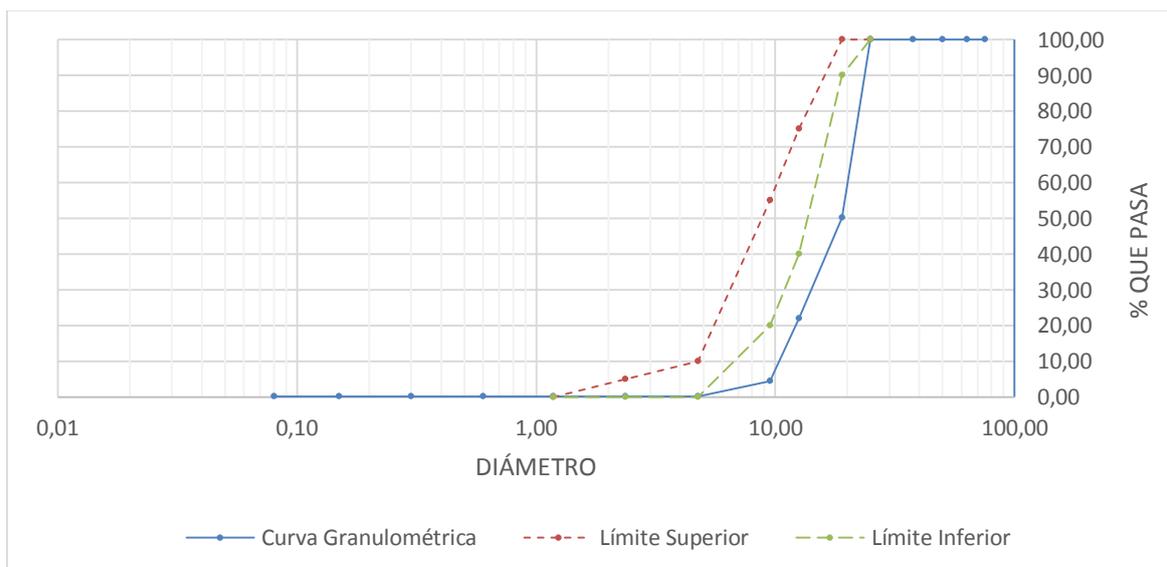


Fuente: Informe Técnico- Laboratorio José Lezama Leiva

Tabla 25: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| OBRA : CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL JR. PORTUGAL, JR JAPÓN, JR BRASIL Y PASJE ITALIA, SECTOR 17 LUCMACUCHO, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA | | | | | |
| UBICACIÓN : DISTRITO CAJAMARCA, PROVINCIA CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA | | | | | |
| CANTERA : CHANCADORA BAZAN | | | | | |
| AGREGADO GRUESO: PIEDRA CHANCADA | | | | | |
| NORMA : A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 | | | | | |
| FECHA : 31/08/2015 | | | | | |
| PESO SECO INICIAL = | | 7400 gr. | | Módulo de finura (Mf) = 7.45 | |
| PESO MENOR N° 200 = | | 5.00 gr | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | | PORCENTAJE RETENIDO | PORCENTAJE QUE PASA |
| N° | | PARCIAL | ACUMULADO | ACUMULADO | |
| 3" | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 3692.00 | 3692.00 | 49.89 | 50.11 |
| 1/2" | 12.50 | 2090.00 | 5782.00 | 78.14 | 21.86 |
| 3/8" | 9.50 | 1290.00 | 7072.00 | 95.57 | 4.43 |
| N°4 | 4.75 | 320.00 | 7392.00 | 99.89 | 0.11 |
| N°8 | 2.36 | 3.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| N°16 | 1.18 | 0.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| N°30 | 0.60 | 0.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| N°50 | 0.30 | 0.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| N°100 | 0.15 | 0.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| N°200 | 0.08 | 0.00 | 7395.00 | 99.93 | 0.07 |
| CAZOLETA | | 5.00 | 7400.00 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 7400.00 | | | |

Gráfico N° 2: Análisis granulométrico del agregado grueso.



Fuente: Informe Técnico- Laboratorio José Lezama Leiva

ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS.

a. CEMENTO NACIONAL TIPO I

| ANÁLISIS | | UNIDAD | RESULTADOS (%) | REQUISITOS NORMA NTP 334.009, ASTM C-150 | |
|---|--|--------------------|---------------------|---|-------|
| CERTIFICADO DE CALIDAD | | | | | |
| TIPO DE CEMENTO: CEMENTO PORTLAND TIPO I | | | MES: DICIEMBRE 2014 | | |
| MARCA : CEMENTO NACIONAL | | | | | |
| COMPOSICION QUÍMICA | | | | | |
| DIÓXIDO DE SILICE (SiO ₂) | | % | 19.65 | | |
| ÓXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) | | % | 4.51 | | |
| ÓXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃) | | % | 3.34 | | |
| ÓXIDO DE CALCIO (CaO) | | % | 62.33 | | |
| ÓXIDO DE MAGNESIO (MgO) | | % | 3.98 | Máx | 6.00% |
| TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃) | | % | 2.92 | Máx | 3.50% |
| OXIDO DE POTASIO (K ₂ O) | | % | 1.00 | | |
| OXIDO DE SODIO (Na ₂ O) | | % | 0.26 | | |
| PÉRDIDA AL FUEGO (LOI) | | % | 1.60 | Máx | 3.00% |
| FASES MINERALOGICAS | | | | | |
| SILICATO TRICALCICO (C ₃ S) | | % | 60 | | |
| SILICATO DICALSICO (C ₂ S) | | % | 10 | | |
| ALUMINATO TRICALCICO | | % | 6 | | |
| FERRO ALUMINATO TETRACALCICO | | % | 10 | | |
| REQUERIMIENTOS QUIMICOS OPCIONALES | | | | | |
| ÁLCALI EQUIVALENTE | | % | 0.92 | | |
| ENSAYOS FISICOS | | | | | |
| RETENIDO EN MALLA 325 (45um) | | % | 7.60 | | |
| RETENIDO EN MALLA 200 (75um) | | % | 1.50 | | |
| RETENIDO EN MALLA 100 (150um) | | % | 0.10 | | |
| SUPERFICIE ESPECÍFICA (BLAINE) | | cm ² /g | 4000 | Mín | 2600 |
| CONTENIDO DE AIRE | | % | 6.7 | Máx | 12 |
| EXPANSIÓN AUTOCLAVE | | % | 0.18 | Máx | 0.80 |
| DENSIDAD | | g/cm ³ | 3.13 | | |
| FRAGUADO VICAT INICIAL | | min | 115 | Mín | 45 |
| FRAGUADO VICAT FINAL | | min | 305 | Máx | 375 |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
| 24 Horas | | Kg/cm ² | 174 | | |
| 03 Días | | Kg/cm ² | 274 | Mín | 122 |
| 07 Días | | Kg/cm ² | 348 | Mín | 194 |
| REQUERIMIENTOS FISICOS OPCIONALES | | | | | |
| FALSO FRAGUADO | | % | 75 | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
| 28 Días | | Kg/cm ² | 418 | | |
| CALOR DE HIDRATACIÓN | | | | | |
| 07 Días | | Cal/g | 80 | | |
| 28 Días | | | 91 | | |
| RESISTENCIA A LOS SULFATOS | | | | | |
| 14 Días | | % | 0.03 | | |

Nota: Los resultados de Resistencias a la compresión a 28 días y Calor de Hidratación corresponden al mes de Junio


Ing. Javier Valdez Chambi
 CIP 10840
 Jefe de Control de Calidad
CONTROL DE CALIDAD

b. ADITIVO UTILIZADO



HOJA TÉCNICA Sikament®-290N

Aditivo Polifuncional para Concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikament®-290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

Sikament®-290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Sikament®-290N está particularmente indicado para:

Todo tipo de concretos fabricados en plantas concreteras con la ventaja

de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.

En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.

Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.

Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.

| | |
|--------------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejas. ▪ Reductor de agua. |
| NORMAS | Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G. |
| DATOS BÁSICOS | |
| FORMA | <p>ASPECTO Líquido</p> <p>COLOR Pardo oscuro.</p> <p>PRESENTACIÓN Cilindro x 200 L Balde x 20 L Dispenser x 1000 L Granel x 1L</p> |
| ALMACENAMIENTO | <p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</p> <p>Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.</p> |
| DATOS TÉCNICOS | <p>DENSIDAD 1,20 kg/L +/- 0,02</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED</p> <p>Sikament® -290 N cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.</p> <p>Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)</p> |
| INFORMACIÓN DEL SISTEMA | |
| DETALLES DE APLICACIÓN | <p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.</p> <p>Como superplastificante: del 0,7 % - 1,4 % del peso del cemento.</p> |
| MÉTODO DE APLICACIÓN | <p>MÉTODO DE APLICACIÓN</p> <p>Como Plastificante.</p> <p>Debe incorporarse junto con el agua de amasado.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Como Superplastificante.</p> <p>Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m3 de carga de la amasadora o camión concretero.</p> |
| <p>INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD</p> | |
| <p>PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION</p> | <p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.</p> <p>En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p> |
| <p>OBSERVACIONES</p> | <p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p> |
| <p>NOTAS LEGALES</p> | <p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p> |

**ANEXO 2: RESULTADOS DE
LOS ENSAYOS DE
DIAMANTINA**

TESIS COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA

TESISTA Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO EXTRAÍDOS CON DIAMANTINA (ASTM C - 42)

Fecha de extracción de los núcleos de concreto endurecido : Martes 02 de agosto del 2016

Fecha del ensayo de resistencia a compresión : Martes 09 de agosto del 2016

Material : Concreto endurecido

Edad del concreto : 6 meses

UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS NÚCLEOS DE CONCRETO

Jirón Japón y Brasil - Cajamarca - Sector 17 - Lucmacucho

| ENSAYO N° | PROBETA | DESCRIPCIÓN | Resistencia de Diseño (Kg/cm ²) 100% f'c | Diámetro Promedio (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga máxima aplicada | | Esbeltez (h/d) | Factor de corrección por esbeltez - ASTM C 42M | Resistencia máxima (kg/cm ²) | % Obtenido |
|-----------|---------|--|---|----------------------------|-----------------|-----------------------|-------|----------------|--|--|------------|
| | | | | | | Tn | Kg | | | | |
| 1 | P - 1 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y JAPÓN | 210 | 9.90 | 15.20 | 23.80 | 23800 | 1.54 | 0.963 | 298 | 142 |
| 2 | P - 2 | LOSA DE PAVIMENTO INTERSECCIÓN DEL JIRÓN PORTUGAL Y BRASIL | 210 | 9.85 | 15.40 | 23.00 | 23000 | 1.56 | 0.965 | 291 | 139 |
| 3 | P - 3 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 3 | 210 | 9.90 | 15.30 | 22.00 | 22000 | 1.55 | 0.964 | 276 | 131 |
| 4 | P - 4 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 2 | 210 | 9.90 | 15.30 | 20.00 | 20000 | 1.55 | 0.964 | 250 | 119 |
| 5 | P - 5 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 2 | 210 | 9.90 | 15.20 | 21.40 | 21400 | 1.54 | 0.963 | 268 | 128 |
| 6 | P - 6 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 210 | 9.85 | 15.50 | 23.50 | 23500 | 1.57 | 0.966 | 298 | 142 |
| 7 | P - 7 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.20 | 22.30 | 22300 | 1.54 | 0.963 | 279 | 133 |
| 8 | P - 8 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.20 | 22.90 | 22900 | 1.54 | 0.963 | 287 | 137 |
| 9 | P - 9 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.10 | 18.00 | 18000 | 1.53 | 0.962 | 225 | 107 |
| 10 | P - 10 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 2 | 210 | 9.85 | 15.50 | 23.40 | 23400 | 1.57 | 0.966 | 297 | 141 |
| 11 | P - 11 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 210 | 9.85 | 15.40 | 22.80 | 22800 | 1.56 | 0.965 | 289 | 138 |

TESIS COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO EXTRAÍDOS CON DIAMANTINA (ASTM C - 42)

Fecha de extracción de los núcleos de concreto endurecido : Lunes 05 de septiembre del 2016

Fecha del ensayo de resistencia a compresión : Lunes 12 de septiembre del 2016

Material : : Concreto endurecido

Edad del concreto : 6 meses

UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS NÚCLEOS DE CONCRETO

Jirón Japón y Brasil - Cajamarca - Sector 17 - Lucmacucho

| ENSAYO N° | PROBETA | DESCRIPCIÓN | Resistencia de Diseño (Kg/cm ²) 100% f'c | Diámetro Promedio (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga máxima aplicada | | Esbeltez (h/d) | Factor de corrección por esbeltez - ASTM C 42M | Resistencia máxima (kg/cm ²) | % Obtenido |
|-----------|---------|---|--|----------------------------|-----------------|-----------------------|-------|----------------|--|--|------------|
| | | | | | | Tn | Kg | | | | |
| 12 | P - 12 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.20 | 22.00 | 22000 | 1.54 | 0.963 | 275 | 131 |
| 13 | P - 13 | LOSA DE PAVIMENTO JR. BRASIL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.10 | 21.50 | 21500 | 1.53 | 0.962 | 269 | 128 |
| 14 | P - 14 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 2 | 210 | 9.90 | 15.30 | 23.50 | 23500 | 1.55 | 0.964 | 294 | 140 |
| 15 | P - 15 | LOSA DE PAVIMENTO JR. JAPÓN CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.30 | 23.25 | 23250 | 1.55 | 0.964 | 291 | 139 |
| 16 | P - 16 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.10 | 21.50 | 21500 | 1.53 | 0.962 | 269 | 128 |
| 17 | P - 17 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.30 | 19.10 | 19100 | 1.55 | 0.964 | 239 | 114 |
| 18 | P - 18 | LOSA DE PAVIMENTO JR. PORTUGAL CUADRA 1 | 210 | 9.90 | 15.20 | 19.40 | 19400 | 1.54 | 0.963 | 243 | 116 |

ANEXO 3: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA.

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del esclerómetro : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

INTERSECCIÓN DE LOS JIRONES PORTUGAL Y JAPÓN

ÁNGULO DE IMPACTO

$\alpha = -90^\circ$

| DATUM | USO | FRANJA |
|------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773237</u> | | |
| NORTE : <u>9208538</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ | |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | |
| P- 1 | 37 | 38 | 37 | 36 | 37 | 37 | 36 | 38 | 37 | 37 | 37 | 37 | 0.7 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

DATO DEL Nº GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO

350 kg/cm²

COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPON, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESIS : **BRASIL - CAJAMARCA**
TESISTA : **Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas**

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del esclerómetro : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO

INTERSECCIÓN DE LOS JIRONES PORTUGAL Y BRASIL

$\alpha = -90^\circ$

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773256</u> | | |
| NORTE : <u>9208568</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P- 2 | 37 | 38 | 36 | 37 | 36 | 40 | 38 | 38 | 38 | 36 | 37 | 1.3 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

DATO DEL Nº GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO

350 kg/cm²

COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESIS :
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del esclerómetro : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN PORTUGAL C-3

| DATUM | USO | FRANJA |
|---------|-----|----------------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : | | <u>773270</u> |
| NORTE : | | <u>9208616</u> |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO

$\alpha = -90^\circ$



Ángulo -90°

| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 3 | 36 | 37 | 34 | 33 | 35 | 36 | 35 | 38 | 35 | 34 | 35 | 1.5 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

DATO DEL Nº GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO

320 kg/cm²

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del esclerómetro : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

JIRÓN BRASIL C-1

| | | |
|-------------------------|------------------|--------------------|
| DATUM WGS -84 | USO 17 | FRANJA M |
| ESTE : | | <u>773199</u> |
| NORTE : | | <u>9208590</u> |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 4 | 33 | 33 | 30 | 34 | 34 | 35 | 33 | 31 | 32 | 32 | 33 | 1.5 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 290 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del esclerómetro : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN BRASIL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773138</u> | | |
| NORTE : <u>9208615</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 5 | 33 | 35 | 34 | 33 | 36 | 33 | 35 | 34 | 36 | 32 | 34 | 1.4 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 310 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

JIRÓN JAPÓN C-2

| | | |
|-------------------------------|------------------|--------------------|
| DATUM WGS -84 | USO 17 | FRANJA M |
| ESTE : <u>773126</u> | | |
| NORTE : <u>9208573</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 6 | 36 | 36 | 37 | 38 | 39 | 39 | 41 | 38 | 39 | 40 | 38 | 1.6 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 370 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

JIRÓN JAPÓN C-1

| | | |
|--------------------------------|------------------|--------------------|
| DATUM WGS -84 | USO 17 | FRANJA M |
| ESTE : | | <u>773171</u> |
| COORDENADAS UTM NORTE : | | <u>9208559</u> |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P-7 | 35 | 37 | 35 | 36 | 38 | 34 | 36 | 38 | 39 | 35 | 36 | 1.6 |

Leyenda

α : Ángulo de impacto
 $\bar{\delta}$: Promedio de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 340 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN JAPÓN C-1

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

| | | |
|-------------------------|------------------|--------------------|
| DATUM WGS -84 | USO 17 | FRANJA M |
| | ESTE : | <u>773216</u> |
| COORDENADAS UTM | NORTE : | <u>9208545</u> |
| | COTA : | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 8 | 36 | 35 | 38 | 37 | 36 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 36 | 1.3 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 340 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO

$\alpha = -90^\circ$

JIRÓN PORTUGAL C -1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773190</u> | | |
| NORTE : <u>9208465</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 9 | 32 | 32 | 33 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 31 | 28 | 31 | 1.5 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

DATO DEL Nº GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO

260 kg/cm²

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN PORTUGAL C-2

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773250</u> | | |
| NORTE : <u>9208555</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 10 | 37 | 38 | 35 | 36 | 39 | 40 | 38 | 37 | 38 | 39 | 38 | 1.5 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 370 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Martes 02 de agosto del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del concreto : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN BRASIL C-1

| | | |
|-------------------------|------------------|--------------------|
| DATUM WGS -84 | USO 17 | FRANJA M |
| | ESTE : | <u>773232</u> |
| COORDENADAS UTM | NORTE : | <u>9208579</u> |
| | COTA : | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 11 | 37 | 37 | 36 | 36 | 35 | 35 | 37 | 37 | 39 | 34 | 36 | 1.4 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 340 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

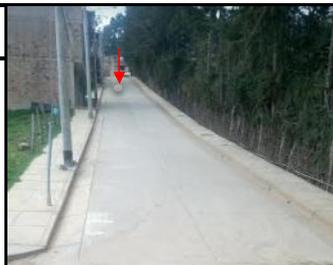
Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

JIRÓN BRASIL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773179</u> | | |
| NORTE : <u>9208598</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 12 | 35 | 35 | 36 | 35 | 39 | 35 | 37 | 37 | 36 | 34 | 36 | 1.4 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 340 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN BRASIL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773152</u> | | |
| NORTE : <u>9208607</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 13 | 34 | 36 | 34 | 33 | 36 | 35 | 35 | 34 | 36 | 32 | 35 | 1.4 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 320 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN JAPÓN C-2

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773139</u> | | |
| NORTE : <u>9208570</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 14 | 38 | 37 | 35 | 38 | 40 | 39 | 37 | 39 | 38 | 40 | 38 | 1.5 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 370 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$

JIRÓN JAPÓN C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773192</u> | | |
| NORTE : <u>9208554</u> | | |
| COTA : | | |



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 15 | 37 | 35 | 38 | 36 | 37 | 39 | 38 | 39 | 36 | 39 | 37 | 1.4 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 350 kg/cm ² |
|---|------------------------|

COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESIS :
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN PORTUGAL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|-------------------------------|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773224</u> | | |
| NORTE : <u>9208519</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 16 | 34 | 33 | 35 | 36 | 32 | 34 | 36 | 35 | 34 | 33 | 34 | 1.3 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 310 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN PORTUGAL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|---------|-----|----------------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : | | <u>773203</u> |
| NORTE : | | <u>9208489</u> |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO

$\alpha = -90^\circ$



| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 17 | 32 | 30 | 32 | 31 | 32 | 33 | 30 | 32 | 30 | 34 | 32 | 1.3 |

Leyenda

- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

| | |
|---|------------------------|
| DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO | 280 kg/cm ² |
|---|------------------------|

TESIS : COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA
TESISTA : Bach. Ing. Civil Katherine Liseth Zambrano Rojas

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA O PRUEBA DEL MARTILLO DE REBOTE (A.S.T.M. C 805M-13a/NTP 339-181)

Fecha de ejecución del ensayo de esclerometría : Lunes 05 de septiembre del 2016
Material : Concreto endurecido
Resistencia a compresión especificada : 210 kg/cm²
Edad del concreto : 6 meses
Marca del equipo : Zhejiang Tugong Instrument Co.

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

JIRÓN PORTUGAL C-1

| DATUM | USO | FRANJA |
|---|-----|--------|
| WGS -84 | 17 | M |
| ESTE : <u>773178</u> | | |
| COORDENADAS UTM NORTE : <u>9208449</u> | | |
| COTA : | | |



ÁNGULO DE IMPACTO
 $\alpha = -90^\circ$



Ángulo -90°

| MUESTRA | NÚMERO DE GOLPES | | | | | | | | | | $\bar{\delta}$ | σ |
|---------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| P - 18 | 33 | 32 | 34 | 31 | 33 | 32 | 32 | 34 | 31 | 32 | 32 | 1.1 |

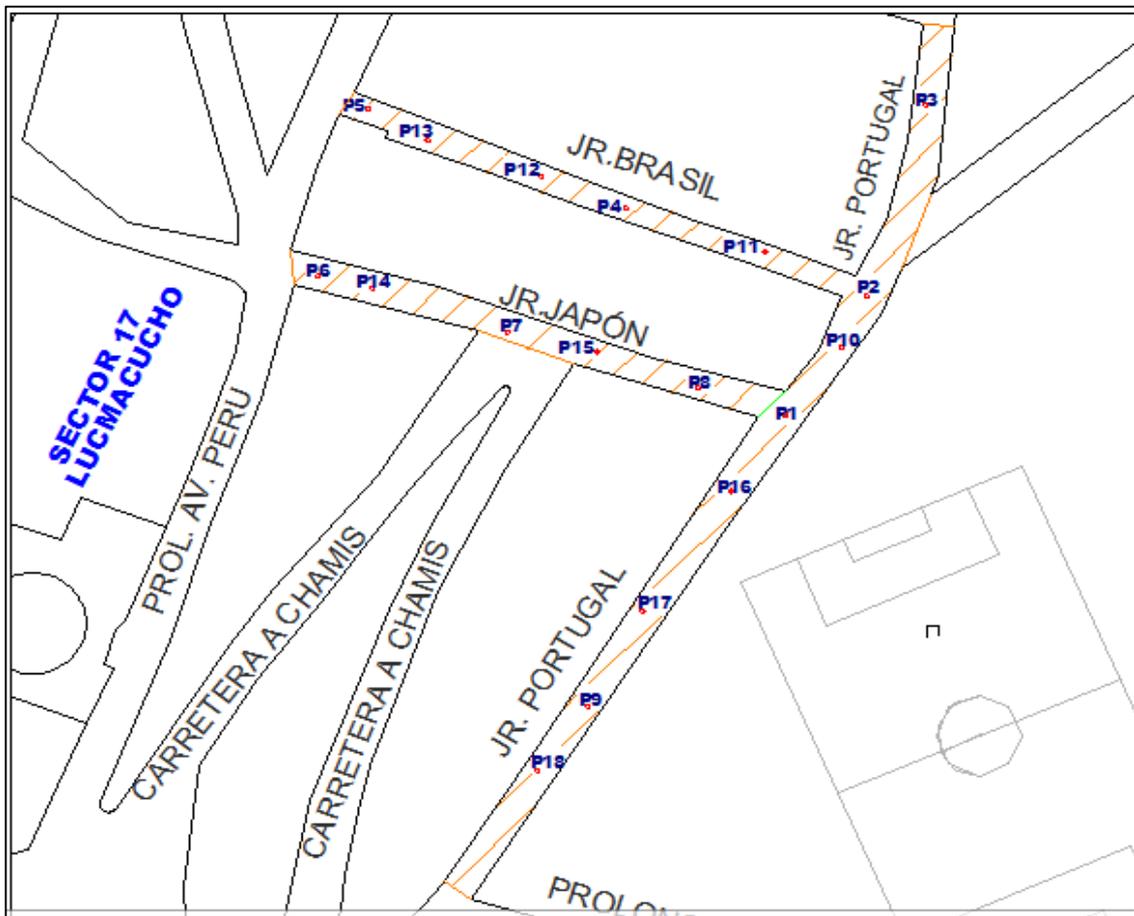
Leyenda

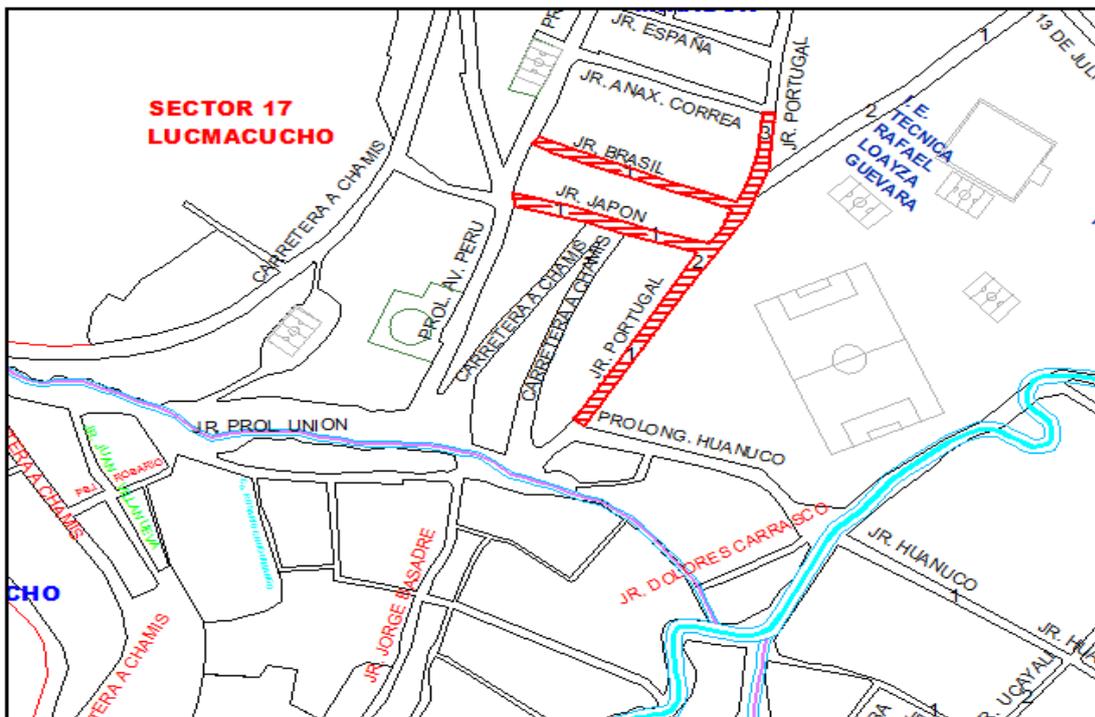
- α : Ángulo de impacto
- $\bar{\delta}$: Promedio de golpes
- σ : Desviación estandar de golpes

DATO DEL N° GOLPES - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, DEL CUADRO DEL ESCLERÓMETRO

280 kg/cm²

**ANEXO 3: PLANO DE
UBICACIÓN Y ACCESO AL ÁREA
EN ESTUDIO.**





ANEXO 4: CERTIFICADO DE DESARROLLO DE TESIS EN LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE: JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que la bachiller en Ingeniería Civil ZAMBRANO ROJAS, KATHERINE LISETH, identificada con DNI: 46976324, ex alumna de la escuela académico profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha registrado su asistencia a este laboratorio entre los periodos de Agosto a Septiembre del 2016, dicha alumna ha realizado durante este periodo ensayos de resistencia a compresión de 18 extracciones de núcleos de concreto por medio de una sonda rotatoria con brocas de dientes de diamante de 4" x 6", necesarios para el desarrollo de la tesis titulada: "COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DIAMANTINA Y ESCLEROMETRIA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES JAPÓN, PORTUGAL Y BRASIL - CAJAMARCA", dichos resultados obran en este laboratorio para las consultas necesarias.

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



ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 12: Pulido superficial en la zona de prueba para realizar el ensayo de esclerometría - Cuadra 1 del Jr. Brasil



Imagen N° 13: Ensayo de Esclerometría P-8, realizado en la cuadra 1 del Jr. Japon.



Imagen N° 14: Ensayo de Esclerometría P-9 - Cuadra 1 del Jr. Portugal



Imagen N° 15: Ensayo de Esclerometría P-5, Cuadra 1 del Jr. Brasil.



Imagen N° 16: Ensayo de Esclerometría P-6 Cuadra 1 del Jr. Brasil.



Imagen N° 17 Ensayo de Esclerometría P-7 y lectura del número de rebote en la escala al número entero más cercano- Cuadra 1 del Jr. Japón.



Imagen N° 18: Colocado del taco de expansión en el pavimento del P7, Cuadra 1 del Jr. Japón.



Imagen N° 19 Extracción del espécimen de Concreto P-7 - Cuadra 1 del Jr. Japón.



Imagen N° 20: Extracción del espécimen de Concreto P-2 - Intersección del Jr. Portugal y Brasil



Imagen N° 21: Extracción del Espécimen de Concreto P-4 - Cuadra 1 del Jr. Brasil



Imagen N° 22: Especímenes aserrados o esmerillados



Imagen N° 23: Máquina Universal lista para los ensayos



Imagen N° 24: Espécimen refrendado con mortero de azufre y espécimen sin refrendar.



Imagen Nº 25: Ensayo a Compresión Uniaxial del espécimen de concreto endurecido



Imagen Nº 26: Ensayo de esclerometría con el esclerómetro de la marca FORNEY. L.P