

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA EN EL MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO USADO EN
PAVIMENTOS RIGIDOS CON EL USO DE ADITIVOS COLORANTES DE
ORIGEN MINERAL”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCION Y MATERIALES

AUTOR(es):

BR. ABURTO CUSTODIO, JACK NEBER

BR. ORTIZ ZAVALETA, DOUGLAS MITCHELL

ASESOR:

ING. JUAN MANUEL URTEAGA GARCIA

TRUJILLO -

PERÚ 2019

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Aburto Custodio Jack Nelber** y el Bachiller **Ortiz Zavaleta Douglas Mitchell**, denominada:

“INFLUENCIA EN EL MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO USADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS CON EL USO DE ADITIVOS COLORANTES DE ORIGEN MINERAL”

Ing. Mamerto Rodríguez Ramos
CIP: 3689
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Cesar Cancino Rodas
CIP: 77103
JURADO
SECRETARIO

Ing. Jorge Paredes Estacio
CIP: 90402
JURADO
VOCAL

Ing. Juan Urteaga García
CIP: 75985
ASESOR

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado: De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “INFLUENCIA EN EL MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO USADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS CON EL USO DE ADITIVOS COLORANTES DE ORIGEN MINERAL” con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. El contenido del presente trabajo ha sido desarrollado tomando como marco de referencia los lineamientos establecidos en el Programa de apoyo al desarrollo de tesis asistida y los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen, excusándome de antemano de los posibles errores involuntarios cometidos en el desarrollo del mismo

Br. ABURTO CUSTODIO JACK N. Br. ORTIZ ZAVALA DOUGLAS MITCHEL

II. DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres, que desde mi niñez me brindaron la estabilidad, el impulso y la enseñanza necesarios para hacer frente a la vida.

A DIOS, por brindarme la sabiduría y fortaleza para alcanzar esta meta.

MIS PADRES, Martha y Nelber por todo su amor, dedicación y sacrificio.

MIS HERMANOS, Sebastián, Anthony y Hana por brindarme su apoyo en todos los momentos, y por todo su cariño.

A DIOS, por permitir guiar mis pasos y poder cumplir mis metas.

MI HIJA: Avril que con su sonrisa me llena de alegría.

MIS MADRES: Flor y Oliva, que en todo momento se sacrificaron por darme lo mejor.

MI PADRE: Ronal, quien es mi ejemplo de superación.

MI FAMILIA: que en todo momento sumaron en mi crecimiento con cada uno de sus consejos.

MIS AMIGOS: que me apoyaron en todo, teniendo un agradecimiento especial a Elvis que dedicó su valioso tiempo en apoyarme en la presente investigación.

III. AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor, por promover la investigación y estimularnos a superarnos profesionalmente. A nuestra querida Universidad, y en especial al laboratorio LABINM, por su gran apoyo y a los maestros que dejaron huella para nuestro crecimiento profesional.

A aquellos familiares y amigos incondicionales que estuvieron siempre presente.

IV. RESUMEN

La presente Tesis proyecto a nivel de Ingeniería y su aplicación real en la construcción de los servicios del “INFLUENCIA EN EL MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO USADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS CON EL USO DE ADITIVOS COLORANTES DE ORIGEN MINERAL”.

¿Cuál será la influencia del uso de aditivos colorantes de origen mineral en el módulo de rotura de concreto utilizado en Pavimentos Rígidos?

El método de ensayo con la norma ASTM C39/C39M-18 para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto en la obra y NTP 339.078-2012 (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo) donde se realizó las pruebas de compresión a las probetas de concreto sin colorante, y de ahí se realizó los ensayos a flexión con las vigas de concreto sin colorante y sin refuerzo, luego se le aplico en diferentes proporciones con 03 tipos de colorantes con respecto al peso de cemento que se le adiciona a la mezcla, para ver la correlación que existe entre la resistencia cilíndrica del concreto y el módulo de rotura con respecto a la cantidad de colorante que se le adicione a la mezcla . Como resultado se obtuvo que en promedio la resistencia a la compresión del concreto aumenta en 86% para contenidos del 4% de colorante mineral y también se obtuvo que en promedio para el módulo de rotura disminuye 8% para contenidos de 3% colorante mineral.

ABSTRACT

The present Thesis I project to level of Engineering and his royal application in the construction of the services of "INFLUENCES IN THE MODULE OF BREAK OF THE CONCRETE ONE USED IN RIGID PAVEMENTS WITH THE USE OF ADDITIVES COLOURINGS OF MINERAL ORIGIN".

Which will be the influence of the use of additives colourings of mineral origin in the module of break of concretly used in Rigid Pavements?

The testing method with the norm ASTM C39/C39M-18 for resistance to the compression of cylindrical specimens of I make concrete in the work and NTP 339.078-2012 (Testing method to determine the resistance to the flexion of the concrete one in girders simply supported with loads the thirds of the section) where the tests of compression were realized to the manometers of concretly without colouring, and of there the tests were realized to flexion by the girders of concretly without colouring and without reinforcement, then I apply him in different proportions with 03 types of colourings with regard to the cement weight that adds him to the mixture, to see the correlation that exists between the cylindrical resistance of the concrete one and the module of break with regard to the quantity of colouring that adds him to the mixture.

Since result obtained that in average the resistance to the compression of the concrete one increases in 86 % for contents of 4 % of mineral colouring and also there was obtained that in average for the module of break it diminishes 8 % for contents of 3 % mineral colouring.

INDICE

| | Pag. |
|--|-----------|
| Presentación | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos | iii |
| Resumen | iv |
| Abstract | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 01 |
| 1.1. Realidad problemática | 01 |
| 1.2. Formulación del problema | 02 |
| 1.3. Objetivos de la Investigación | 02 |
| 1.3.1. Objetivo General | 02 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 03 |
| 1.4. Justificación del Estudio | 03 |
| | |
| 2. MARCO DE REFERENCIA | 04 |
| 2.1. Antecedentes del Estudio | 06 |
| 2.2. Marco Teórico | 08 |
| 2.3. Marco conceptual | 09 |
| 2.3.1. Definiciones Conceptuales Fundamentales | 09 |
| 2.3.1.1. Definición de Pavimentos | 09 |
| 2.3.1.2. Características de un Pavimento | 10 |
| 2.3.1.3. Clasificación de Pavimentos | 13 |
| 2.3.1.4. Factores que intervienen el diseño de Pavimentos | 16 |
| 2.3.1.5. Importancia del Estudio de Suelos para Pavimentos | 19 |
| 2.3.2. Definiciones Conceptuales Especificas | 19 |
| 2.3.2.1. Definiciones de pavimentos rígidos | 19 |
| 2.3.2.2. Tipos de pavimentos de rígidos | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.2.3. Definición de Concreto | 23 |
| 2.3.2.4. Definición de Aditivos | 23 |
| 2.3.2.5. Definición de Acabado de Concreto | 23 |
| 2.3.2.6. Definición al Resistencia al desgaste | 23 |
| 2.3.2.7. Definición de Agua/Cemento | 24 |
| 2.3.2.8. Definición de Durabilidad del Concreto | 24 |
| 2.3.2.9. Concreto Premezclado: | 24 |
| 2.3.2.10. Concreto Premezclado en Seco | 25 |
| 2.3.2.10. Componentes del Concreto Premezclado en Seco | 26 |
| 2.3.2.11. Productos Similares | 28 |
| 2.3.2.12. Ventajas del Concreto en Seco: | 29 |
| 2.4. Hipótesis | 32 |
| 2.5. Variables: operacionalización de la variable | 32 |
| | |
| 3. METODOLOGIA | 33 |
| | |
| 3.1. Tipo y nivel de Investigación | 33 |
| 3.1.1. Tipo de investigación | 33 |
| 3.1.2. Nivel de Investigación | 33 |
| 3.2. Población y Muestra | 33 |
| 3.2.1. Población | 33 |
| 3.2.2. Muestra | 33 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos de investigación | 33 |
| 3.4. Diseño de investigación | 33 |
| 3.5. Procesamiento y análisis de datos. | 34 |
| 3.5.1. Resistencia a la Compresión | 37 |
| 3.5.2. Elaboración de Probetas | 37 |
| 3.5.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión: | 39 |
| 3.5.4. Resistencia a la Tracción por Flexión | 42 |
| 3.5.5. Elaboración de Vigas | 42 |
| 3.5.6. Ensayo de Flexión: | 44 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4. | RESULTADOS | 47 |
| 4.1. | Análisis e Interpretación de resultados | 47 |
| 4.1.1. | Resultados con los promedios de cada 5 muestras de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto a los 28 días de Curado | 47 |
| 4.1.2. | Resultados con los promedios de cada 5 muestras de Resistencia a Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de Curado | 49 |
| 4.1.3. | Correlación Modulo de Rotura y Resistencia a la Compresión del Concreto | 51 |
| 4.1.4. | Análisis de la Tendencia Modulo de Rotura a los 28 días respecto a la Resistencia a la Compresión a los 28 días | 52 |
| 5. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 53 |
| 6. | CONCLUSIONES | 54 |
| 7. | RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACION DE LAS PROBETAS | 55 |
| 8. | RECOMENDACIONES FINALES | 55 |
| 9. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 56 |
| 10. | ANEXOS | 59 |
| | ANEXO N° 01. Ficha Técnica Concreto Premezclado "Concreto Rápido" | 59 |
| | ANEXO N° 02. Ensayo de Microscopia (Espectro – grafía) de las Muestras de Colorantes Mineral (UPAO LABINM)..... | 60 |
| | ANEXO N° 03. Panel Fotográfico Elaboración del Concreto..... | 65 |

| | |
|--|----|
| ANEXO N° 04. Panel Fotográfico Curado del Concreto..... | 67 |
| ANEXO N° 05. Panel Fotográfico Ensayo Rotura a Flexión..... | 68 |
| ANEXO N° 06. Panel Fotográfico Ensayo Resistencia a la Compresión..... | 72 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 01: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos | 16 |
| Tabla 02: Criterios para la ejecución de Perforaciones en el terreno | 19 |
| Tabla 03: Resultados de cilindros a la compresión | 47 |
| Tabla 04: Datos de módulo de rotura | 49 |
| Tabla 05: La Relación entre Resistencia a la Compresión y el Módulo de Rotura | 52 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 01: Transmisión de carga en un Pavimento Rígido | 21 |
| Figura 02: Pavimento Rígido simple sin pasadores | 22 |
| Figura 03: Pavimento Rígido Simple Con Pasadores | 22 |
| Figura 04: Pavimento de concreto reforzado con juntas | 23 |
| Figura 05: Pavimentos de concreto con refuerzo Continuo | 23 |
| Figura 06: Bolsa de Concreto en Seco | 26 |
| Figura 07: Bolsa de Concreto Rápido (40 kg) | 28 |
| Figura 08: Concreto Fácil (40 kg) | 28 |
| Figura 09: Concreto Listo (40 kg) | 28 |

| | |
|---|----|
| Figura 10: Apasco 25 (kg) | 29 |
| Figura 11: Concreto Seco (40 kg) | 29 |
| Figura 12: Concreto Seco (25 kg) | 29 |
| Figura 13: Concreto Presec (25 kg) | 29 |
| Figura 14,15 y 16: Llenado y Apisonamiento de Concreto en moldes para Probetas | 38 |
| Figura 17: Curado de Probetas | 39 |
| Figura 18 y 19: Ensayo de Compresión de Probetas | 41 |
| Figura 20: Falla de Probeta Cilíndrica | 41 |
| Figura 21 y 22: Llenado y Apisonamiento de Concreto | 43 |
| Figura 23: Enrase de Vigas | 43 |
| Figura 24 y 25: Medidas de Vigas antes de ser sometidas a Flexión | 45 |
| Figura 26 y 27: Colocación de Vigas | 45 |
| Figura 28 y 29: Medidas de Secciones después de Rotura | 46 |

Lista de Graficas

| | |
|--|----|
| Gráfica N°.01,02,03 y 04. Relación de Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a los 28 días de curado para cada color de Pigmento y en diferentes porcentajes | 48 |
| Gráfica N°.05,06,07 y 08. Relación de Resistencia a la Flexión de Vigas de concreto a los 28 días de curado para cada color de Pigmento y en diferentes porcentajes | 50 |
| Gráfica N°.09. Correlación de Resistencia a la compresión de cilindros de concreto vs Modulo de Rotura | 52 |

1. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

Actualmente el concreto es el material tradicional de construcción más utilizado en todo el mundo gracias a las características y propiedades que aporta en las estructuras en obra, entre las más destacadas: resistencia mecánica, consistencia, durabilidad, trabajabilidad, entre otros.

Durante mucho tiempo el concreto estuvo limitado a cumplir sólo una función estructural (su aspecto superficial no se tomaba en cuenta), pero los requerimientos estéticos supieron encontrar en este material los colores que le han dado un privilegio en la arquitectura y la ingeniería contemporáneas.

El concreto pigmentado es un concreto arquitectónico que se obtiene por la adición de pigmentos a la mezcla de concreto, coloreándolo íntegramente en toda su masa, este producto cuenta con todas las características técnicas de un concreto convencional y cuya propiedad principal es la variada tonalidad de colores con las que contribuye a lograr una arquitectura armónica y compatible con el paisaje natural o artificial.

Sin embargo, es un problema cada vez más recurrente la aparición de defectos superficiales en los acabados debido a que no cumplen con la dosificación de mezclas requeridas para cada tipo de estructura.

Uno de los problemas más frecuentes en la construcción de edificaciones de viviendas y edificaciones en general, es la pérdida de tiempo inducida por los tiempos de espera para proceder con el acabado (pintura), ya que se requiere de un tiempo mínimo de curado del concreto o mortero de 30 días a más, antes de poder aplicar pintura para el acabado. Los problemas más comunes son: eflorescencia, agrietamiento del concreto, plasticidad y fraguado prematuro.

Cuando se incorpora aire al concreto fresco, para mejorar su trabajabilidad. Esta incorporación de aire, al igual que el que no se libera en el proceso de vibrado, provoca que la superficie quede rugosa, con huecos de abeja y eso afecta el color.

En esta investigación se utilizará aditivos colorantes de origen mineral entre estos tenemos oxido de cobalto, de hierro de cobre y zinc.

Una de las causas fundamental de la investigación es el acabado superficial del concreto.

Las características del cemento, relación agua/cemento, agregados, proceso de mezclado, compactación del concreto, contaminación, separación del agua y finos, curado del concreto, eflorescencias, tipo de pigmento y aditivo.

Sin embargo, también presenta ciertas limitaciones ya que al ser un concreto especial requiere de mayor control y cuidado desde su producción hasta su aplicación y disposición final.

La resistencia a compresión del concreto no será afectada si se utiliza la dosificación adecuada. Se evaluará la consistencia original de la mezcla y evitar que se produzcan alteraciones en la relación agua/cemento.

Se realizarán ensayos de resistencia a la abrasión del pavimento rígido en los laboratorios de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Se tiene un cronograma de trabajo establecido, durante ese tiempo se realizarán ensayos a cada muestra con un tipo de aditivo colorante en el concreto.

1.2. Formulación Del Problema

¿Cuál será la influencia del uso de aditivos colorantes de origen mineral en el módulo de rotura de concreto utilizado en Pavimentos Rígidos?

1.3. Objetivos de la investigación:

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del uso de aditivos colorantes de origen mineral en el módulo de rotura de concreto utilizado en pavimentos rígidos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Se conocerá las composiciones químicas de los colorantes de origen mineral por medio de un ensayo de espectro - grafía (microscopio electrónico de barrido).
- Se realizará el ensayo de compresión con probetas cilíndricas estándar según la norma ASTM C39, "Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.
- Se realizará el ensayo a flexión para obtener el módulo de rotura del concreto según la norma NTP 339.078 2012 (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo).
- Evaluar las propiedades del concreto según distintas concentraciones de los pigmentos de origen mineral.

1.4. Justificación del Estudio

La correcta dosificación de un concreto pigmentado, nos permitirá asegurar la resistencia a la compresión; así mismo obtener un concreto con la tonalidad requerida.

Esta investigación permitirá conocer con certeza los cambios producidos en las propiedades del concreto cuando se le adiciona colorantes de origen mineral, de esta manera podremos tomar las medidas pertinentes

según el uso que se le dará a concreto. El uso de concreto de pavimentos masivos coloreados permitirá el logro de acabados estéticos sin incrementos notables del presupuesto.

Los colorantes de origen mineral por lo general son óxidos que tienen consistencia terrosa, dado que son óxidos de distintos elementos metálicos como de cobalto, zinc, hierro, cobre etc, seguramente reaccionarán a los distintos compuestos químicos del concreto, estos estudios no se han realizado a profundidad y únicamente se han hecho experimentos con la finalidad de generar productos comerciales. Este nuevo aporte contribuirá a abrir nuevas puertas a investigaciones futuras en las que con más detenimiento se estudie las interacciones con los componentes químicos específicos de los aditivos colorantes de origen mineral.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Caicedo, Enzo y otros (2015) en su investigación “Desarrollo De Concretos Fluidos Coloreados A Reología Adaptada, Aplicados A La Construcción De Edificaciones De Concreto En Lima”, se propuso Desarrollar una gama de concretos fluidos a reología adaptada para el sector edificaciones, los cuales faciliten los procesos de construcción y acabados de las estructuras de concreto con diferentes tonalidades de color. La investigación llegó a los siguientes resultados Se concluye que las mezclas con $mc=330$: $a/mc =0.6$; $af/ag =0.55$) es la más económica, la que mejores propiedades presenta, por ende más competitiva en el mercado, por lo cual es la mezcla que recomienda utilizar. El principal aporte al trabajo de investigación es propone un nuevo producto comercial para el mercado de los materiales.

Díaz, López y otros (2014) en su investigación “Estudio Comparativo Entre La Utilización De Pigmentos De Tipo Orgánicos Y Minerales En

Concretos Estructurales Arquitectónicos”, se propuso “Realizar un análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los concreto estructurales arquitectónicos al utilizar pigmentos orgánicos e inorgánicos en su fabricación, para saber si al utilizar pigmentos orgánicos no se alteran las propiedades mecánicas del concreto”, para lo cual se desarrolló este proyecto de investigación que comprendió la realización de un análisis comparativo del comportamiento de la resistencia del concreto estructural, al combinarlo con pigmentos orgánicos e inorgánicos como aditivo. Para ello se utilizaron nueve cilindros, a los cuales se le realizó el ensayo a compresión, puesto que es el equipo con el que cuenta la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena y se ensayaron las propiedades de los agregados.). La investigación llegó a los siguientes resultados: La coloración que se obtuvo con la adición del pigmento líquido no fue visible a pesar de la alta concentración que se usó para la elaboración de la mezcla que fue de un 30%. Para las muestras de concreto con pigmento inorgánico, la concentración del 6% con respecto al peso del cemento de este aditivo fue suficiente para observar un cambio intenso en el color de la mezcla de concreto.

El principal aporte al trabajo de investigación es Durante la ejecución de esta investigación se pudo observar la diferencia que se presenta entre los dos pigmentos y la modificación que da en cada muestra respecto al patrón utilizado. A pesar de estas diferencias es importante resaltar la economía, la fácil ejecución y el manejo que se puede dar al utilizar los pigmentos orgánicos, más si estos son producidos por elementos que no afecte directamente el consumo de los seres vivos.

GUIACHETTI (2005) en su investigación “Hormigón Con Pigmentos De Color”, se propuso Este trabajo de investigación tiene por objetivo realizar ensayos experimentales con la finalidad de analizar las variaciones que se producen en las propiedades del hormigón con la adición de pigmentos inorgánicos en polvo, esto porque la adición de pigmento produce en general un descenso de la resistencia a

compresión, de modo que tener colores intensos, llamativos para el hormigón tiene, que como desventaja la disminución de la resistencia obligando a agregar una mayor cantidad de cemento, lo que trae como consecuencia un costo más elevado, para lo cual desarrolló (es desarrollar una serie de experimentos, es medir el cambio en las variables de resistencia que genera en un hormigón la adición de pigmento. La investigación llegó a los siguientes resultados El estudio revela, que los hormigones coloreados fabricados con materiales chilenos, presentan un comportamiento similar a otros hormigones ensayados en otros países, es decir, no disminuyen mayormente la resistencia a la compresión El principal aporte al trabajo de investigación es El hormigón con pigmento ha tenido un gran incremento dentro de la construcción, a modo de reducir los costos y mejorar o innovar la estética de una obra, es por esto que la empresa especialista en la venta de hormigón prefabricado, Premix, ha ampliado sus productos, con la venta de hormigón con pigmentos de color.

MOGROVEJO (2012) en su investigación “Experimentación con pigmentos alternativos aplicables al diseño interior”, se propuso : Investigar los pigmentos naturales para con ellos experimentar y proponer nuevos tipos de pinturas para interiores arquitectónicos que contribuyan a mejorar la expresividad de los mismos , para lo cual desarrolló en donde la primera fase trata mediante la experimentación mediante la manipulación de la tierra de colores en estado sólido hasta su pulverización como requisito previo para producir el pigmento natural y como última fase, la producción del pigmento natural como tal en estado líquido. La investigación llegó a los siguientes resultados: la producción de pigmentos naturales mediante tecnologías amigables con el medio ambiente es viable y lo demuestra su factibilidad. El principal aporte al trabajo de investigación es una primera aproximación al color final de un revestimiento se puede obtener mediante la mezcla, a seco, de pigmentos (ocres y tierra solamente), de la cal y de la arena.

POSITIERI (2005) en su investigación “Propiedades Fisicomecánicas y Durabilidad del hormigón coloreado”, se propuso : Evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido de hormigones coloreados y fenómenos vinculados con su durabilidad, incluyendo el envejecimiento del color por acción de la intemperie, para lo cual desarrolló (La idea rectora en esta investigación ha sido valorar la influencia de la adición de pigmentos en las propiedades de los hormigones en estado fresco y endurecido, estudiar la durabilidad de la familia de hormigones de referencia y coloreado y la estabilidad del color). La investigación llegó a los siguientes resultados (Para este estudio las dosificaciones de los hormigones de referencia, sin pigmento y los coloreados presentan consistencia constante, medida con el cono de Abrams y relación agua/cemento variable). El principal aporte al trabajo de investigación es (como conclusión principal, que la incorporación de pigmentos, óxidos de hierro, incorporados en los hormigones estudiados en una dosis del 6% mejoran las propiedades estudiadas, en estado fresco y endurecido, incluyendo a las vinculadas a la durabilidad).

2.2. Marco teórico

Concreto: La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo (Ref. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú 2da edición_1998 – Autor: Ing. Enrique Pasquel Carbajal).

Cemento: El cemento puede ser definido como un polvo fino aglutinante con propiedades aglomerantes o ligantes que endurece bajo la acción del agua. Con la adición de agua, se convierte en una pasta homogénea capaz de endurecer, y conservar su estructura, incluso en

contacto de nuevo con el agua (Ref. <http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>).

Aditivos: Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto (Ref. <https://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-aditivos-para-concreto/>).

Módulo de rotura: El módulo de ruptura se define como la tensión máxima que un espécimen de prueba rectangular puede soportar en una prueba de flexión de 3 puntos hasta que se rompe, expresado en N/mm² o MPa (Ref. <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/productos-soluciones/pruebas-de-refractarios/hmor-422-d3/>).

Pavimento rígido: Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada (Ref. <https://prezi.com/cqh2n3y6o9es/pavimento-rigido-definicion/>).

Pigmentos orgánicos: Los pigmentos orgánicos se componen de compuestos carbónicos. En el pasado, solían ser de origen vegetal o animal. Algunos ejemplos de pigmentos orgánicos sintéticos son la laca de grana de alizarina, colores azoicos (tonalidades amarilla, naranja y roja), ftalo-cianina de cobre (tonalidades azul y verde) y quinacridona (un pigmento violeta-rojo resistente a la luz) (Ref. <https://www.royaltalens.com/es-es/informaci%C3%B3n/un-manual-para-los-pigmentos/tipos-de-pigmentos/>).

Pigmentos minerales: Los pigmentos inorgánicos (de origen mineral) son compuestos metálicos, óxidos, por ejemplo. Comparado con los orgánicos, hay muchos menos. Ejemplos de pigmentos inorgánicos de origen natural son las tierras sombra, los ocre y las tierras Siena que se excavan de la tierra. También hay pigmentos con la misma denominación pero que se han producido sintéticamente. Otros ejemplos de pigmentos inorgánicos son los cadmios, el azul cobalto y el blanco titanio (Ref. <https://www.royaltalens.com/es-es/informaci%C3%B3n/un-manual-para-los-pigmentos/tipos-de-pigmentos/>).

Resistencia a la compresión: Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión (Ref. <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>).

Resistencia a la flexión: es una medida de la resistencia a la tracción del concreto, es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. La resistencia a la flexión se expresa con el módulo de rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPA) (Ref. <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>).

2.3. Marco conceptual

2.3.1 Definiciones Conceptuales Fundamentales

2.3.1.1 Definición de Pavimentos

Un pavimento es una estructura que está constituido por un

conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras y han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

2.3.1.2 Características de un pavimento

Un pavimento debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial.
- Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- Debe minimizar al máximo el ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, ofreciendo una adecuada seguridad al tránsito.

2.3.1.3 Clasificación de pavimentos

A. Clasificación por transferencia de carga

En nuestro medio, los pavimentos se clasifican en: Pavimentos Flexibles, Pavimentos Semi rígidos o Semi flexibles, Pavimentos Rígidos, Pavimentos Articulados y Afirmado.

- **Pavimentos Flexibles**

Este tipo de pavimentos están formados por una capa de rodadura asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base, no obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada proyecto.

Dependiendo del espesor de la capa de rodadura se clasifican en:

- Tratamientos Superficiales Monocapas y bicapas.
- Lechadas asfálticas o slurries.
- Cape seals.
- Micropavimentos.

- **Pavimentos Semi rígidos**

Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a

distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

- **Pavimentos Rígidos**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante.

La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia del concreto, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. Los pavimentos rígidos se pueden clasificar en:

- Simple o Monolítico.
- Simple con pasadores o barras de transferencia (dowels).
- Con refuerzo discontinuo distribuido sin función estructural.
- Con refuerzo continuo sin función estructural.
- Con refuerzo estructural.
- Pre esforzado.

- **Pavimentos articulados**

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa

de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub rasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento.

- **Afirmado**

Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

B. Clasificación por su proceso constructivo

- **Reciclado de Pavimentos Asfálticos**

En todos los siguientes casos de reciclado, la estructura resultante del trabajo de reciclaje, podrá emplearse como capa de rodadura o base.

a) Reciclado Superficial: Consiste en el retratamiento de la superficie del pavimento en bajos espesores, generalmente no superiores a los 2.5 centímetros, en casos en que los deterioros del pavimento no sean atribuibles a deficiencias estructurales. Se incluye todo procedimiento en que la superficie es fresada, cepillada o escarificada, triturada y adicionada o no de un agente de reciclaje, con o sin la incorporación de pequeños porcentajes de materiales vírgenes, reacondicionada y recompactada.

El proceso puede adelantarse en caliente o en frío y en este último caso el agente de reciclaje, si se requiere, se aplica en forma de emulsión.

b) Reciclado en el lugar (in situ): Conocido también como reciclaje en frío, consiste en rehabilitar el pavimento hasta una profundidad mayor de 2.5 cm, involucrando o no el material de base. Para ello, el espesor es escarificado y el material trozado resultante es triturado hasta un tamaño adecuado y

luego, mezclado con un agente de reciclaje y eventualmente con cierto porcentaje de agregado nuevo. Como su nombre lo indica, el proceso se realiza generalmente en frío y los aditivos más utilizados son emulsiones asfálticas, cemento portland, cal y mezclas cal y cenizas volantes.

c) Reciclado en Planta: Denominado también como reciclaje en caliente, consiste en escarificar el espesor deseado del pavimento existente y transportar el material trozado a una planta en la que es triturado y clasificado por su granulometría. El material también puede obtenerse del pavimento por medio de un fresado en frío. Posteriormente se agregan los materiales nuevos que comúnmente se incluyen un agente de reciclaje y agregado pétreo virgen, así como asfalto nuevo. La nueva mezcla en caliente se lleva al sitio de origen o al que se haya elegido para su colocación, donde se distribuye y compacta mediante métodos y equipos convencionales.

2.3.1.4 Factores que intervienen en el diseño de pavimentos

Los factores de diseño pueden ser divididos en cuatro categorías: tráfico y carga, medio ambiente, materiales y criterios de falla. Ver Tabla 01.

Tabla 01: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos

| Tipo | Factor |
|-----------------------------|--|
| 1. Tráfico y carga | Carga por eje: ejes simples, eje simple dual, eje tandem y eje tridem. |
| | Número de repeticiones: por cada tipo de eje (espectro de cargas) o en ejes equivalentes. |
| | Área de contacto del neumático. |
| | Presión de contacto neumático |
| | Velocidad del vehículo. |
| 2. Medio Ambiente | Temperatura del medio ambiente y en cada capa. |
| | Gradiente térmico: variación horaria de la temperatura. |
| | Precipitación pluvial |
| | Nivel freático |
| | Radiación solar |
| 3. Materiales | Capacidad de soporte de la subrasante: módulo resiliente, CBR, módulo de reacción. |
| | Características de los mejoramientos. |
| | Bases y sub bases granulares: CBR, módulo resiliente y módulo de poisson. |
| | Materiales Estabilizados: Resistencia a la compresión y módulo resiliente. |
| | Mezcla Asfáltica en caliente: módulo dinámico, propiedades de fatiga y parámetros de deformación permanente. |
| | Concreto hidráulico: coeficiente expansión, módulo de rotura, propiedades de fatiga y módulo de elasticidad. |
| | Acero de refuerzo: Esfuerzo de fluencia |
| Mezclas asfálticas en frío. | |

(
Continúa en la página siguiente)

Tabla 01: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos

| Tipo | Factor |
|---|---------------------|
| 4. Criterios de falla y condiciones de servicio | Fisuras por fatiga. |
| | Ahuellamiento. |
| | Fisuras. |
| | Erosión o bombeo. |
| | Rugosidad. |
| | Deslizamientos. |
| | Fallas en juntas. |

(Continuación)

Fuente: Ingeniería de Pavimentos 2014, ICG Perú.

La relación de los diferentes factores que afectan al pavimento, mencionados en el cuadro anterior, es compleja por lo que se puede mencionar que el tráfico tiene mayor incidencia en la estructura del pavimento.

2.3.1.5 Importancia del estudio de suelos para pavimentos

- **Clasificación de Suelos:** Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación

de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

- **Investigación y Evaluación De Suelos:** Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben efectuarse investigaciones de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:

a) Selección de las unidades típicas de diseño: Consiste en la delimitación de las unidades homogéneas de diseño con base en las características: geológicas, climáticas, topográficas y de drenaje de la zona en proyecto.

b) Determinación del perfil de suelos: La primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, la forma como éstos están dispuestos en capas y la detección de la posición del nivel freático. Teniendo en cuenta que es imposible realizar un estudio que permita conocer el perfil de suelos en cada punto del proyecto, es necesario acudir a la experiencia para determinar el espaciamiento entre las perforaciones con base en la uniformidad que presenten los suelos.

Un criterio para la ubicación, profundidad y número de las perforaciones se presenta en la Tabla 02.

Tabla 02: Criterios para la ejecución de Perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos

| Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos. | | |
|---|--|--|
| Tipo de zona | Espaciamiento(m) | Profundidad(m) |
| 1. Carreteras | 250 - 500 | 1.50 |
| 2. Pistas de aterrizaje. | A lo largo de la línea central, 60-70m | <i>Cortes:</i> -3m debajo de la rasante <i>Rellenos:</i> -3m debajo de la superficie existente del suelo. |
| 3. Otras áreas pavimentadas. | 1 perforación cada 1.000 m ² | <i>Cortes:</i> 3m debajo de la rasante. <i>Rellenos:</i> 3m debajo de la superficie existente del suelo. |
| 4. Préstamos | Pruebas suficientes para definir claramente el material. | Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo. |

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, 2da edición. Alfonso Fonseca. Año 2002.

Debe registrarse, además, la posición del nivel freático en caso de detectarse, por cuanto este dato es importante para el diseño de los dispositivos de sub drenaje que sean necesarios en la obra vial.

c) Muestreo de las diferentes capas de suelos: En cada perforación ejecutada deberán tomarse muestras representativas de las diferentes capas de suelos encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones en que se encontraba en el terreno de donde procede e inalterada en el caso contrario.

d) Ensayos de laboratorio: se realizan ensayos de laboratorio

a las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la sub rasante.

A continuación, se indican las pruebas más aplicables en la pavimentación de carreteras:

- Determinación del contenido de humedad.
- Análisis granulométrico.
- Determinación del Límite plástico y líquido de los suelos.
- Peso Específico.
- Ensayo de Densidad (máxima densidad y óptimo contenido de humedad).
- Ensayo CBR (Resistencia de los suelos).

2.3.2 Definiciones Conceptuales Específicas

En este capítulo se desarrollará en forma concisa los conceptos básicos sobre pavimentos rígidos, para obtener una idea general del tipo de pavimento en estudio y de los principales elementos que lo conforman: sub-base, losa de concreto, juntas, selladores, características del pavimento, etc. Así mismo, se describirá brevemente cada uno de los factores o parámetros necesarios para el diseño de pavimentos rígidos según el método AASHTO 93.

2.3.2.1 Definición de pavimentos rígidos

Un pavimento rígido está conformado de concreto simple o armado, denominado losa, y apoyado directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda,

dando como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. Todo lo contrario, sucede en los pavimentos flexibles, que, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la sub rasante, como se puede apreciar en la Figura 01.

Figura 01: Transmisión de carga en un Pavimento Rígido



Fuente: Blog Ingeniería y Construcción, 2006. Pavimentos Hidráulicos.

- **La sub rasante:** Es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, es más importante que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.
- **Sub base:** La capa sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales

condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.

Otras funciones de la sub base son:

- Proporcionar estabilidad y soporte uniforme.
 - Incrementar el módulo de reacción de la sub rasante.
 - Minimizar los efectos dañinos de las heladas.
 - Proveer drenaje cuando sea necesario.
 - Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.
- **Losa:** La losa es de concreto. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario para proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo o deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

2.3.2.2 Tipos de pavimentos de rígidos

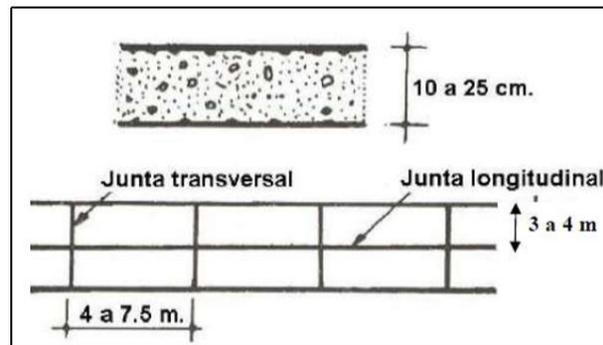
A. Pavimento rígido simple

a. Pavimento Rígido Simple Sin Pasadores

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso, por ejemplo, para calles residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más. Este tipo de

pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la sub rasante. Ver Figura 02.

Figura 02: Pavimento Rígido simple sin pasadores

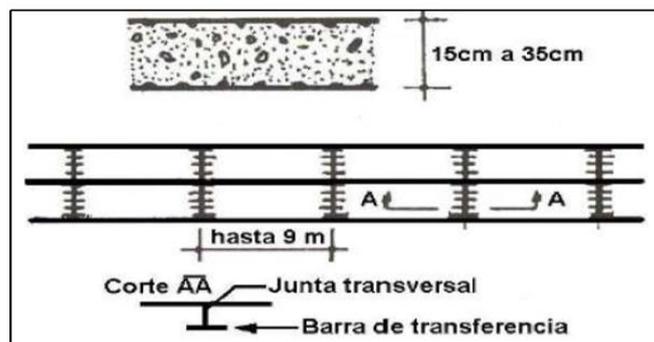


Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

b. Pavimento Rígido Simple Con Pasadores

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales o escalonamientos. Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más. Ver Figura 03.

Figura 03: Pavimento Rígido Simple Con Pasadores



Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

B. Pavimentos de concreto reforzado con juntas

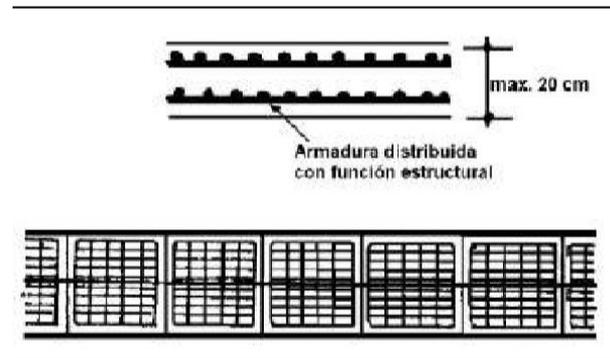
Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte con una unidad estructural. Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Las juntas son importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas.

En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como

longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machihembradas y acanaladas. Ver Figura 04.

Figura 04: Pavimento de concreto reforzado con juntas

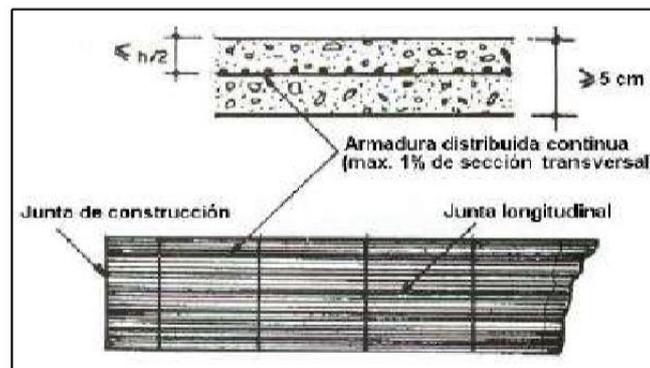


Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

C. Pavimentos de concreto con refuerzo continuo

A diferencia de los pavimentos rígidos reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformación específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. Ver Figura 05.

Figura 05: Pavimentos de concreto con refuerzo Continuo



Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimento.

2.3.2.3 Definición de Concreto

El concreto es la mezcla de cuatro componentes: cemento, agregados, agua y aditivos, según las exigencias de nuestra época estos últimos (aditivos) nos permiten mantener las propiedades del concreto en un mayor período pudiendo cumplir con las necesidades hoy en día.

2.3.2.4 Tipos de Aditivos

Entre los diferentes aditivos que se cuentan hoy en día, tenemos los siguientes:

ACELERANTES: Sustancias que reducen el tiempo normal de endurecimiento de la pasta de cemento y/o aceleran el tiempo normal de desarrollo de la resistencia.

RETARDANTES: Para la ejecución de mezclas en climas cálidos, transporte de la mezcla a largas distancias, disminuir los riesgos de juntas frías o de construcción, controlar y variar el tiempo del fraguado y controlar el calor en la ejecución de grandes volúmenes de concreto.

SUPERPLASTIFICANTES: Como su nombre lo dice superplastifica la mezcla reduciendo dramáticamente el agua de mezcla.

2.3.2.5 Definición de Acabado del Concreto

El acabado al concreto lo hace más atractivo y listo para ser puesto en servicio. Este acabado puede ser estrictamente funcional o decorativo. Influyen muchas reglas para darle acabado al concreto como son nivelar, esperar, bordear, introducir juntas, flotar, alisar o afinar, texturizar y curado.

2.3.2.6 Definición de la Resistencia al Desgaste

Es la propiedad que permite a un material resistir y mantener su apariencia. Y progresivamente ocurre una pérdida de masa en la superficie de concreto debido a la abrasión, erosión o cavitación.

2.3.2.7 Definición de Relación Agua /Cemento

Constituye un parámetro importante de la composición del hormigón. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del hormigón. Es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia.

2.3.2.8 Definición de Durabilidad del Concreto

La durabilidad del concreto se puede definir como su resistencia a los procesos de deterioro que pueden ocurrir como resultado de la interacción con su ambiente (externo), o entre los materiales constitutivos o debido a su reacción con los contaminantes presentes (interno).

2.3.2.9. Concreto Premezclado:

Rivera, G. (s.f). Este tipo de concreto se usa ampliamente y ofrece numerosas ventajas en comparación con el método tradicional de preparación en obra. El concreto premezclado es particularmente útil en obras que están muy congestionadas o en la construcción de vías donde solo se disponga de un espacio muy pequeño para tener una planta mezcladora y almacenar los agregados. Pero la principal ventaja del concreto premezclado consiste en que el hormigón puede hacerse en mejores condiciones de control.

En nuestro medio, su campo de acción es importante y ha logrado alta tecnología y calidad.

2.3.2.10. Concreto Premezclado en Seco

Es la combinación uniforme de proporciones apropiadas de piedra, arena gruesa y Cemento Portland antisalitre y aditivos, mezclados en fábrica que se suministra en estado seco para luego ser

combinado con una cantidad adecuada de agua, obteniendo una mezcla apropiada a la resistencia que se requiere. Estos productos tienen un gran potencial de ventas en el mercado ya que es una idea tentativa a su facilidad y simplicidad de empleo.

Rojas, k. (2010), define: El concreto Seco se puede definir como un concreto industrial, clasificado y mezclado en una fábrica que se suministra en estado seco listo para amasarlo con agua, obtenido de la mezcla ponderal de sus componentes básicos: conglomerantes, agregados y/o aditivos que se añaden para mejorar sus características y comportamientos. Vasquez, Y. (2016) dice que Nishihara, J. (2013) define al concreto en seco: Es una mezcla seca y homogénea, compuesta por cemento, grava y arena con granulometría controlada, cuyas proporciones varían de acuerdo a las características del concreto. La humedad de los componentes de la mezcla está por debajo de la del cemento. Garantizando que el cemento empacado no reaccione con estos, aumentando así el tiempo de vida del producto.

Figura N° 06. Bolsa de Concreto en Seco



Fuente: Propia

2.3.2.10. Componentes del Concreto Premezclado en Seco

Los componentes que se utiliza para este producto son los mismos que se utilizan para las obras normales, conglomerantes: cemento,

llamados componentes activos y los agregados: arena y piedra, que son llamados componentes inertes. También la cantidad de agua que específica en la bolsa del producto, que vendría a ser un componente complementario para la obtención de un concreto para una resistencia requerida, en este caso de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

a. Cemento Portland:

Material inorgánico finamente dividido que, amasado con agua, forma una pasta de fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

Pasquel (1998-1999), establece: Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

b. Agregados:

Los del concreto en seco están compuestos por el tamaño máximo del agregado grueso $3/8"$, arena gruesa y aditivos minerales especificados en la ficha técnica de concreto premezclado en seco "Concreto Rápido", todos libres de humedad.

c. Envase:

Los envases de estos productos varían de acuerdo a la cantidad de cada presentación (Concreto Rápido 40 kg) y está formado por dos pliegues de papel grueso. El papel de este producto industrial es derivado íntegramente de las propiedades que presenten las hojas de papel. La bolsa de papel soporta los requisitos de producción, envasado y almacenamiento.

Figura N°. 07. Bolsa de Concreto Rápido (40 kg)



Fuente: Propia

2.3.2.11. Productos Similares

Este producto es novedoso y tiene una gran importancia en el mercado de sector de la construcción, ya que es muy útil por la simplicidad y sencillez de su elaboración al amasarlo. Existen muchas empresas que se encargan de la producción del concreto en seco, dando una variedad de productos envasados como: Topex “Concreto Fácil”, Quikrete “Concreto Listo”, consorcios multinacionales Holcim Apasco y Wal Mart “Apasco”, Corona “Seco”, Cemex “Concreto Seco”, una empresa mexicana que también se encarga de la producción de este concreto, siendo una de las más importantes de México, también ParexGroup “Presec”, una empresa chilena.

Figura N°.08 Concreto Fácil (40 kg)



Figura N°.09 Concreto Listo (40 kg)



Fuente: www.sodimac.com.pe

Fuente: www.quikreteperu.com

Figura N°. 10. Apasco (25 kg)



Fuente: www.revistafortuna.com.mx

Figura N°. 11. Concreto Seco (40 kg)



Fuente: www.corona.com

Figura N°. 12. Concreto Seco (25 kg)
(25kg)



Fuente: www.cemexnicaragua.com

Figura N°. 13. Concreto Presec



Fuente: <http://www.parexchile.c>

2.3.2.12. Ventajas del Concreto en Seco:

A. Ventajas Respecto a la Auto Construcción:

El concreto en seco al ser elaborado industrialmente presenta una importante cantidad de ventajas desde una perspectiva logística, económica, técnica e inclusive medio ambiental.

Otro punto más importante es el desarrollo del autoconstrucción que siempre ha existido en todos lugares consiguiendo siempre estructuras de baja calidad que no cumplen con los requerimientos mínimos de resistencias por las normas

establecidas, entonces es por eso que este producto industrializado cumple con las especificaciones normadas para poder asegurar una buena calidad en la estructura que se quiere realizar.

Investigaciones pasadas hablan sobre las ventajas de este producto, uno de estas es de Rojas, K. (2010), que dice: El desarrollo en los últimos años de la industria del concreto seco en el mundo está permitiendo aplicar mejoras tecnológicas en las plantas y los productos, consiguiendo concretos que satisfacen las exigencias de los constructores facilitando a su vez su puesta en obra cumpliendo los requerimientos exigidos. A continuación, se presenta descripciones puntuales de las ventajas de este producto industrial:

- No es necesario generar la instalación de la planta productora de concreto.
- Disponibilidad en horario especificado.
- Posibilidad de terminar la obra en tiempos cortos.
- Utilizando un buen plan de logística es factible que un menor número de personal vacíe una mayor cantidad de concreto.
- No es necesario contar con personal en la obra para el desarrollo y transporte de concreto.
- Se puede llegar a cualquier lugar siempre y cuando sea factible el acceso a un camión.
- Es innecesario el espacio para el almacenaje de materia prima. - Ahorro en mano de obra por mayor productividad y mínimo desperdicio.
- Mayor limpieza para en la obra.

B. Ventajas Respecto a los Concretos Premezclados:

El concreto premezclado en seco tiene ventajas ya mencionadas que el concreto premezclado llevado en mixer carece. Existen limitaciones en cuanto a la tolerancia para el suministro del concreto premezclado una de estas se puede ver en la NTP

339.114 CONCRETO. Concreto premezclado. (Ref. 8.2) que dice: Si el usuario no está preparado para la descarga del concreto del vehículo de transporte, el productor no será responsable de la limitación del asentamiento mínimo, o del flujo de asentamiento, después de 30 minutos de la llegada del transporte mezclador al destino prescrito o a la solicitud de tiempo de entrega, lo que sea más tarde.

Los concretos premezclados presentan problemas que se detallan a continuación:

- Al ser terminado el mezclado y listo para ser suministrado este producto necesita consumirse rápidamente en un corto periodo de tiempo.
- Al siempre existir imprevistos en la obra es necesario recurrir a concretos ya mezclados como un gasto adicional fuera del límite de lo establecido, entonces como resultado esta adición carece de una calidad adecuada generando pérdidas económicas.
- Al no haber demanda de pedidos en una cantidad mínima para que pueda fabricarse el concreto premezclado y ser llevado en el camión (mixer) al lugar que se requiere, entonces no podrá llegar en un momento prudente en el trabajo.
- El concreto premezclado al tener que mantenerse húmedo y ser llevado en un camión mixer, demanda de elevados consumos de combustible porque que no puede dejar de ser mezclado hasta su empleo.
- Si hubiera un error al momento de su elaboración generaría una pérdida económica no recuperable dado a las grandes cantidades de pedido de este material.

2.4. Hipótesis: Hipótesis general e hipótesis específicas

El módulo de rotura disminuirá en un máximo de 10% y un mínimo del 5% con respecto al concreto sin adiciones colorantes, según el tipo de colorante que utilicemos en nuestra muestra.

2.5. Variables: Operacionalización de la variable

Variable Independiente: Uso del aditivo colorante de origen mineral.

Variable Dependientes: Modulo de Rotura.

| Variable dependiente: <i>Modulo de Rotura</i> | | | |
|--|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida | Instrumento de Investigación |
| Ensayo Resistencia Compresión (carga de ruptura) | Componentes del Hormigón | KG/CM2 | NTP 339.034 99 y ASTM C39 |
| Ensayo a Flexión | Viga de concreto sin refuerzo | MPa | NTP 339.078 (2012) |

| Variable independiente: <i>Uso del aditivo colorante de origen mineral</i> | | | |
|--|--|------------------|------------------------------|
| Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida | Instrumento de Investigación |
| PIGMENTO INORGANICO | OXIDO DE COBALTO OXIDO DE HIERRO OXIDO DE COBRE OXIDO DE ZINC | % | ENSAYOS DE LABORATORIO |

3. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

Mixto – Aplicada

3.2. Material

3.2.1. Población

En la investigación, se estudiaron los concretos coloreados con un $f'c$: 175 Kg/cm² aplicados en pavimentos rígidos con el uso de pigmentos de origen mineral en el laboratorio de materiales de la escuela de ingeniería civil en la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo en el período 2018-II.

3.2.2. Muestra de Estudio

Representatividad

3.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para este proyecto de investigación se utilizó como técnica los ensayos de resistencia a la compresión y el ensayo a flexión para obtener el Modulo de Rotura, luego se le adiciono pigmentos de origen mineral de diferentes colores y 03 diferentes proporciones que se obtienen del peso del cemento por bolsa de concreto rápido, donde se utilizó como instrumentos, aparato de carga y materiales como el agregado, agua, cemento, pigmentos de diferente color.

3.4. Diseño de Investigación

Donde obtuvimos los resultados deseados en la investigación, en la cual empleamos un diseño de investigación cuasi - experimental.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

En la toma de muestras ensayadas, se hizo un repaso de las normas: ASTM C31/C31M-09 (Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra), ASTM C39/C39M-18 (Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto en la obra) y NTP 339.078-2012 Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Nuestro punto de partida fue obtener un concreto $f'c$: 175 Kg/cm², luego se preparó 5 probetas de (4"x 8") para el concreto sin pigmento, luego se ensayó 15 probetas adicionándole pigmento amarillo (óxido ferroso) en una concentración de 3 %; 4 % y 5% y así será cuando adiciones el pigmento rojo (óxido de hierro), pigmento azul (óxido de cobalto) respectivamente. Para el módulo de rotura se ensayó 5 muestras en un cono de (6" x 6") sin pigmento y también se ensayó 15 conos adicionándole en un concentración de 3 %; 4 % y 5 % aplicándole el pigmento amarillo , rojo y azul respectivamente aplicando la norma **NTP 339.078 2012** (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo).Luego de haber obtenido los especímenes deseados, se ensayó a 7,14 y 28 días aplicando la norma ASTM C39/C39M-18 (Método de ensayo para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos).

Para la cuantificación de los resultados se empleó Microsoft Excel, que facilitó el cálculo de la media aritmética, los porcentajes, la desviación estándar, varianza y las presentaciones en cuadros y gráficas para el análisis descriptivo y cualitativo.

- ❖ **Cantidad Total x m3 para una resistencia a la compresión F'c de 175 (kg/cm2) :**

F'c

2355 (KG) ----- 1 M3 (175)

1 Bolsa ----- 45 (KG) (**CONCRETO FACIL**)

$2355 / 45 = 52.33$ Aprox. 52 Bolsas (**CONCRETO FACIL**)

- ❖ **Cantidad de Cemento x m3 para una resistencia a la compresión F'c de 175 (kg/cm2) :**

CEMENTO ----- 324 (KG) ----- 1 (M3)

- ❖ **Cantidad de Cemento para una bolsa de concreto fácil para una resistencia a la compresión F'c de 175 (kg/cm2) :**

$324 / 52 = 6.23$ (KG) ----- 1 Bls (**CONCRETO FACIL**)

- ❖ **Cantidad de Pigmento de origen mineral con respecto al peso de cemento por bolsa de concreto fácil para una resistencia a la compresión F'c de 175 (kg/cm2) :**

CANTIDADES DE PIGMENTOS: (3%) – (4%) – (5%)

1 Bls (CONCRETO FACIL) x 6.23 (Kg) = 6230 (gr.)

- **Para el 3% de pigmento de origen mineral (Amarillo, Rojo y Negro):**

0.03×6230 (gr) = 186.9 (gr.)

- **Para el 4% de pigmento de origen mineral (Amarillo, Rojo y Negro):**

0.04×6230 (gr) = 249.2 (gr.)

- **Para el 5% de pigmento de origen mineral (Amarillo, Rojo y Negro):**

$$0.05 \times 6230 \text{ (gr)} = 311.5 \text{ (gr.)}$$

| 3% | 4% | 5% |
|-------------|-----------|-----------|
| 186.9 (gr.) | 249.2(gr) | 311.5(gr) |

- ❖ Estas son las proporciones de pigmento de origen mineral que se utilizó en la mezcla con el concreto fácil:



3% del peso de cemento (Fuente: Propia)



4% del peso de cemento (Fuente: Propia)



5% del peso de cemento(Fuente: Propia)

3.5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.5.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Norma Utilizada ACI 318.08 y NTP 339.034

3.5.1.2. ELABORACIÓN DE PROBETAS:

MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza
- Moldes para probetas de 4" x 8"
- Concreto Premezclado en seco $f'c=175$ kg/cm² "Concreto Rápido"
- Agua Potable
- Trompo mezclador de concreto
- Carretilla
- Varilla Punta de Bala
- Pala de mano
- Martillo de madera



PROCEDIMIENTO

- El Mezclado de concreto se realiza según las especificaciones técnicas del fabricante, 4.25 – 4.75 litros de agua por bolsa de 40 kg, en tanda se utilizó 1.5 bolsas de cemento agregando 6.25 litros de agua mezclado en trompo.
- El Mezclado se realiza siguiendo los tiempos de 4 min de mezclado, una paraba por 1min y posteriormente por 4 min de mezclado más con la finalidad de que el mezclado sea homogéneo.
- La mezcla se coloca en una superficie libre de impurezas, por ejemplo, una carretilla.
- Luego de realizar el mezclado se procede a llenar los moldes en tres capas con ayuda de la pala de mano, durante el llenado la

mezcla se coloca de manera tal que garantizara la correcta distribución y se redujera al mínimo la separación del material dentro del molde. Al concreto se lo compacta mediante apisonado y estos se llenan en tres capas apisonando de manera uniforme por capa dando 25 golpes con la varilla punta de bala.

- **Figura N°. 14,15 y 16. Llenado y apisonamiento de concreto en moldes para probetas.**



Fuente: Propia

- Todos los moldes se llenan por igual siguiendo el mismo procedimiento de apisonamiento con la varilla punta de bala, como siguiente paso se procede a retirar el sobrante del concreto alisando la superficie tratando de manipular lo menos posible al dejar la cara lisa de tal forma que tenga un buen acabado. Por último, se tapa las

probetas de tal manera que queden totalmente herméticas con la finalidad de que el concreto no pierda agua en las primeras horas de fraguado.

- Después de 24 horas de su elaboración se retira a la probeta de los moldes y se los coloca en una poza de saturación completamente sumergida en agua hasta su posterior ensayo.

Figura N°. 17. Curado de Probetas.



Fuente: Propia

3.5.1.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Los ensayos de compresión de probetas cilíndricas de concreto 175 kg/cm² se realizaron después de un periodo de fraguado de 28 días por medio de una máquina de compresión.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Probetas cilíndricas de 4" x 8"
- Máquina de ensayos



PROCEDIMIENTO

- El ensayo de compresión se realiza pasado los días establecidos, se retira a las probetas de la poza de fraguado para posteriormente realizar el ensayo de compresión por medio de una máquina de compresión, por la ruptura de 3 probetas se obtiene una muestra según ACI 318.08.
- El ensayo de compresión de las muestras curadas debe hacerse inmediatamente después de que estas han sido removidas del lugar de curado todos los especímenes de una determinada edad. Se deben romper dentro de las siguientes tolerancias:
- Colocación de la muestra: La muestra se coloca con el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, y directamente debajo del bloque superior. Se debe limpiar con un paño las superficies de los bloques superiores e inferiores y colocando la probeta sobre el bloque inferior.
- Para las maquinas hidráulicas la carga debe aplicarse comprendida en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s (20 a 50 bl/Pulg2-seg).
- Se aplica la Carga hasta que falle y se registra la carga máxima soportada por la probeta durante el ensayo.

Figura N°. 18 y 19. Ensayo de Compresión de Probetas.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Figura N°. 20. Falla de Probeta cilíndrica



Fuente: Propia



Fuente: Propia

3.5.1.4. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN:

Norma Utilizada NTP 339.078

3.5.1.5. ELABORACIÓN DE VIGAS:

MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza electrónica
- Moldes para vigas de 500 x 150 x 150mm
- Concreto Premezclado en seco $f'c=175$ kg/cm² “Concreto Rápido”
- Agua Potable
- Trompo mezclador de concreto
- Carretilla
- Varilla Punta de Bala
- Pala de mano
- Martillo de madera

PROCEDIMIENTO

- El Mezclado de concreto se realiza según las especificaciones técnicas del fabricante, 4.25 - 4.75 litros de agua por bolsa de 40 kg, en tanda se utilizó 3 bolsas de cemento agregando 12.75 litros de agua mezclado en trompo.
- El Mezclado se realiza siguiendo los tiempos de 4 min de mezclado, una paraba por 1min y posteriormente por 4 min de mezclado más con la finalidad de que el mezclado sea homogéneo.
- La mezcla se coloca en una superficie libre de impurezas, por ejemplo, una carretilla.
- Luego de realizar el mezclado se procede a llenar los moldes en 2 capas con ayuda de la pala de mano, durante el llenado la mezcla se coloca de manera tal que garantizara la correcta distribución y se redujera al mínimo la separación del material dentro del molde. Al concreto se lo compacta mediante apisonado y estos se llenan en dos capas apisonando de manera uniforme por capa dando 60 golpes con la varilla punta de bala.

Figura N°. 21 y 22. Llenado y apisonamiento de concretos.



- Todos los moldes se llenan por igual siguiendo el mismo procedimiento de apisonamiento con la varilla punta de bala, como siguiente paso se procede a retirar el sobrante del concreto alisando la superficie tratando de manipular lo menos posible al dejar la cara lisa de tal forma que tenga un buen acabado.

Figura N°. 23. Enrase de vigas.



Fuente: Propia

- Posteriormente a todos los moldes se los cubre para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser

cubiertos inmediatamente después del acabado, con sus respectivas cubiertas.

- Después de 24 horas de su elaboración se retira a la probeta de los moldes y se los coloca en una poza de saturación completamente sumergida en agua hasta su posterior ensayo.

3.5.1.6. ENSAYO DE TRACCIÓN POR FLEXIÓN:

Norma Utilizada NTP 339.079

Los ensayos de flexión de un concreto 175 kg/cm² en vigas se realizaron hasta llegar a su resistencia final a los 28 días por medio de una máquina de compresión adaptándose con un molde que puede simular los puntos de apoyo y una cuña en el centro.

Al realizar el ensayo en las probetas prismáticas y aplicar las cargas puntuales perpendiculares al eje horizontal de la viga se producen esfuerzos de tensión y compresión a lo largo del material.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Moldes para vigas de 500 x 150 x 150mm
- Máquina de ensayos a compresión
- Gata Hidráulica
- Adaptador de apoyos
- Aditamento
- Cuña metálica
- Vernier
- Wincha

PROCEDIMIENTO

- Antes de colocar las vigas a la máquina de ensayos se procede a medir la mitad a lo largo del eje horizontal, para tener como referencia en donde se colocará en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Figura N°. 24 y 25. Medidas de vigas antes de ser sometidas a flexión



- Se colocan los adaptadores de apoyo en la máquina de ensayos para compresión.
- Después se coloca la viga dentro de la maquina haciendo que la cara más lisa sea donde se someterá la carga.

Figura N°. 26 y 27. Colocación de vigas



Fuente: Propia



Fuente: Propia

- Luego de someter la viga a flexión se procede a tomar las medidas a través de una de las caras de ruptura.

Figura N°. 28 y 29. Medidas de sección después de rotura.



Fuente: Propia

- El ancho y la altura se miden de acuerdo en cómo fue orientada al momento de ensayarse
- Se deben tomar 3 medidas por cada dimensión (ancho y altura) dos en los bordes superiores y una en el centro, con una precisión de 1 mm.
- Posteriormente se obtiene un promedio para hallar el módulo de rotura.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de resultados

En el análisis de resultados se tienen en cuenta las tablas y graficas que se presentan a continuación obtenidas durante el desarrollo de la investigación.

4.1.1. Resultados con los promedios de cada 5 muestras de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto a los 28 días de Curado

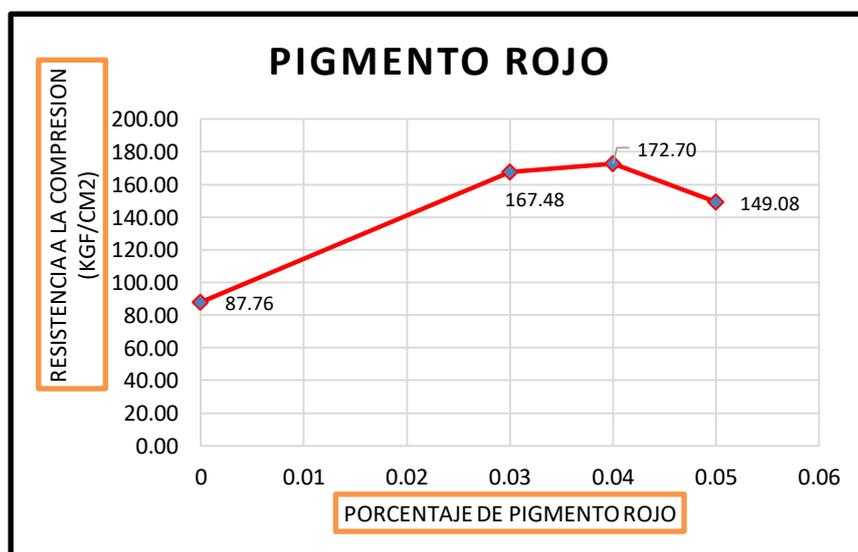
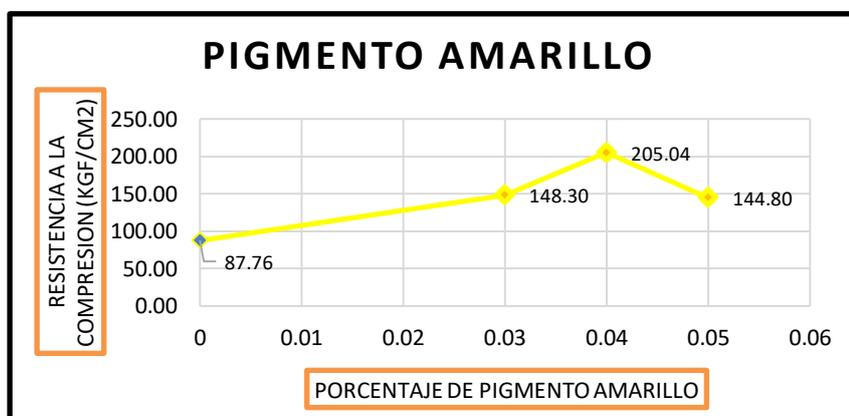
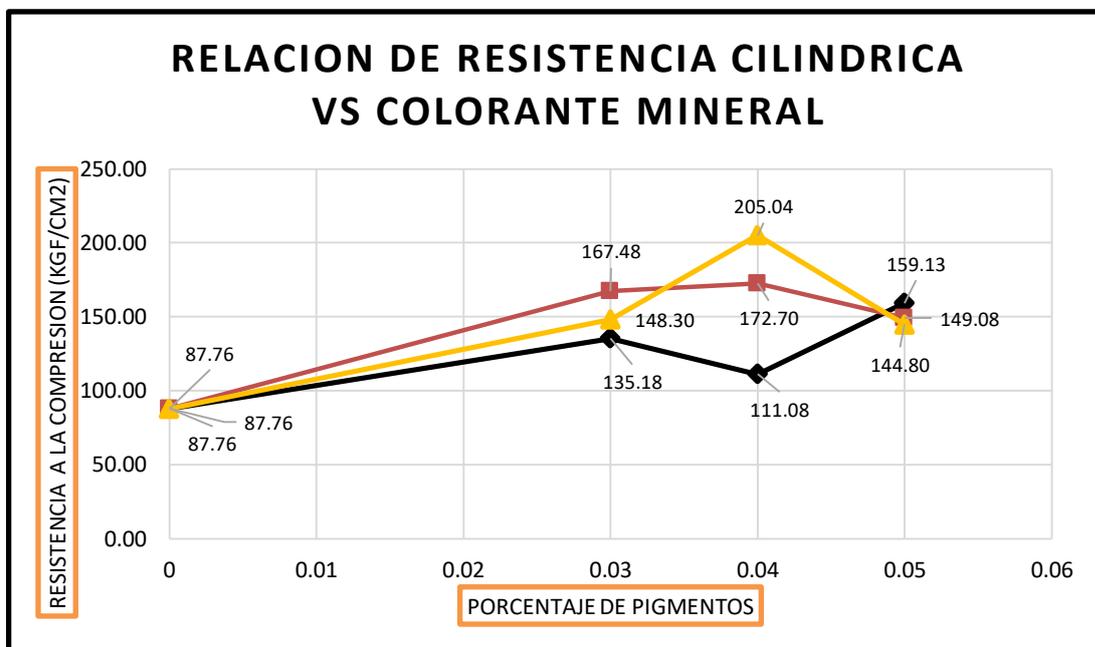
| PROBETAS AM. | Colores de Pigmento | | | % RELACION | |
|--------------|---------------------|--------|--------|------------|------|
| | AM. | ROJO | NEGRO | | |
| 0 | 87.76 | 87.76 | 87.76 | 87.76 | 100% |
| 3% | 148.30 | 167.48 | 135.18 | 150.32 | 171% |
| 4% | 205.04 | 172.70 | 111.08 | 162.94 | 186% |
| 5% | 144.80 | 149.08 | 159.13 | 151.00 | 172% |

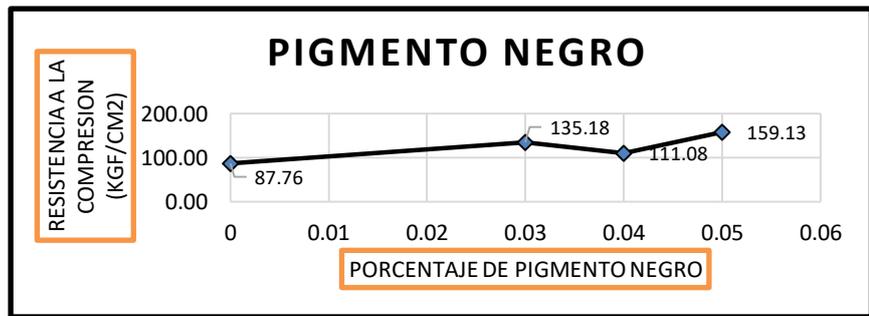
Tabla 03. Resultados de cilindros a la compresión

| % De Pigmento | Color de Pigmento | Diámetro (cm) | Altura (cm) | f'c (Kg/cm ²) | f'c (Mpa) |
|---------------|-------------------|---------------|-------------|---------------------------|-----------|
| 3% | AMARILLO | 10 | 20 | 148.30 | 14.83 |
| | ROJO | 10 | 20 | 167.48 | 16.75 |
| | NEGRO | 10 | 20 | 135.18 | 13.52 |
| 4% | AMARILLO | 10 | 20 | 205.04 | 20.50 |
| | ROJO | 10 | 20 | 172.70 | 17.27 |
| | NEGRO | 10 | 20 | 111.08 | 11.11 |
| 5% | AMARILLO | 10 | 20 | 144.80 | 14.48 |
| | ROJO | 10 | 20 | 149.08 | 14.91 |
| | NEGRO | 10 | 20 | 159.13 | 15.91 |

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión realizado en el laboratorio de la UPAO

Gráfica N° 01,02,03 y 04. Relación de Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a los 28 días de curado para cada color de Pigmento y en diferentes porcentajes





4.1.2. Resultados con los promedios de cada 5 muestras de Resistencia a Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de Curado

➤ Fórmula para obtener el Modulo de Rotura:

$$M_r = \sigma = \frac{PL}{bh^2}$$

UNIDADES: (MPA)

P= Carga de Falla (Kg)

Lv= Longitud entre Apoyos = 450 mm

b= Longitud de la Base de la Viga = 150 mm

h= Altura de la Viga = 150 mm

$$1 \text{ KG} = 9.81 \text{ N}$$

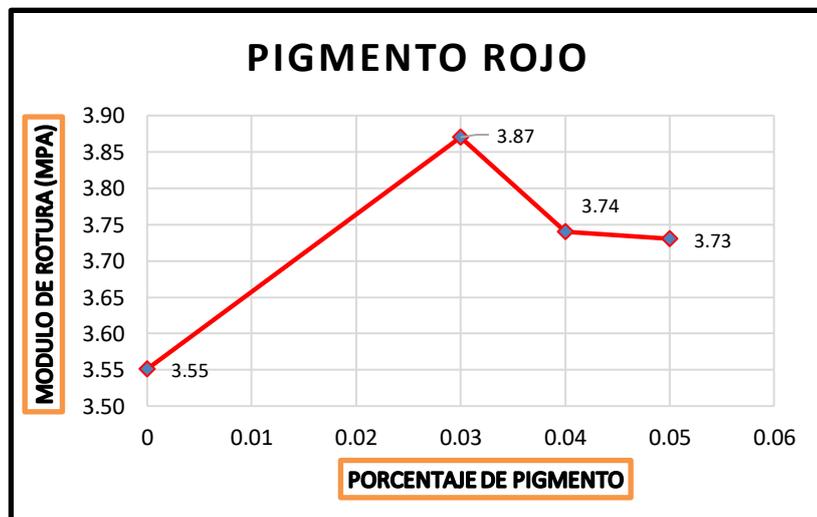
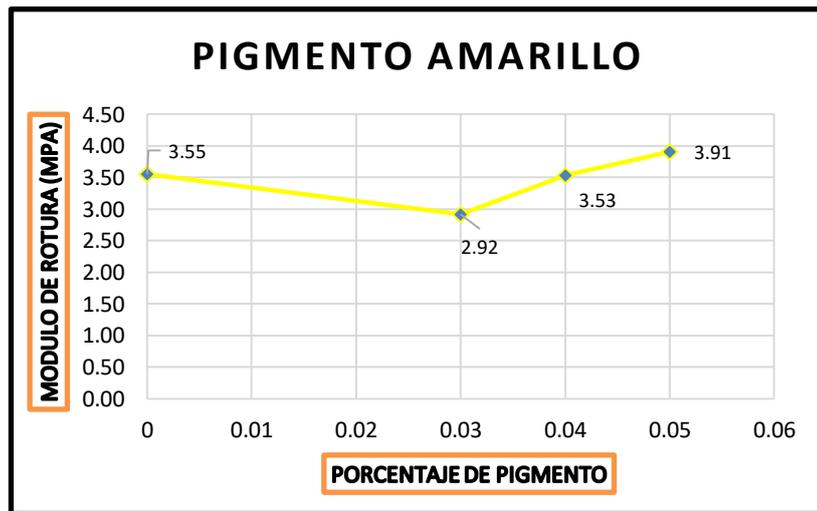
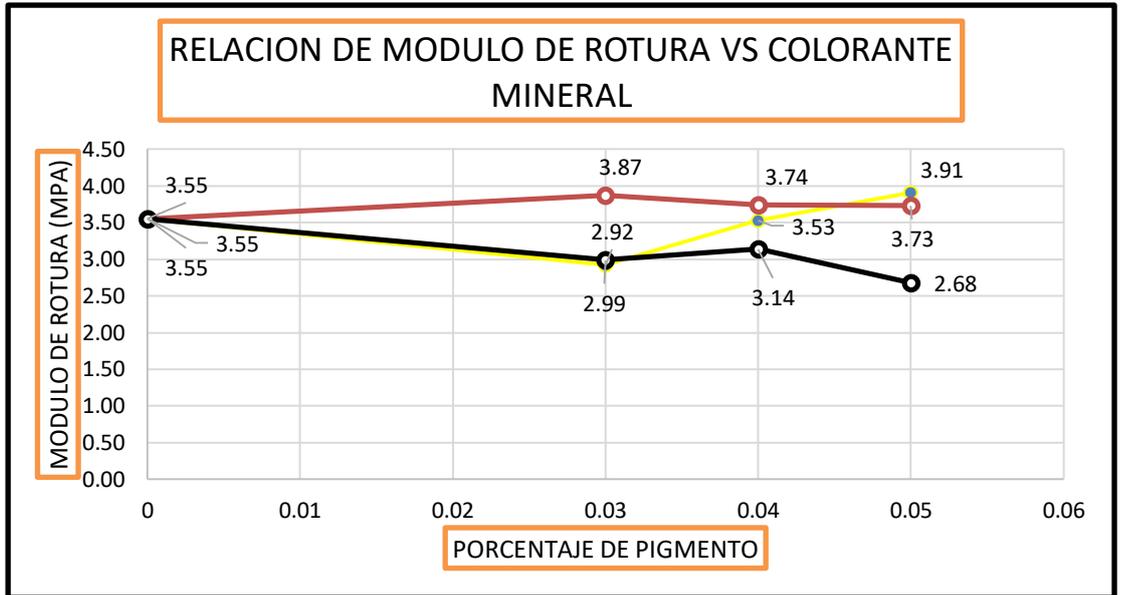
| MODULO DE ROTURA | % RELACION | | | | |
|------------------|------------|------|------|-------|------|
| | VIGAS | AM. | ROJO | NEGRO | |
| 0 | 3.55 | 3.55 | 3.55 | 3.55 | 100% |
| 3% | 2.92 | 3.87 | 2.99 | 3.26 | 92% |
| 4% | 3.53 | 3.74 | 3.14 | 3.47 | 98% |
| 5% | 3.91 | 3.73 | 2.68 | 3.44 | 97% |

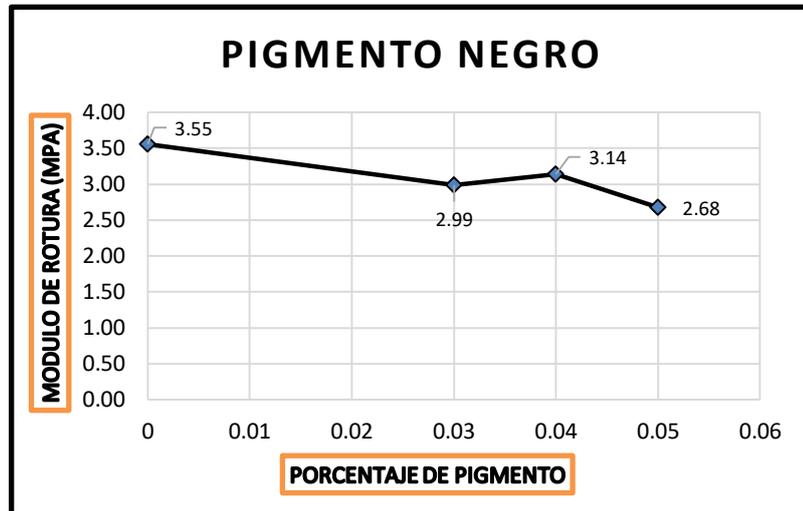
Tabla 04. Datos de módulo de rotura

| COLOR | % De Pigmento | B (cm) | d (cm) | L (cm) | Lv (cm) | Área (cm²) | volumen (cm³) | P DE FALLA (kgf) | fr (kgf/cm²) | fr (Mpa) |
|-------|---------------|--------|--------|--------|---------|------------|---------------|------------------|--------------|----------|
| AM. | 0 | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2235.10 | 29.20 | 2.92 |
| ROJO | 3% | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2959.12 | 38.70 | 3.87 |
| NEGRO | | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2284.92 | 29.90 | 2.99 |
| AM. | 4% | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2696.68 | 35.30 | 3.53 |
| ROJO | | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2860.92 | 37.40 | 3.74 |
| NEGRO | | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2402.52 | 31.40 | 3.14 |
| AM. | 5% | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2986.64 | 39.10 | 3.91 |
| ROJO | | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2853.46 | 37.30 | 3.73 |
| NEGRO | | 15 | 15 | 50 | 45 | 750 | 11250 | 2053.45 | 26.80 | 2.68 |

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión realizado en el laboratorio de la UPAO

Gráfica N°.05,06,07 y 08. Relación de Resistencia a la Flexión de Vigas de concreto a los 28 días de curado para cada color de Pigmento y en diferentes porcentajes





4.1.3. Correlación Modulo de Rotura y Resistencia a la Compresión del Concreto

RESISTENCIA A AL COMPRESION

| PROBETAS | AM. | ROJO | NEGRO |
|----------|--------|--------|--------|
| 0 | 87.76 | 87.76 | 87.76 |
| 3% | 148.3 | 167.48 | 135.18 |
| 4% | 205.04 | 172.7 | 111.08 |
| 5% | 144.8 | 149.08 | 159.13 |

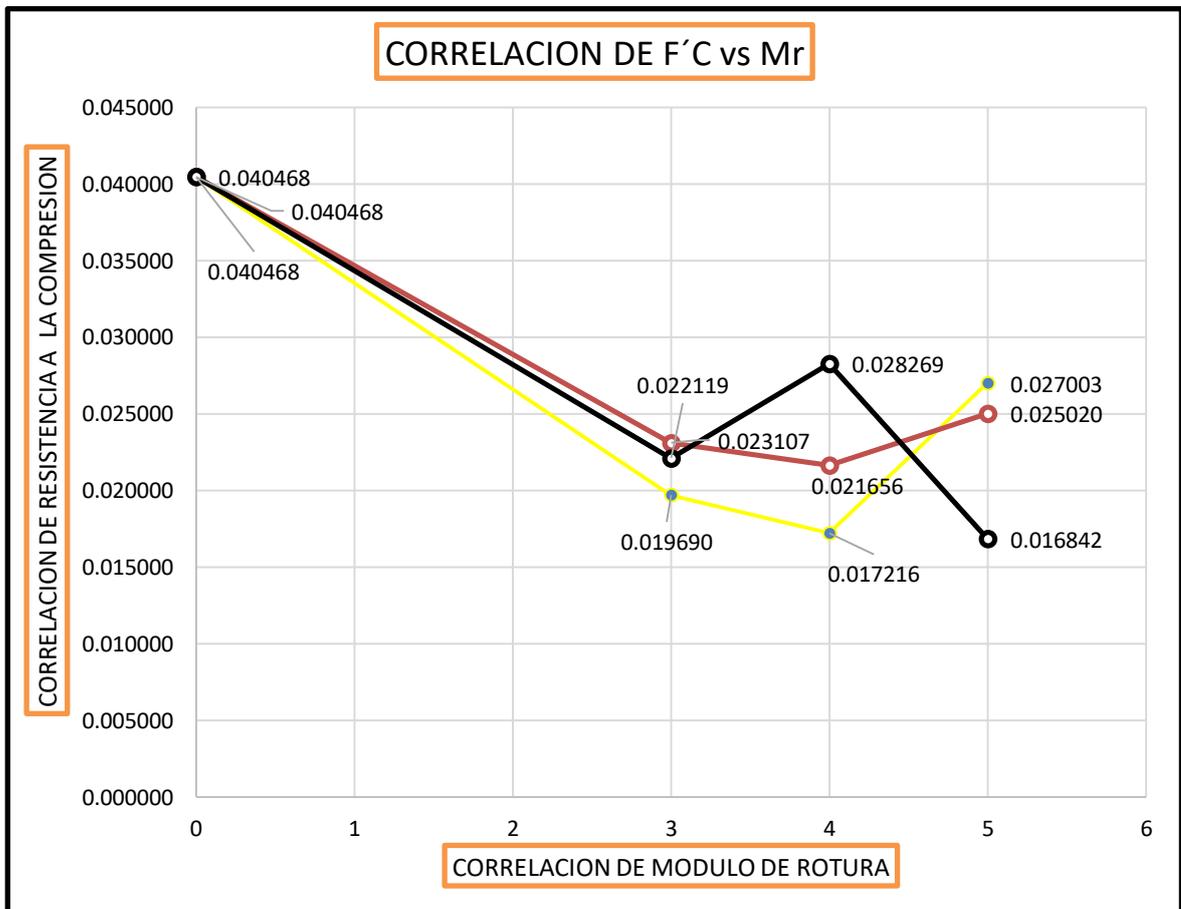
| MODULO DE ROTURA | VIGAS | AM. | ROJO | NEGRO |
|------------------|-------|------|------|-------|
| 0 | 3.55 | 3.55 | 3.55 | |
| 3% | 2.92 | 3.87 | 2.99 | |
| 4% | 3.53 | 3.74 | 3.14 | |
| 5% | 3.91 | 3.73 | 2.68 | |

Tabla N°.05.LA RELACION ENTRE RESISTENCIA CILINDRICA Y EL MODULO DE ROTURA:

| | AM. | ROJO | NEGRO | % DE RELACION | |
|----|----------|----------|----------|---------------|------|
| 0 | 0.040468 | 0.040468 | 0.040468 | 0.04046781 | 100% |
| 3% | 0.019690 | 0.023107 | 0.022119 | 0.02163857 | 53% |
| 4% | 0.017216 | 0.021656 | 0.028269 | 0.02238046 | 55% |
| 5% | 0.027003 | 0.025020 | 0.016842 | 0.02295489 | 57% |

4.1.4. Análisis de la Tendencia Modulo de Rotura a los 28 días respecto a la Resistencia a la Compresión a los 28 días

Gráfica N°.09. Correlación de Resistencia a la Compresión vs Modulo de Rotura



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En promedio la resistencia a la compresión del concreto aumenta en **71%** para contenidos del **3%** de colorante de origen mineral.
- En promedio la resistencia a la compresión del concreto aumenta en **86%** para contenidos del **4%** de colorante de origen mineral.
- En promedio la resistencia a la compresión del concreto aumenta en **72%** para contenidos del **5%** de colorante de origen mineral.
- En promedio el módulo de rotura disminuye **8%** para contenidos de **3%** de colorante de origen mineral.
- En promedio el módulo de rotura disminuye **2%** para contenidos de **4%** de colorante de origen mineral.
- En promedio el módulo de rotura disminuye **3%** para contenidos de **5%** de colorante de origen mineral.

6. CONCLUSIONES

➤ **CONTENIDOS DE LAS COMPOSICIONES QUIMICAS DE LOS COLORANTES (ENSAYO DE ESPECTRO-GRAFIA):**

- El colorante mineral amarillo:
 - Carbonato de hierro y de calcio.
 - Óxido de hierro y de calcio.
 - El colorante mineral negro:
 - Carbonato de calcio en mayor cantidad (CaCO_3) - SAL OXIXAL.
 - Sulfuro de calcio en menor cantidad – SAL HALOIDEA.
 - El colorante mineral rojo:
 - Silicato de calcio en mayor cantidad.
 - Carbonato de calcio en mayor cantidad.
 - Óxido de hierro.
- La resistencia a la compresión se incrementa aproximadamente hasta en **72%** con un contenido de colorante del **5%**.
- El módulo de rotura disminuye hasta en **3%** para contenidos de colorante de **5%**, lo que no es significativo.
- La relación entre Resistencia cilíndrica y módulo de rotura del concreto disminuye en **43%** para contenidos de colorante de **5%**.
- El módulo de Rotura del concreto con las adiciones de colorantes no sufren cambios significativos; sin embargo para el colorante amarillo se observa que a mayor contenido de este, esta propiedad se mantiene en 3.55 (MPA); en el caso del colorante rojo incremento en 3.87 (MPA); y para el caso del colorante negro se observa un decremento de 2.68 (MPA).
- La Resistencia del Concreto con las adiciones de colorantes tampoco sufren cambios significativos; in embargo para los colorantes amarillo y rojo se observa un incremento de 205.04 (kgf/cm²) y 172.70 (kgf/cm²) respectivamente, y para el caso del colorante negro la resistencia se mantiene con un valor de 159.13 (kgf/cm²).

7. RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS

- Determinar la cantidad de agregados se recomienda utilizando las proporciones calculadas en el diseño de mezcla de la investigación y afectarlos por un porcentaje que corresponda a los desperdicios. También se recomienda cubicar los agregados en el momento de ser entregados por los proveedores para evitar que falte material.
- Los agregados deben almacenarse bajo cubierta para evitar cambios de humedad bruscos que se pueden ver reflejadas en la toma de muestras para hacer las correcciones por humedad; la toma de muestras es de especial cuidado y particularmente si el material está a la intemperie.
- Antes de empezar a vaciar las probetas se debe tener experiencia previa especialmente en la fabricación de las viguetas. Por tal razón se recomienda hacer varias mezclas previas antes de empezar hacer cualquier investigación para aprender a tener eficiencia en los procesos de mezcla y fabricación.
- Se debe cumplir con las especificaciones de la normatividad vigente en cuanto a curado adecuado, garantiza que los especímenes tengan una temperatura favorable y una pérdida mínima de humedad.
- En lo posible hacer un curado normalizado para el cual se requiere una piscina que permita contener la totalidad de probetas sumergidas.

8. RECOMENDACIONES FINALES

- Como hipótesis de una nueva investigación podemos indicar que el aumento en la Resistencia a la Compresión del Concreto por la adición de colorantes, puede deberse a que esta actúa como Microfíler. Y que la disminución del Módulo de Rotura se debe a que los carbonatos, óxidos y silicatos de los colorantes, no favorecen la creación de nuevas moléculas que incrementen la Resistencia a la Tracción del Concreto.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A) TESIS:

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.*
- Montejo Fonseca, (2002). *Ingeniería de Pavimentos*, Tomo I.
- AASHTO, (1993) *Guide for Design of Pavements Structures 93.*
- RIVERA, G., (s.f.). *Concreto Simple.*
- PASQUEL, E. (1992 – 1993). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú.*
- ROJAS, K. (2010). *Concreto Premezclado en Seco.*
- VASQUEZ Y. (2016). *Concreto Premezclado en Seco.*
- NISHIHARA J. (2013). *Concreto Premezclado en Seco.*
- NTP 339.114 (2012). *Concreto Premezclado.*
- NTP 339.033 2009 – HORMIGON (CONCRETO). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.*
- NTP 339.034 2008, ASTM - C39 – HORMIGON (CONCRETO). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.*
- NTP 339.079 2012 – CONCRETO. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.*

- Castro Guiachetti, M. (2005). *Hormigón con pigmentos de color* (Tesis de grado para obtener título de ingeniero constructor). Universidad Austral de Chile – Chile.

- Díaz Catalán, L – Romero López, S (2014). *Estudio comparativo entre la utilización de pigmentos de tipo orgánicos y minerales en concretos estructurales arquitectónicos* (Tesis de grado para obtener título de ingeniero civil). Universidad de Cartagena – Colombia.

- Caicedo Moreno, Enzo Lizardo – Del Alamo Abanto, Jeaffet Lui (2015). *Desarrollo de concretos fluidos coloreados a reología adaptada, aplicados a la construcción de edificaciones de concreto en Lima* (Tesis de grado para obtener título de ingeniero civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Perú.

- POSITIERI (2005). *Propiedades Fisicomecánicas y Durabilidad del hormigón coloreado*. Universidad Tecnológica Nacional para obtención del título de Doctor en Ingeniería – Córdoba, Argentina.

B) LIBROS:

- Ing. Enrique Pasquel Carbajal, F. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto* (2da ed.). Lima-Perú.

C) REFERENCIAS ELECTRONICAS:

- Blog Ingeniería y Construcción, 2006. Pavimentos Hidráulicos.
URL.<http://facingyconst.blogspot.com/2006/03/pavimentos-hidraulicos.html>
- <https://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-aditivos-para-concreto/>
- <http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>
- <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/productos-soluciones/pruebas-de-refractarios/hmor-422-d3/>
- <https://prezi.com/cgh2n3y6o9es/pavimento-rigido-definicion/>
- <https://www.royaltalens.com/es-es/informaci%C3%B3n/un-manual-para-los-pigmentos/tipos-de-pigmentos/>
- <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>
- <http://www.360enconcreto.com/blog/detalle/buenas-practicas/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>
- <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

10. ANEXOS

ANEXO N°01. Ficha Técnica Concreto premezclado “Concreto Rápido”



Urb. San Antonio Mr. C – Lote 3. CASTILLA – PIURA
Central telefónica: (073)345713. Anexo 123



FICHA TECNICA CONCRETO PREMEZCLADO “CONCRETO RAPIDO”

Usos:

Las aplicaciones de este componente constructivo, son de una gran variedad dentro de la industria y el campo de la construcción, principalmente en: Cimentaciones, columnas, vigas, muros estructurales, pisos especiales, entre otros.

Materiales constitutivos:

Cemento Antisaltre, Grava 3/8”, Arena Gruesa y aditivos minerales.

Dosificación:

Agregue agua al premezclado en forma gradual a razón de 5 LITROS por bolsa de concreto o hasta formar una mezcla uniforme y trabajable.

| PISOS | | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Espesor del piso | 2.5 cm. | 5 cm. | 7.5 cm. | 10 cm. | 15 cm. | 20 cm. |
| Área a cubrir | 1 m ² |
| N° de bolsas | 2 bls. | 3 bls. | 4 bls. | 5 bls. | 8 bls. | 10 bls. |

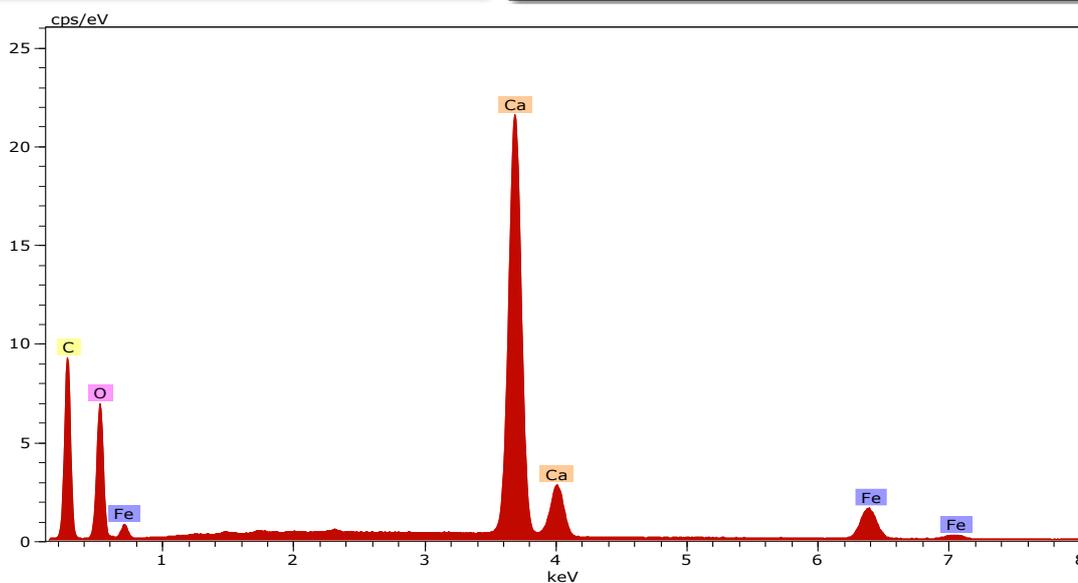
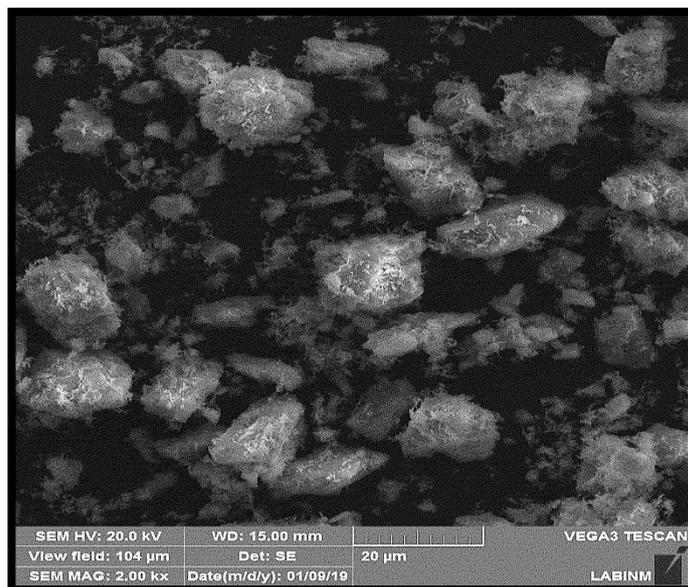
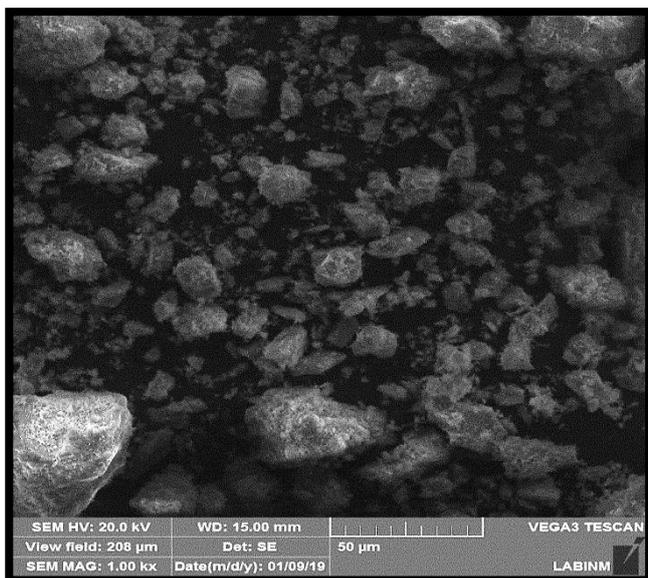
| TECHOS | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Techo aligerado. Loza de 5 cm. | Ladrillo 12x30x30 | Ladrillo 15x30x30 | Ladrillo 20x30x30 |
| Área a cubrir | 1 m ² | 1 m ² | 1 m ² |
| N° de bolsas | 4 bls. | 4.5 bls. | 5 bls. |

| COLUMNAS (sección cm. x cm.) | | | |
|------------------------------|----------|----------|-----------|
| Altura mt. | 25x12 | 25x25 | 30x30 |
| 2.5 | 4 bls. | 8 bls. | 11.5 bls. |
| 3.0 | 4.5 bls. | 9.5 bls. | 13.5 bls. |

| USOS | | | |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Concreto Rápido 140 | Concreto Rápido 175 | Concreto Rápido 210 |
| PISOS | SI | SI | SI |
| TECHOS | NO | SI | SI |
| COLUMNAS | NO | SI | SI |

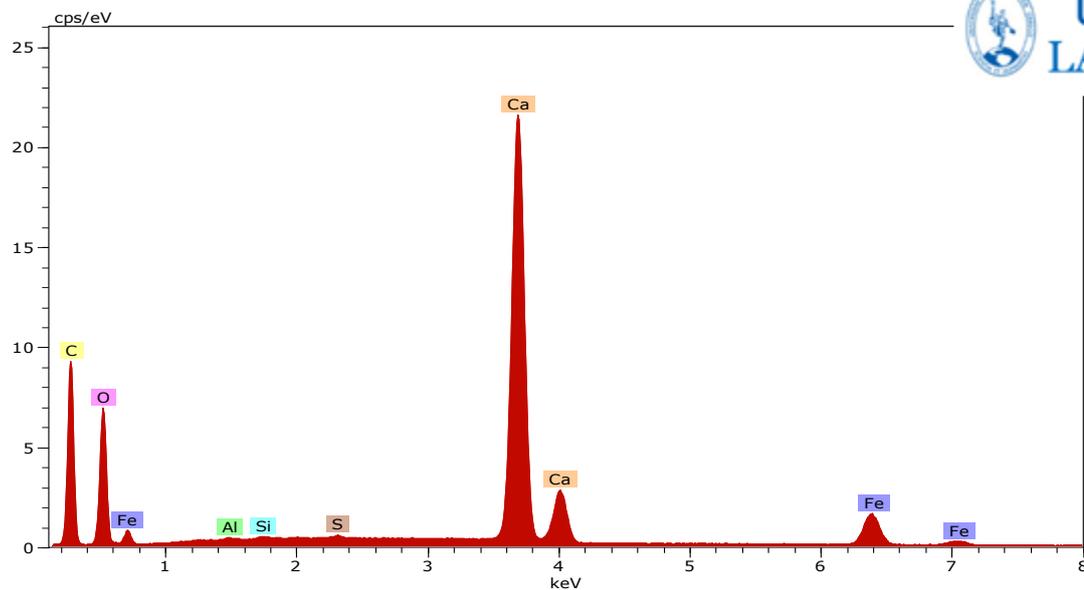
ANEXO N°02: Ensayo de Microscopia (Espectro – grafía) de las Muestras de Colorantes Mineral (UPAO LABINM)

➤ **COLORANTE MINERAL AMARILLO:**



Spectrum: Muestra amarilla 1.spx

| Element | norm. C [wt.%] | Atom. C [at.%] | Error (1 Sigma) [wt.%] |
|---------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| Carbon | 34.46 | 45.97 | 4.50 |
| Oxygen | 46.77 | 46.84 | 6.16 |
| Calcium | 16.02 | 6.41 | 0.56 |
| Iron | 2.75 | 0.79 | 0.11 |
| Total: 100.00 | | 100.00 | |

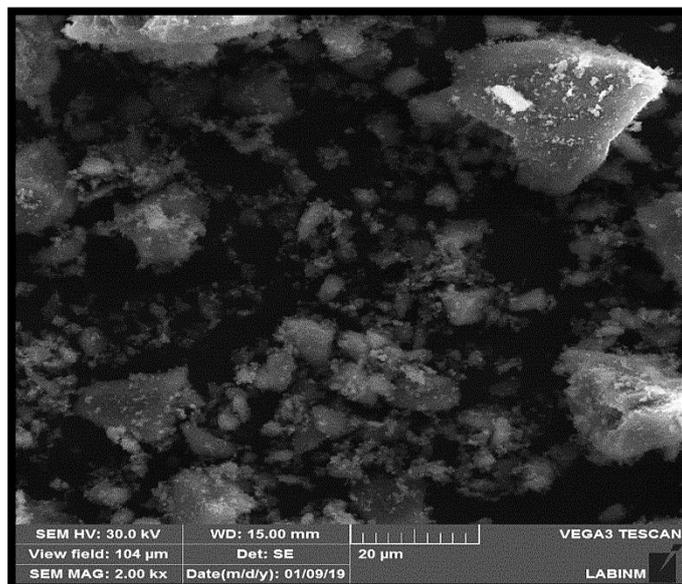
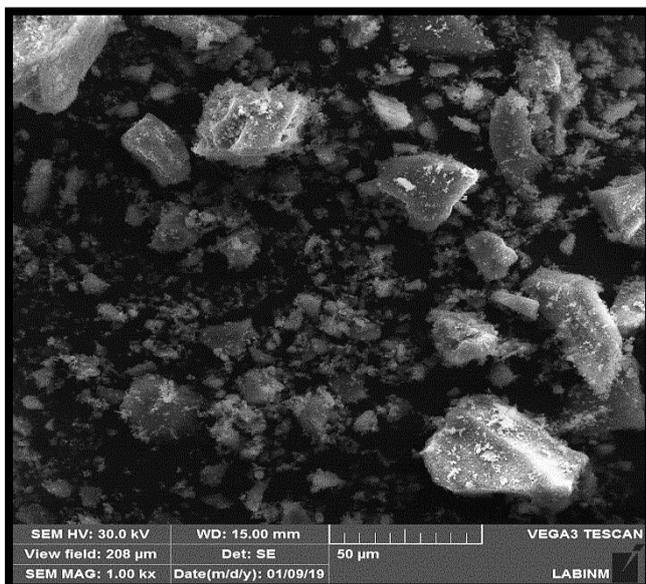


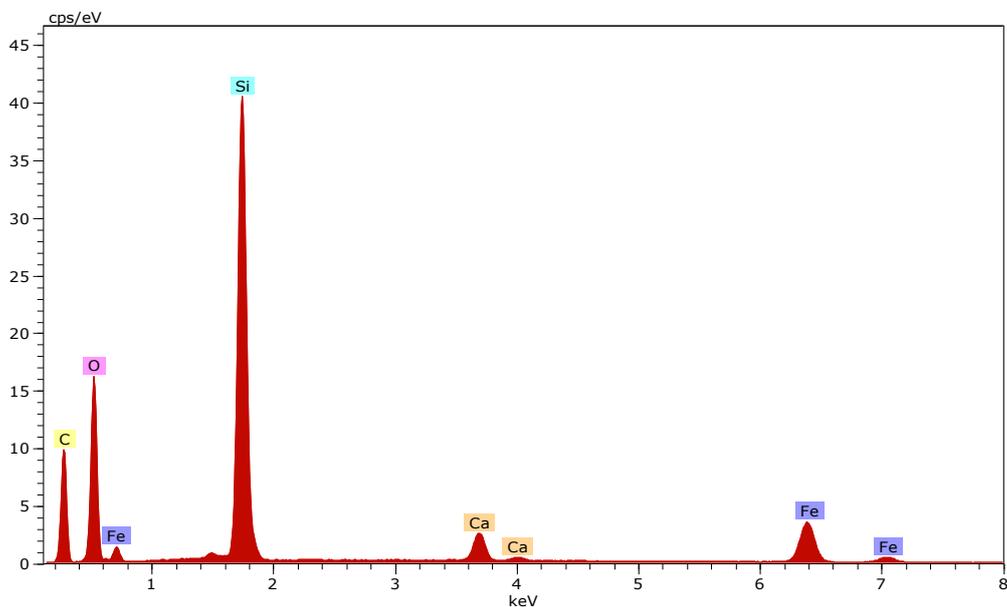
Spectrum: Muestra amarilla 1.spx

| Element | norm. C [wt.%] | Atom. C [at.%] | Error (1 Sigma) [wt.%] |
|-----------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| Carbon | 34.59 | 46.14 | 4.54 |
| Oxygen | 46.57 | 46.63 | 6.15 |
| Calcium | 15.97 | 6.38 | 0.56 |
| Iron | 2.74 | 0.79 | 0.11 |
| Aluminium | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| Silicon | 0.04 | 0.02 | 0.03 |
| Sulfur | 0.06 | 0.03 | 0.03 |

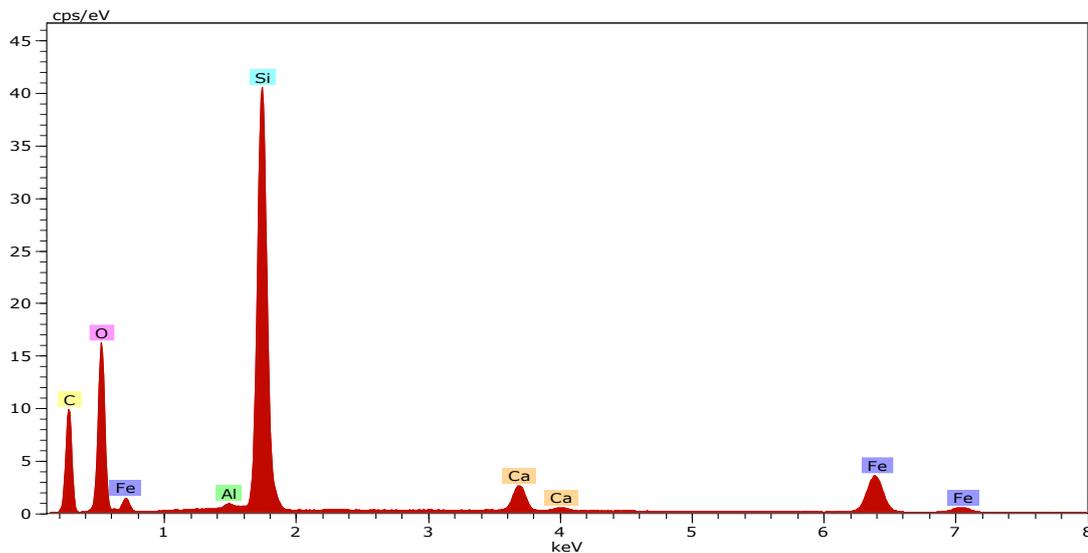
Total: 100.00 100.00

➤ **COLORANTE MINERAL ROJO:**



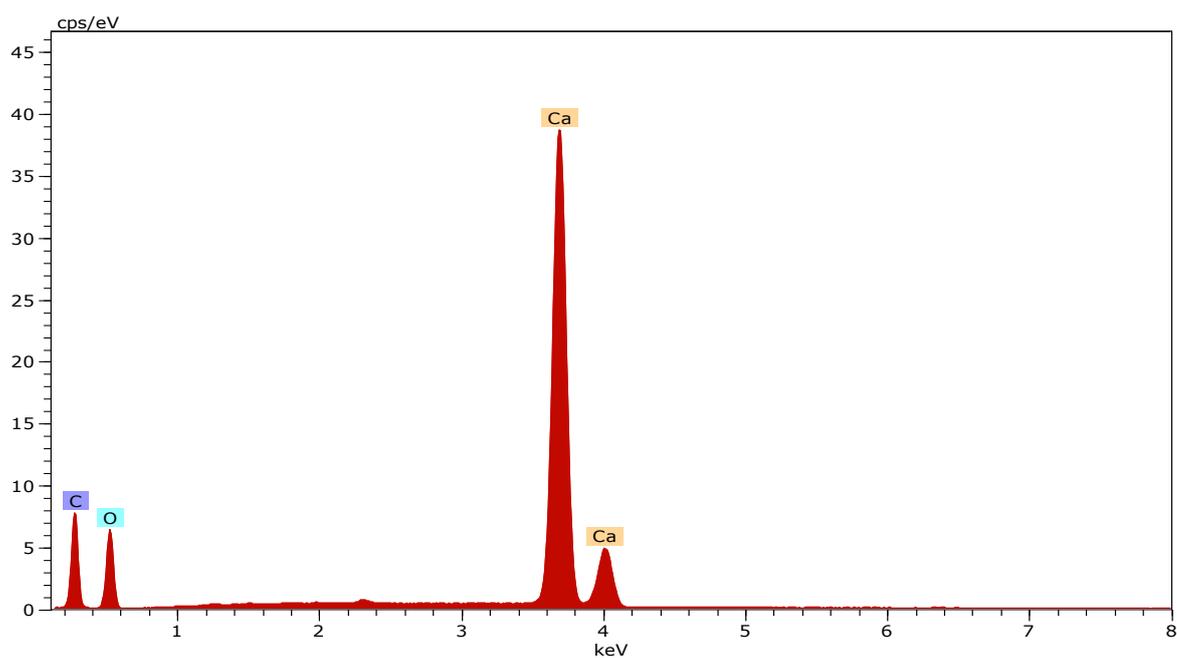
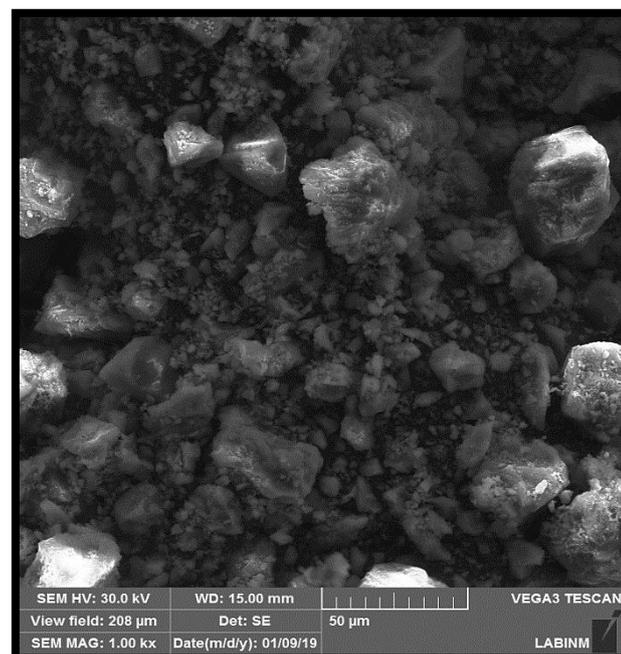
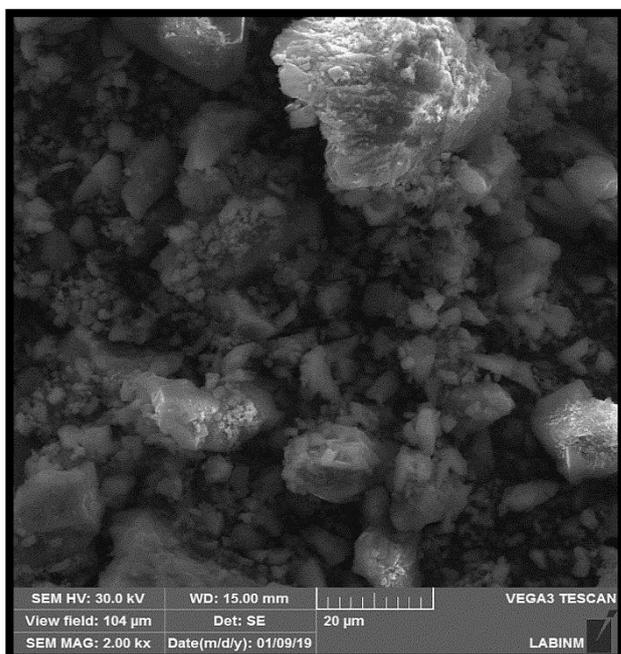


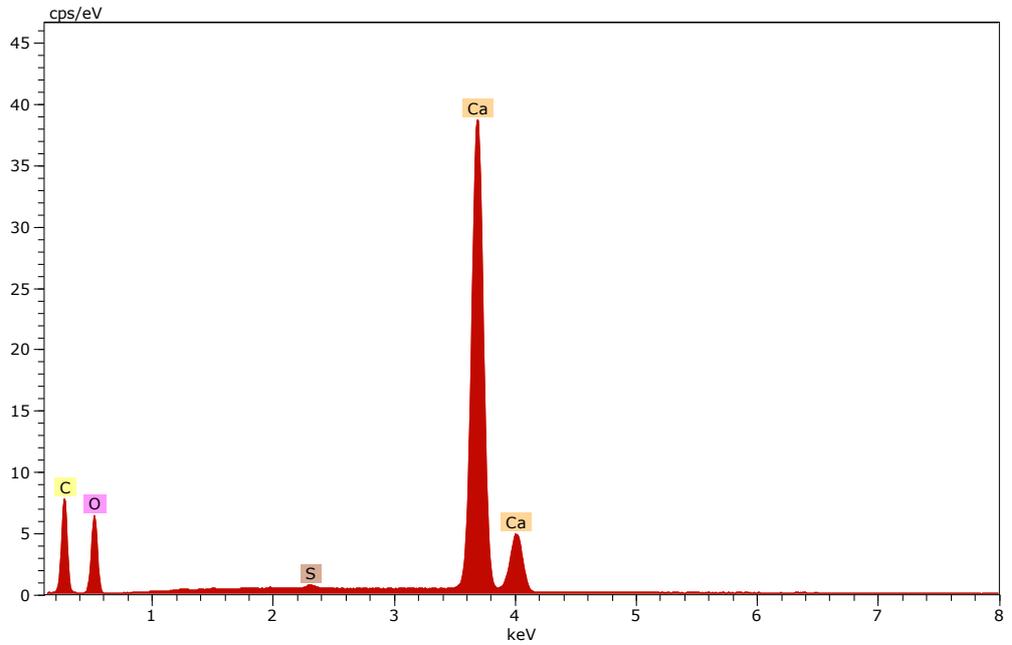
| Element | norm. [wt.%] | C Atom. [at.%] | Error (1 Sigma) [wt.%] |
|---------------|--------------|----------------|------------------------|
| Carbon | 36.75 | 47.30 | 7.15 |
| Oxygen | 45.60 | 44.06 | 8.60 |
| Calcium | 1.24 | 0.48 | 0.09 |
| Iron | 3.19 | 0.88 | 0.16 |
| Silicon | 13.22 | 7.28 | 1.04 |
| Total: 100.00 | | 100.00 | |



| Element | norm. [wt.%] | C Atom. [at.%] | Error (1 Sigma) [wt.%] |
|---------------|--------------|----------------|------------------------|
| Carbon | 36.74 | 47.32 | 7.17 |
| Oxygen | 45.45 | 43.94 | 8.60 |
| Calcium | 1.24 | 0.48 | 0.09 |
| Iron | 3.19 | 0.88 | 0.16 |
| Silicon | 13.21 | 7.28 | 1.04 |
| Aluminium | 0.17 | 0.10 | 0.04 |
| Total: 100.00 | | 100.00 | |

➤ COLORANTE MINERAL NEGRO:

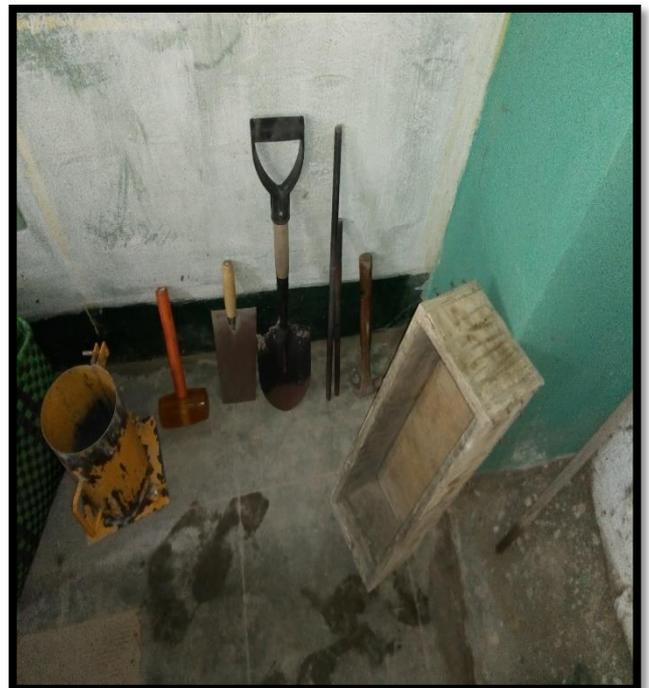




Spectrum: Muestra negra 1.spx

| Element | norm. C [wt.%] | Atom. C [at.%] | Error (1 Sigma) [wt.%] |
|---------------|----------------|----------------|------------------------|
| Carbon | 27.17 | 39.07 | 3.58 |
| Oxygen | 45.55 | 49.17 | 6.01 |
| Calcium | 27.15 | 11.70 | 0.93 |
| Sulfur | 0.13 | 0.07 | 0.03 |
| Total: 100.00 | | 100.00 | |

ANEXO N°03: PANEL FOTOGRÁFICO ELABORACION DEL CONCRETO





Mezclado del Concreto

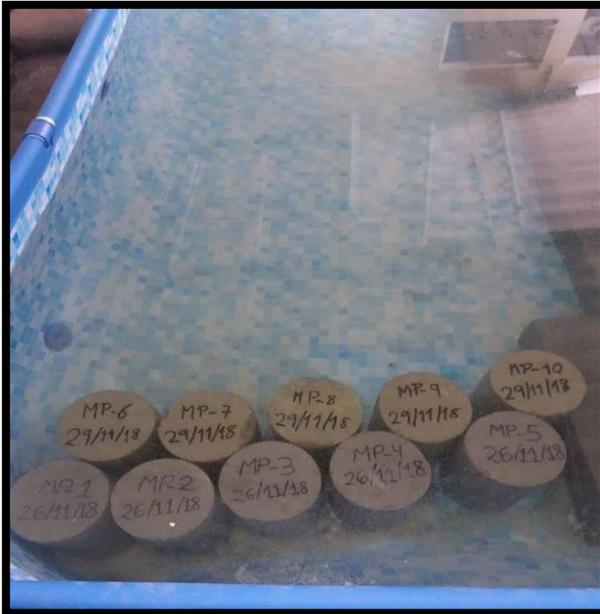


Probetas Cilíndricas y Viguetas con la Mezcla de Concreto



Desmoldado de las Probetas Cilíndricas y Vigas

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO
CURADO DEL CONCRETO**



Colocación de Probetas y Vigas en la piscina del Curado



Piscina de Curado con las Vigas y Probetas Cilíndricas



ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO

ENSAYO ROTURA A FLEXION



Máquina Universal Ensayo a Flexión



Colocación de las Vigas de Concreto en la carretilla para ser llevados a laboratorio



Preparación de las Vigas de concreto



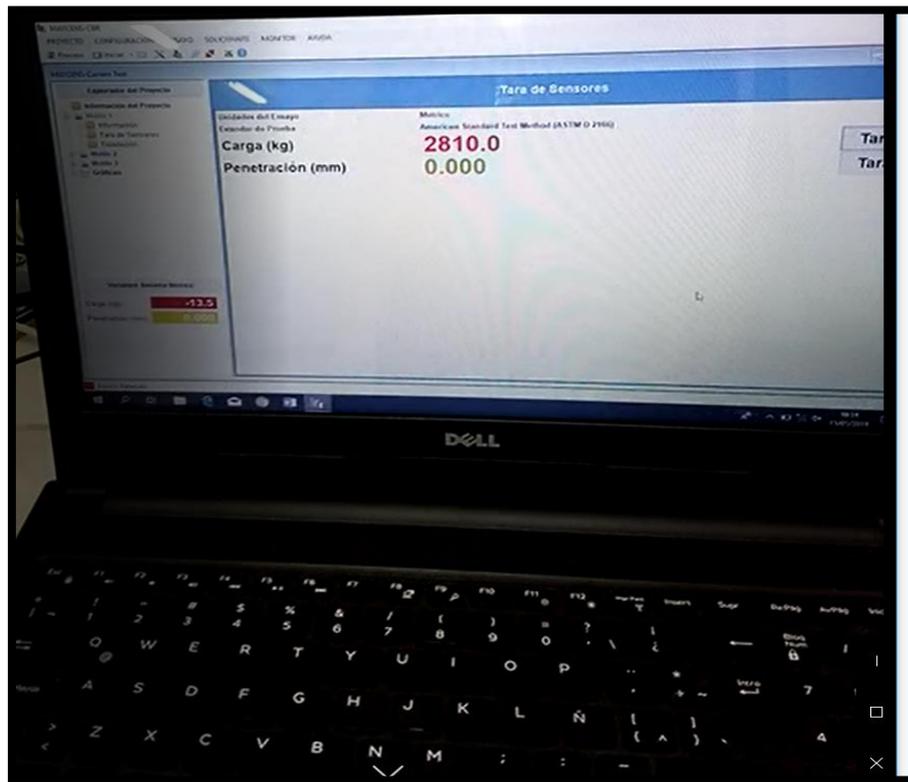
Colocación de las Vigas en la Maquina Universal



Aplicación de la carga sobre la viga



Rotura de la Viga



Medición de la Rotura de la Viga



Rotura de Vigas de Concreto sin Refuerzo

ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO
ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION



Máquina Universal Ensayo a Compresión



Preparación de las Probetas Cilíndricas de concreto



Colocación de las Probetas en la Maquina de Prueba de Compresión



Medición de la Rotura de la Probeta de Concreto



Rotura de la Probeta Cilíndrica de Concreto



Rotura de Probetas de Concreto