

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (f_t) Y COMPRESIÓN (f_c) DE CONCRETO $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kgf/cm}^2$ PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA”

Tesis presentada por los Bachilleres:

Flores Curasi, Yurela Vanesa

Mendoza Huaraychiri, Juan Carlos

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Gamarra Tuco, Rubén

Arequipa – Perú

2019

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR

TESIS (X)
TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

VISTO

El BORRADOR DE TESIS/TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Titulado:

Análisis de la correlación del módulo de rotura (σ_{cr}) vs la resistencia a la tracción indirecta (f'_{ci}) y compresión (f'_{cl}) de concreto $f'_c = 280, 300, 350, 400 \text{ Kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la Av. Metropolitan Presentado por el (la) (los) Bachiller (es): de la ciudad de Arequipa.

Flores Corani, Yulda Vanesa

Mendoza Huaraychiri, Juan Carlos

Nuestro DICTAMEN es:

Aprobado, sin observaciones.

OBSERVACIONES:

Arequipa, 04 de Diciembre del 2019

[Signature]
Ruben Guerrero T.
Cod. 3094

[Signature]
Cod. 2774 Ing. Enrique Vega

[Signature]
Cod. 1938 Ing. Ojber Febres

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Edwin Flores Flores e Irma Curasi Salas, y mi hermana Gianella Andrea Flores Curasi, quienes me apoyaron incondicionalmente, ya que sin ellos esta tesis no podría haber salido adelante.

-Yurela Vanesa, Flores Curasi

Dedico esta tesis a mis padres, Luciano Juan Mendoza Portolatino y Lucy Huaraychiri Quispe quienes me apoyaron tanto en lo emocional como en lo económico, y a mis hermanos mayores Alex y Paul quienes son mis modelos a seguir.

-Juan Carlos Mendoza Huaraychiri

Dedicamos también esta tesis a nuestros docentes, ya que sin ellos no estaríamos acá, gracias a sus consejos y enseñanzas académicas durante la carrera.

**Juan Carlos Mendoza Huaraychiri
& Yurela Vanesa, Flores Curasi**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Ing. Rubén Gamarra Tuco, director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por asesorarnos internamente y ayudarnos con las correcciones permitidas para que nuestro proyecto de investigación siga un rumbo adecuado.

A la Ing. Patricia Carpio Salazar, Líder de control de calidad de Supermix, por la asesoría externa brindada durante todo el proceso de la tesis, por dejarnos usar sus instalaciones para nuestros ensayos de concreto, por sus consejos y observaciones en el campo de tecnología del concreto.

Al Ing. Francisco Escuadra Galindo, director de Sika región sur, por darnos consejos orientados a nuestra investigación y brindarnos las muestras de aditivo Viscocrete 3030, ya que sin su ayuda el proyecto de investigación no hubiera seguido adelante.

A la Sra. Rosario, secretaria de la oficina de obras y desarrollo urbano de la municipalidad distrital de Yanahuara, al brindarnos el expediente técnico de la Urb. Magisterial III, para continuar con nuestra investigación.

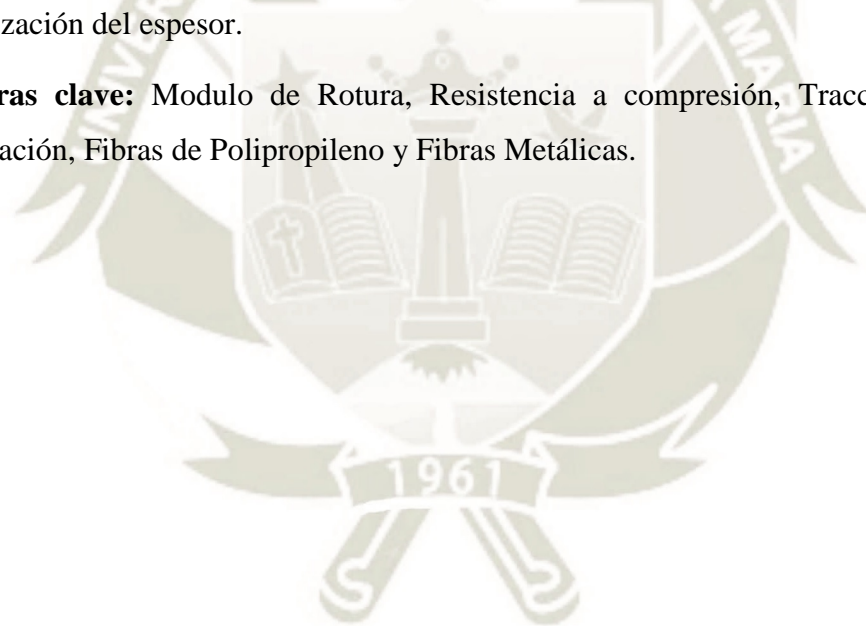
Al personal de oficina técnica, limpieza y seguridad del Laboratorio de Concreto y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por hacer del laboratorio un ambiente agradable mientras trabajábamos en la parte experimental de la tesis.

Al personal del laboratorio de calidad de Supermix, por resolver nuestras dudas y ayudarnos con los ensayos de flexión de vigas, haciendo de nuestra estadía una grata experiencia.

RESUMEN

Se realizó la presente tesis con el fin de determinar una correlación entre el Módulo de Rotura (MR), Resistencia a Compresión (f_c) y Tracción Indirecta (f_t) del concreto a los 28 días de edad, optimizando el espesor de losas de concreto hidráulico y un ahorro en los costos de materiales al obtener una ecuación que predice el Módulo de Rotura (MR) en el diseño de pavimentos rígidos para concreto convencional y concreto con adhesión de fibras metálicas, micro y macro fibras de polipropileno. Para lo cual se ensayaron 171 probetas cilíndricas a compresión uniaxial, 144 probetas cilíndricas a tracción por compresión diametral y 171 vigas prismáticas a flexión. Los resultados obtenidos optimizan los espesores de losas de concreto y sus propiedades mecánicas en estado endurecido. Finalmente, se concluye que la utilización de fibras metálicas y de polipropileno optimizan los espesores de pavimento rígido, pero no se logra reducir el costo en la partida de concreto premezclado, ya que el costo de las fibras compensa la optimización del espesor.

Palabras clave: Modulo de Rotura, Resistencia a compresión, Tracción Indirecta, Correlación, Fibras de Polipropileno y Fibras Metálicas.



ABSTRACT

This thesis was made in order to determine a correlation between the Modulus of Rupture (MR), Compressive Strength (f'_c) and Splitting Tensile Strength (f'_t) of concrete at 28 days of age, optimizing the thickness of hydraulic concrete slabs and a saving in material costs by obtaining an equation that predicts the Modulus of Rupture (MR) in the design of rigid pavements for conventional concrete and concrete with connection of metallic fibers, micro and macro polypropylene fibers. For which 171 uniaxial compression cylindrical probes, 144 diametral compression tensile cylindrical probes and 171 flexural prismatic beams were tested. The results optimize concrete thicknesses and their mechanical properties in a durable state. Finally, it is concluded that the use of metallic and polypropylene fibers optimizes the thicknesses of rigid pavement, but it is not possible to reduce the cost in the batch of ready-mix concrete, since the cost of the fibers compensates for the optimization of the thickness.

Keywords: Modulus of Rupture, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength, Correlation, Polypropylene Fibers and Metallic Fibers.

INTRODUCCIÓN

Como bien se conoce el concreto resiste bien la compresión del tráfico vehicular, pero no la flexión a la que está constantemente sometido por los ejes de los vehículos. Actualmente los métodos de diseño de la AASHTO 93 y PCA para pavimentos rígidos recomiendan valores para su resistencia a flexión y compresión en función del volumen vehicular, pero no existe un estudio de manera local con materiales locales para determinar la cantidad óptima de estos sin sobredimensionarlos. El objetivo de esta tesis es hallar una correlación entre la resistencia a la compresión (f_c), a la tracción indirecta (f_t) y el módulo de rotura (MR) a los 7, 14 y 28 días de edad mediante el uso de fibras de polipropileno y metálicas. Al determinar las ecuaciones que correlacionen de los parámetros anteriores se podrá ahorrar en costos y tiempo al diseñador, evitando estar fabricando y ensayando las vigas a flexión.

A su vez, se realizará el diseño del pavimento rígido tomando como carga vehicular los vehículos aforados en la Av. Metropolitana del distrito de Yanahuara de la ciudad de Arequipa, y usando los valores obtenidos de los ensayos ya mencionados.

Finalmente, se determinará en cuanto se logró optimizar el espesor de las losas de concreto hidráulico, comparando sus costos y partidas por el tipo de concreto: convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| INTRODUCCIÓN | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xv |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS | xxii |
| CAPITULO I | 1 |
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3 OBJETIVOS | 2 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL | 2 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| 1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.5 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO | 2 |
| 1.6 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.7 HIPÓTESIS | 3 |
| 1.7.1 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN | 4 |
| CAPITULO II | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE | 6 |
| 2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 11 |
| 2.2.1 CONCRETO HIDRÁULICO | 11 |
| 2.2.2 AGREGADO FINO | 11 |
| 2.2.3 AGREGADO GRUESO | 11 |
| 2.2.4 PAVIMENTO RÍGIDO | 11 |
| 2.2.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | 11 |
| 2.2.6 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 11 |
| 2.2.7 MODULO DE ROTURA | 11 |
| 2.3 COMPONENTES DEL CONCRETO HIDRÁULICO | 12 |
| 2.3.1 CEMENTO YURA TIPO IP | 12 |
| 2.3.2 AGUA | 12 |
| 2.3.3 AGREGADOS | 13 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3.3.1 | Ubicación:..... | 13 |
| 2.3.3.2 | Origen Geológico:..... | 14 |
| 2.3.3.3 | Tipos de roca: | 14 |
| 2.3.3.4 | Explotación:..... | 14 |
| 2.3.4 | ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE | 15 |
| 2.3.5 | SIKAFIBER PE..... | 15 |
| 2.3.6 | SIKAFIBER FORCE PP 48 | 16 |
| 2.3.7 | SIKAFIBER LHO – 45/35 NB..... | 16 |
| 2.4 | CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS | 17 |
| 2.4.1 | CLASIFICACIÓN DE FIBRAS | 17 |
| 2.4.2 | TENACIDAD DE LAS FIBRAS | 18 |
| 2.4.3 | PRINCIPALES APLICACIONES | 18 |
| 2.4.4 | VENTAJAS Y DESVENTAJAS | 19 |
| 2.5 | ESTUDIO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) | 20 |
| 2.5.1 | NORMATIVA..... | 20 |
| 2.5.2 | CALIFICACIÓN DEL PCI..... | 20 |
| 2.5.3 | UNIDADES DE MUESTREO (UM)..... | 20 |
| 2.5.4 | SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO..... | 21 |
| 2.5.5 | EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN | 21 |
| 2.5.6 | PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL PCI | 22 |
| 2.6 | ESTUDIO DE TRAFICO VIAL | 24 |
| 2.6.1 | CLASIFICACIÓN VEHICULAR..... | 24 |
| 2.6.2 | RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN | 25 |
| 2.6.3 | PROCEDIMIENTO DE AFORO..... | 25 |
| 2.6.4 | FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL..... | 26 |
| 2.6.5 | PROYECCIÓN DEL TRAFICO..... | 26 |
| 2.6.6 | ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) | 27 |
| 2.6.7 | EJES EQUIVALENTES DE CARGA (ESAL's) | 28 |
| 2.6.8 | FACTOR DE VEHÍCULO PESADO (FVP) | 29 |
| 2.7 | METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS AASHTO 93..... | 30 |
| 2.7.1 | PERIODO DE DISEÑO | 30 |
| 2.7.2 | TRANSITO | 31 |
| 2.7.3 | SERVICIABILIDAD | 31 |
| 2.7.4 | CONFIABILIDAD "R" Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So) | 32 |
| 2.7.5 | SUELO Y EFECTO DE LAS CAPAS DE APOYO (K _c) | 33 |
| 2.7.6 | RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO (MR) | 34 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| 2.7.7 | MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO | 34 |
| 2.7.8 | DRENAJE (Cd) | 35 |
| 2.7.9 | TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)..... | 35 |
| 2.7.10 | JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | 36 |
| 2.7.11 | MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA | 38 |
| 2.7.12 | SELLADORES..... | 39 |
| 2.8 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 41 |
| 2.8.1 | MEDIA ARITMÉTICA | 41 |
| 2.8.2 | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 42 |
| 2.8.3 | COEFICIENTE DE VARIACIÓN..... | 42 |
| 2.8.4 | COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL DE PEARSON..... | 43 |
| 2.8.5 | CORRELACIÓN NO LINEAL POTENCIAL | 44 |
| 2.9 | CORRELACIONES EXISTENTES..... | 46 |
| 2.9.1 | ACI 363 | 46 |
| 2.9.2 | ACI 318-11 | 46 |
| CAPITULO III | | 47 |
| 3. | ENSAYOS DE LOS AGREGADOS | 47 |
| 3.1 | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO..... | 47 |
| 3.1.1 | Procedimiento:..... | 47 |
| 3.1.2 | Agregado Fino | 48 |
| 3.1.2.1 | Cálculos y resultados:..... | 49 |
| 3.1.2.2 | Agregado Grueso..... | 51 |
| 3.1.3 | Cálculos y resultados:..... | 53 |
| 3.2 | EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO | 54 |
| 3.2.1 | Procedimiento:..... | 54 |
| 3.2.2 | Cálculos y Resultados: | 55 |
| 3.3 | CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 | 57 |
| 3.3.1 | Procedimiento:..... | 57 |
| 3.3.2 | Cálculos y resultados:..... | 58 |
| 3.4 | LIMITE LIQUIDO | 59 |
| 3.4.1 | Procedimiento:..... | 59 |
| 3.4.2 | Cálculos | 60 |
| 3.4.3 | Resultados: | 60 |
| 3.5 | LIMITE PLÁSTICO | 61 |
| 3.5.1 | Procedimiento:..... | 61 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| 3.5.2 | Cálculos y Resultados: | 62 |
| 3.6 | AZUL DE METILENO | 64 |
| 3.6.1 | Procedimiento:..... | 64 |
| 3.6.2 | Cálculos y Resultados: | 66 |
| 3.7 | PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS | 67 |
| 3.7.1 | Procedimiento:..... | 67 |
| 3.7.1.1 | Peso Unitario Suelto (P.U.S)..... | 69 |
| 3.7.1.2 | Peso Unitario Compactado (P.U.C) | 70 |
| 3.7.2 | Cálculos y Resultados: | 71 |
| 3.8 | GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO | 73 |
| 3.8.1 | Procedimiento:..... | 73 |
| 3.8.2 | Cálculos y Resultados: | 74 |
| 3.9 | PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO | 77 |
| 3.9.1 | Procedimiento:..... | 77 |
| 3.9.2 | Cálculos y Resultados: | 78 |
| 3.10 | ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS | 80 |
| 3.10.1 | Procedimiento:..... | 81 |
| 3.10.2 | Cálculos y Resultado: | 82 |
| 3.11 | CONTENIDO DE HUMEDAD | 83 |
| 3.11.1 | Procedimiento:..... | 83 |
| 3.11.2 | Cálculos y Resultados: | 84 |
| CAPITULO IV | | 85 |
| 4. | DISEÑO DE MEZCLA..... | 85 |
| 4.1 | METODOLOGÍA DE DISEÑO ACI 211 | 85 |
| 4.2 | CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO | 90 |
| 4.3 | DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL | 91 |
| 4.3.1 | DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 91 |
| 4.3.2 | DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 93 |
| 4.3.3 | DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 95 |
| 4.3.4 | DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 97 |
| CAPITULO V | | 99 |
| 5. | PROPIEDADES DEL CONCRETO..... | 99 |
| 5.1 | PROTOCOLO DE MEZCLADO | 99 |
| 5.2 | ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES | 101 |
| 5.2.1 | ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES | 101 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| 5.2.1.1 | Lugar de moldeo:..... | 101 |
| 5.2.1.2 | Colocación: | 101 |
| 5.2.1.3 | Compactación:..... | 102 |
| 5.2.1.4 | Acabado:..... | 103 |
| 5.2.2 | CURADO DE ESPECÍMENES | 104 |
| 5.3 | PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO..... | 105 |
| 5.3.1 | ASENTAMIENTO DEL CONCRETO | 105 |
| 5.3.2 | PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO..... | 108 |
| 5.3.3 | CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO | 109 |
| 5.3.4 | TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO | 111 |
| 5.4 | PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO | 112 |
| 5.4.1 | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 112 |
| 5.4.2 | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 125 |
| 5.4.3 | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN CONCRETO SIMPLE | 135 |
| 5.4.4 | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN CONCRETO FIBROREFORZADO | 137 |
| CAPITULO VI..... | | 149 |
| 6. | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 149 |
| 6.1 | ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | 149 |
| 6.1.1 | ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 149 |
| 6.1.2 | ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 151 |
| 6.1.3 | ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 153 |
| 6.2 | ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN | 156 |
| 6.2.1 | ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 156 |
| 6.2.2 | ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 158 |
| 6.2.3 | ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 160 |
| 6.1 | ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA..... | 163 |
| 6.1.1 | ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 163 |
| 6.2.4 | ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 165 |
| 6.2.5 | ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 167 |
| 6.3 | ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MR VS. f_{cr} | 170 |
| 6.3.1 | CORRELACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL..... | 170 |
| 6.3.2 | CORRELACIÓN CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | 176 |
| 6.3.3 | CORRELACIÓN CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | 182 |
| 6.3.4 | CORRELACIÓN CON FIBRAS METÁLICAS | 188 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| 6.4 | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE “a” | 193 |
| 6.4.1 | VALORES DE “a” PARA CONCRETO CONVENCIONAL | 194 |
| 6.4.2 | VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON MICRO FIBRA DE POLIPROPILENO | 196 |
| 6.4.3 | VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON MACRO FIBRA DE POLIPROPILENO | 198 |
| 6.4.4 | VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS | 200 |
| 6.5 | ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE f_t VS. f_{cr} | 202 |
| 6.5.1 | CORRELACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL..... | 202 |
| 6.5.2 | CORRELACIÓN CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | 208 |
| 6.5.3 | CORRELACIÓN CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | 214 |
| 6.5.4 | CORRELACIÓN CON FIBRAS METÁLICAS | 220 |
| CAPITULO VII..... | | 226 |
| 7. | ESTUDIO DE TRANSITO | 226 |
| 7.1 | MEMORIA DESCRIPTIVA | 226 |
| 7.1.1 | DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 226 |
| 7.1.2 | LOCALIZACIÓN | 227 |
| 7.1.3 | ESTADO ACTUAL DE LA VÍA | 227 |
| 7.2 | ESTUDIO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) | 228 |
| 7.2.1 | MAPA DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTRA..... | 230 |
| 7.3 | ESTACIONES DE CONTEO VEHICULAR | 231 |
| 7.4 | DETERMINACIÓN DEL CARRIL MAS CRITICO | 232 |
| 7.5 | CÁLCULO ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)..... | 233 |
| 7.6 | CÁLCULO TRANSITO PROYECTADO | 235 |
| 7.6.1 | TASA DE CRECIMIENTO | 235 |
| 7.7 | CÁLCULO EJES EQUIVALENTES | 240 |
| CAPITULO VIII | | 241 |
| 8. | DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN MANUAL DE CARRETERAS: SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS | 241 |
| 8.1 | DATOS PARA EL DISEÑO DE ESPESOR | 241 |
| 8.1.1 | PERIODO DE DISEÑO | 241 |
| 8.1.2 | TRANSITO | 241 |
| 8.1.3 | SERVICIABILIDAD | 241 |
| 8.1.4 | CONFIABILIDAD "R" Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SO) | 241 |

| | | |
|--|--|-----|
| 8.1.5 | SUELO Y EFECTO DE LAS CAPAS DE APOYO (Kc) | 242 |
| 8.1.6 | RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO (MR) | 243 |
| 8.1.7 | MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO (Ec) | 243 |
| 8.1.8 | TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)..... | 244 |
| 8.1.9 | DRENAJE (Cd) | 244 |
| 8.1.10 | DISEÑO CAJA DE SELLOS | 245 |
| 8.2 | DISEÑO POR MÉTODO AASHTO 93..... | 247 |
| CAPITULO IX | | 252 |
| 9. | COSTOS Y PRESUPUESTOS | 252 |
| 9.1 | METRADO DE PARTIDAS..... | 252 |
| 9.2 | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS POR PARTIDAS..... | 262 |
| 9.3 | COMPARACIÓN DE COSTOS DIRECTOS POR TIPO DE CONCRETO | 276 |
| 9.4 | COMPARACIÓN DEL COSTO POR m ³ DE CONCRETO PREMEZCLADO | 294 |
| 9.5 | COMPARACIÓN DEL COSTO DIRECTO DE ENCOFRADO | 296 |
| 9.6 | COMPARACIÓN DEL COSTO DIRECTO DE BARRAS DE UNIÓN | 298 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 300 |
| 1. | CONCLUSIONES..... | 300 |
| 2. | RECOMENDACIONES | 302 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 304 |
| ANEXO N° 1 RESULTADOS ENSAYOS DE AGREGADOS FINO Y GRUESO ... | | 310 |
| ANEXO N° 2 RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, A LA TRACCIÓN INDIRECTA Y FLEXIÓN | | 326 |
| ANEXO N° 3 TABLA DE DOSIFICACIONES POR VOLUMEN, KGF DE FIBRA Y TABLA DE CORRELACIONES | | 369 |
| ANEXO N° 4 CONSTANCIAS DE LABORATORIO..... | | 379 |
| ANEXO N° 5 HOJAS TÉCNICAS DE MATERIALES UTILIZADOS | | 383 |
| ANEXO N° 6 EXPEDIENTE TÉCNICO URB. MAGISTERIAL III..... | | 396 |
| ANEXO N° 7 ESTUDIO DE CONDICIÓN DE ÍNDICE DE PAVIMENTO (PCI) ... | | 399 |
| ANEXO N° 8 ESTUDIO DE TRANSITO VEHICULAR | | 419 |
| ANEXO N° 9 PLANOS | | 427 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN | 4 |
| TABLA 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CEMENTO YURA TIPO IP | 12 |
| TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS POR SU MATERIAL..... | 17 |
| TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS POR SU GEOMETRÍA..... | 17 |
| TABLA 5. RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI..... | 20 |
| TABLA 6. TIPO DE DAÑO EN SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO | 22 |
| TABLA 7. FORMATO PARA EL CÁLCULO DE CDV | 23 |
| TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS..... | 24 |
| TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS..... | 25 |
| TABLA 10. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y | 26 |
| TABLA 11. RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES | 29 |
| TABLA 12. PERIODO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RÍGIDO | 30 |
| TABLA 13. DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD SEGÚN RANGO DE TRÁFICO | 31 |
| TABLA 14. VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R) PARA UNA SOLA ETAPA DE 20 AÑOS SEGÚN RANGO DE TRÁFICO..... | 32 |
| TABLA 15. CBR MÍNIMO DE LA SUBBASE GRANULAR | 34 |
| TABLA 16. VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRÁFICO | 34 |
| TABLA 17. CONDICIONES DE DRENAJE..... | 35 |
| TABLA 18. COEFICIENTES DE DRENAJE DE LAS | 35 |
| TABLA 19. VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN..... | 35 |
| TABLA 20. DIMENSIONES DE LOSA | 37 |
| TABLA 21. DIÁMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADAS | 38 |
| TABLA 22. DIÁMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADOS EN BARRAS DE AMARRE | 39 |
| TABLA 23. COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN..... | 40 |
| TABLA 24. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN | 40 |
| TABLA 25. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y GRADO DE UNIFORMIDAD QUE PUEDE ESPERARSE EN EL CONCRETO | 43 |
| TABLA 26. TIPOS DE CORRELACIÓN | 44 |

| | |
|--|----|
| TABLA 27. LIMITES GRANULOMÉTRICOS | 48 |
| TABLA 28. DATOS GRANULOMETRÍA FINO | 49 |
| TABLA 29. CÁLCULOS GRANULOMETRÍA FINO | 49 |
| TABLA 30. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA | 51 |
| TABLA 31. LIMITES GRANULOMÉTRICOS DE AGREGADO GRUESO | 52 |
| TABLA 32. CÁLCULOS GRANULOMETRÍA GRUESO..... | 53 |
| TABLA 33. LECTURAS EQUIVALENTE DE ARENA | 56 |
| TABLA 34. MUESTRA MATERIAL FINO MALLA N° 200 | 57 |
| TABLA 35. CÁLCULOS MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200..... | 58 |
| TABLA 36. DESEMPEÑO ESPERADO DE AZUL DE METILENO | 67 |
| TABLA 37. CÁLCULO VALOR DE AZUL DE METILENO | 67 |
| TABLA 38. DENSIDAD DEL AGUA | 68 |
| TABLA 39. CÁLCULO PESO UNITARIO SUELTO FINO | 71 |
| TABLA 40. CALCULO PESO UNITARIO COMPACTADO FINO | 71 |
| TABLA 41. CÁLCULO PESO UNITARIO SUELTO GRUESO | 72 |
| TABLA 42. CÁLCULO PESO UNITARIO COMPACTADO GRUESO..... | 72 |
| TABLA 43. DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y | 75 |
| TABLA 44. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA AGREGADO FINO.... | 76 |
| TABLA 45. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA AGREGADO FINO | 76 |
| TABLA 46. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO APARENTE AGREGADO FINO. | 76 |
| TABLA 47. CÁLCULO DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO..... | 76 |
| TABLA 48. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA | 78 |
| TABLA 49. CÁLCULO PESO ESPECÍFICO DE MASA | 79 |
| TABLA 50. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA AGREGADO FINO | 79 |
| TABLA 51. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO | 79 |
| TABLA 52. CÁLCULO DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO | 80 |
| TABLA 53. GRADACIÓN DE LA MUESTRA PARA ABRASIÓN | 80 |
| TABLA. 54. MASA DE LA CARGA SEGÚN GRADACIÓN | 81 |
| TABLA 55. CÁLCULO % ABRASIÓN | 82 |
| TABLA 56. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA CONTENIDO DE HUMEDAD | 83 |
| TABLA 57. CÁLCULO CONTENIDO DE HUMEDAD FINO | 84 |

| | |
|---|-----|
| TABLA 58. CÁLCULO CONTENIDO DE HUMEDAD GRUESO..... | 84 |
| TABLA 59. RESISTENCIA PROMEDIO | 85 |
| TABLA 60. ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUCCIONES | 86 |
| TABLA 61. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA..... | 86 |
| TABLA 62. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO | 87 |
| TABLA 63. RELACIÓN AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA | 87 |
| TABLA 64. PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE | 88 |
| TABLA 65. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES | 91 |
| TABLA 66. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 92 |
| TABLA 67. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 92 |
| TABLA 68. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 93 |
| TABLA 69. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 94 |
| TABLA 70. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 95 |
| TABLA 71. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 96 |
| TABLA 72. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 97 |
| TABLA 73. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 98 |
| TABLA 74. NUMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS | 101 |
| TABLA 75. DIÁMETRO DE VARILLA Y NUMERO DE | 102 |
| TABLA 76. RESULTADOS TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO | 107 |
| TABLA 77. RESULTADOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO | 108 |
| TABLA 78. RESULTADOS CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO | 110 |
| TABLA 79. TEMPERATURA DEL CONCRETO | 111 |
| TABLA 80. TOLERANCIAS DE EDAD DE ENSAYO | 113 |
| TABLA 81. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ PARA DIVERSAS DOSIFICACIONES | 114 |
| TABLA 82. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 116 |
| TABLA 83. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 117 |
| TABLA 84. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 117 |
| TABLA 85. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 119 |
| TABLA 86. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 119 |
| TABLA 87. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 120 |
| TABLA 88. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 121 |

| | |
|--|-----|
| TABLA 89. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 121 |
| TABLA 90. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'_c = 35 \text{ kgf/cm}^2$ | 122 |
| TABLA 91. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 123 |
| TABLA 92. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 123 |
| TABLA 93. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 124 |
| TABLA 94. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 126 |
| TABLA 95. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 127 |
| TABLA 96. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 127 |
| TABLA 97. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 128 |
| TABLA 98. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 129 |
| TABLA 99. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 129 |
| TABLA 100. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 131 |
| TABLA 101. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 131 |
| TABLA 102. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 132 |
| TABLA 103. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 133 |
| TABLA 104. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 133 |
| TABLA 105. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | 134 |
| TABLA 106. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA | 139 |
| TABLA 107. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 141 |
| TABLA 108. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 141 |
| TABLA 109. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | 142 |
| TABLA 110. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 143 |
| TABLA 111. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 143 |
| TABLA 112. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | 144 |
| TABLA 113. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 145 |
| TABLA 114. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 145 |
| TABLA 115. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | 146 |
| TABLA 116. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 147 |
| TABLA 117. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 147 |
| TABLA 118. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | 148 |
| TABLA 119. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 170 |
| TABLA 120. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 171 |

| | |
|--|-----|
| TABLA 121. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO | 172 |
| TABLA 122. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 176 |
| TABLA 123. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 177 |
| TABLA 124. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 178 |
| TABLA 125. CORRELACIÓN MR VS. f'_c DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 182 |
| TABLA 126. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 183 |
| TABLA 127. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 184 |
| TABLA 128. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 188 |
| TABLA 129. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 189 |
| TABLA 130. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 190 |
| TABLA 131. VALORES DE "a" CONCRETO CONVENCIONAL..... | 194 |
| TABLA 132. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA CONCRETO CONVENCIONAL..... | 195 |
| TABLA 133. VALORES DE "a" CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO..... | 196 |
| TABLA 134. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO..... | 197 |
| TABLA 135. VALORES DE "a" CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO..... | 198 |
| TABLA 136. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO..... | 199 |
| TABLA 137. VALORES DE "a" CONCRETO | 200 |
| TABLA 138. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA FIBRAS METÁLICAS | 201 |
| TABLA 139. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO | 202 |

| | |
|---|-----|
| TABLA 140. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO | 203 |
| TABLA 141. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO | 204 |
| TABLA 142. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 208 |
| TABLA 143. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 209 |
| TABLA 144. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 210 |
| TABLA 145. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 214 |
| TABLA 146. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 215 |
| TABLA 147. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 216 |
| TABLA 148. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 220 |
| TABLA 149. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 221 |
| TABLA 150. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON | 222 |
| TABLA 151. CUADRO RESUMEN ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO | 228 |
| TABLA 152. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTEO..... | 231 |
| TABLA 153. CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E1 | 232 |
| TABLA 154. CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E2 | 232 |
| TABLA 155. CUADRO RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LA | 233 |
| TABLA 156. CÁLCULO DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRAL..... | 234 |
| TABLA 157. CÁLCULO DE IMDA POR TIPO DE VEHÍCULO..... | 235 |
| TABLA 158. PARQUE AUTOMOTOR EN CIRCULACIÓN DEPARTAMENTO DE AREQUIPA..... | 236 |
| TABLA 159. CÁLCULOS DE VARIABLES PARA REGRESIÓN EXPONENCIAL DEL PARQUE AUTOMOTOR | 237 |
| TABLA 160. PBI DEPARTAMENTO DE AREQUIPA | 238 |
| TABLA 161. CÁLCULOS DE VARIABLES PARA REGRESIÓN..... | 239 |
| TABLA 162. CALCULO DE FACTOR DE VEHÍCULO PESADO (FVP) | 240 |
| TABLA 163. CBR DE TERRENO DE FUNDACIÓN | 242 |
| TABLA 164. ESPECIFICACIONES PARA PASADORES Y | 244 |
| TABLA 165. CÁLCULO DE % ELONGACIÓN SEGÚN TIPO DE CONCRETO.. | 246 |
| TABLA 166. DIMENSIONES BACKER ROD | 246 |
| TABLA 167. SECCIONES TÍPICAS DE PAVIMENTO POR TIPO DE CONCRETO Y RESISTENCIA | 251 |
| TABLA 168. COSTOS DIRECTOS POR TIPO DE CONCRETO | 292 |
| TABLA 169. COSTO POR m^3 DE CONCRETO PREMEZCLADO | 294 |

TABLA 170. COSTOS DIRECTOS DE ENCOFRADO POR TIPO DE CONCRETO296

TABLA 171. COSTOS DIRECTOS BARRAS DE UNIÓN POR TIPO DE
CONCRETO 298



ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|--|-----|
| Gráfica 1. CURVA GRANULOMÉTRICA FINOS..... | 50 |
| Gráfica 2. CURVA GRANULOMÉTRICA DE GRUESOS..... | 53 |
| Gráfica 3. DOSIFICACIONES DE FIBRAS A COMPRESIÓN $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DÍAS | 115 |
| Gráfica 4. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN $f_c = 280$ kgf/cm^2 A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. | 118 |
| Gráfica 5. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN $f_c = 300$ kgf/cm^2 A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. | 120 |
| Gráfica 6. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN $f_c = 350$ kgf/cm^2 A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. | 122 |
| Gráfica 7. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN $f_c = 420$ kgf/cm^2 A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. | 124 |
| Gráfica 8. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA f_c $= 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 128 |
| Gráfica 9. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA f_c $= 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 130 |
| Gráfica 10. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA f_c $= 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 132 |
| Gráfica 11. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA f_c $= 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 134 |
| Gráfica 12. DOSIFICACIÓN DE FIBRAS $f_c 280 \text{ kgf/cm}^2$ A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 140 |
| Gráfica 13. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 142 |
| Gráfica 14. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 144 |
| Gráfica 15. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 146 |
| Gráfica 16. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD..... | 148 |
| Gráfica 17. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 149 |

| | |
|---|-----|
| Gráfica 18. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 151 |
| Gráfica 19. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 153 |
| Gráfica 20. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 156 |
| Gráfica 21. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 158 |
| Gráfica 22. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 160 |
| Gráfica 23. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 163 |
| Gráfica 24. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 165 |
| Gráfica 25. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 167 |
| Gráfica 26. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 170 |
| Gráfica 27. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 171 |
| Gráfica 28. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 172 |
| Gráfica 29. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 173 |
| Gráfica 30. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 173 |
| Gráfica 31. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 174 |
| Gráfica 32. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 174 |
| Gráfica 33. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 176 |
| Gráfica 34. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 177 |
| Gráfica 35. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 178 |
| Gráfica 36. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 179 |

| | |
|--|-----|
| Gráfica 37. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 179 |
| Gráfica 38. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 180 |
| Gráfica 39. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. $f'cr$ DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 180 |
| Gráfica 40. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. $f'cr$ DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 182 |
| Gráfica 41. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. $f'cr$ DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 183 |
| Gráfica 42. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 184 |
| Gráfica 43. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 185 |
| Gráfica 44. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 185 |
| Gráfica 45. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 186 |
| Gráfica 46. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. $f'cr$ DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 186 |
| Gráfica 47. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. $f'cr$ DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 188 |
| Gráfica 48. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. $f'cr$ DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 189 |
| Gráfica 49. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 190 |
| Gráfica 50. CORRELACIÓN INDIVIDUAL A MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 191 |
| Gráfica 51. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 191 |
| Gráfica 52. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CONVENCIONAL | 195 |
| Gráfica 53. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO..... | 197 |

| | |
|---|-----|
| Gráfica 54. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | 199 |
| Gráfica 55. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS | 201 |
| Gráfica 56. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 203 |
| Gráfica 57. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 204 |
| Gráfica 58. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 205 |
| Gráfica 59. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 205 |
| Gráfica 60. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CC..... | 206 |
| Gráfica 61. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 206 |
| Gráfica 62. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 208 |
| Gráfica 63. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 209 |
| Gráfica 64. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 210 |
| Gráfica 65. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 211 |
| Gráfica 66. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 211 |
| Gráfica 67. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 212 |
| Gráfica 68. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 212 |
| Gráfica 69 CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD | 214 |
| Gráfica 70. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD | 215 |
| Gráfica 71. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 216 |
| Gráfica 72. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 217 |

| | |
|--|-----|
| Gráfica 73. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 217 |
| Gráfica 74. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 218 |
| Gráfica 75. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD | 218 |
| Gráfica 76. CORRELACIÓN GLOBAL f_t vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD..... | 220 |
| Gráfica 77. CORRELACIÓN GLOBAL f_t vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD..... | 221 |
| Gráfica 78. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 222 |
| Gráfica 79. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 223 |
| Gráfica 80. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 223 |
| Gráfica 81. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 224 |
| Gráfica 82. CORRELACIÓN GLOBAL f_t vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD..... | 224 |
| Gráfica 83. CRECIMIENTO EXPONENCIAL DEL PARQUE AUTOMOTOR DE AREQUIPA..... | 238 |
| Gráfica 84. CRECIMIENTO CONTINUO DEL PBI 2007-2017..... | 239 |
| Gráfica 85. COSTO DIRECTO POR TIPO DE CONCRETO Y RESISTENCIA..... | 292 |
| Gráfica 86. COSTO DIRECTO POR TIPO DE CONCRETO | 293 |
| Gráfica 87. COSTO DE CONCRETO PREMEZCLADO POR m^3 | 295 |
| Gráfica 88. COSTO DE ENCOFRADO POR TIPO DE CONCRETO..... | 297 |
| Gráfica 89. COSTO DIRECTO DE BARRAS DE UNIÓN POR TIPO DE CONCRETO | 299 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Ubicación de la cantera "La Poderosa" | 13 |
| Ilustración 2. Principales canteras, ocurrencias de minerales y | 14 |
| Ilustración 3. Tenacidad del concreto con fibras | 18 |
| Ilustración 4. Abaco del módulo de reacción de la subrasante k..... | 33 |
| Ilustración 5. Planta Típica de pavimento rígido..... | 37 |
| Ilustración 6. Muestro de agregado | 47 |
| Ilustración 7. Tamices para agregado grueso | 47 |
| Ilustración 8. Tamizador mecánico | 48 |
| Ilustración 9. Muestra Equivalente de Arena | 54 |
| Ilustración 10. Reposo | 55 |
| Ilustración 11. Sedimentación | 55 |
| Ilustración 12. Lavado malla N°200..... | 57 |
| Ilustración 13. Cuarteo fino | 59 |
| Ilustración 14. Pasante tamiz N° 40 | 59 |
| Ilustración 15. Cuchara Casagrande | 60 |
| Ilustración 16. Limite Liquido 1 | 61 |
| Ilustración 17. Limite Liquido 2..... | 61 |
| Ilustración 18. Limite Plástico 1 | 62 |
| Ilustración 19. Limite Plástico 2..... | 62 |
| Ilustración 20. Limite Plástico Fallido | 63 |
| Ilustración 21. Muestra más agua destilada..... | 64 |
| Ilustración 22. Muestra más azul de metileno | 65 |
| Ilustración 23. Azul de Metileno muestra 1 | 65 |
| Ilustración 24. Azul de Metileno muestra 2 | 66 |
| Ilustración 25. Azul de Metileno muestra 3 | 66 |
| Ilustración 26. Peso recipiente más vidrio..... | 68 |
| Ilustración 27. Temperatura del agua | 68 |
| Ilustración 28. Peso Unitario Suelto Fino..... | 69 |
| Ilustración 29. Peso Unitario Suelto Grueso | 69 |
| Ilustración 30. Peso Unitario Compactado Fino..... | 70 |
| Ilustración 31. Peso Unitario Compactado Grueso | 70 |
| Ilustración 32. Muestras de fino Saturando | 73 |
| Ilustración 33. Apisonado de fino..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 34. Rotación Fiola | 74 |
| Ilustración 35. Agregado grueso superficialmente seco | 77 |
| Ilustración 36. Agregado grueso sumergido..... | 77 |
| Ilustración 37. Máquina de Abrasión de los Ángeles..... | 81 |
| Ilustración 38. Pasante Tamiz #12..... | 82 |
| Ilustración 39. Contenido de Humedad | 83 |
| Ilustración 40. Agregado grueso en trompo | 99 |
| Ilustración 41. Micro Fibras en trompo | 99 |
| Ilustración 42. Macro fibras de polipropileno | 100 |
| Ilustración 43. Fibras Metálicas..... | 100 |
| Ilustración 44. Lugar de almacenamiento..... | 101 |
| Ilustración 45. Elaboración de probetas | 102 |
| Ilustración 46. Elaboración de vigas | 103 |
| Ilustración 47. Enrazado de vigas..... | 103 |
| Ilustración 48. Fosa de curado de vigas..... | 104 |
| Ilustración 49. Fosa de curado de probetas..... | 104 |
| Ilustración 50. Varillado de asentamiento | 105 |
| Ilustración 51. Retiro de cono Slump | 105 |
| Ilustración 52. Medición del asentamiento..... | 106 |
| Ilustración 53. Trabajabilidad de micro fibras de polipropileno | 106 |
| Ilustración 54. Trabajabilidad de fibras metálicas..... | 106 |
| Ilustración 55. Trabajabilidad de macro fibras de polipropileno | 107 |
| Ilustración 56. Contenido de Aire..... | 109 |
| Ilustración 57. Olla de Washington | 109 |
| Ilustración 58. Medición de altura de probetas..... | 112 |
| Ilustración 59. Medición de diámetro de probetas | 112 |
| Ilustración 60. Rotura de probetas | 113 |
| Ilustración 61. Colocación molde de tracción indirecta | 125 |
| Ilustración 62. Marcación de la viga a dos tercios | 135 |
| Ilustración 63. Viga simplemente apoyada a dos tercios..... | 136 |
| Ilustración 64. Colocación de barra central | 137 |
| Ilustración 65. Colocación de sensores..... | 138 |
| Ilustración 66. Carga Máxima vs. Deflexión de la viga | 138 |
| Ilustración 67. Ubicación Av. Metropolitana | 226 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 68. Tramos de la Av. Metropolitana..... | 227 |
| Ilustración 69. Estaciones de aforo vehicular..... | 231 |
| Ilustración 70. Cálculo de rendimiento S10 | 261 |



CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pavimentos de concreto hidráulico de cemento portland reciben el apelativo "rígidos" debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye. Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito (MTC, 2014). Produciendo una deformación en la capa superior. Esta deformación es el pandeo de un pavimento de concreto bajo cargas axiales produce esfuerzos de compresión y flexión (PCA, 1984), siendo el primero absorbido en mayor medida que el de flexión.

Los métodos de diseño de la AASHTO 93 y PCA (Portland Cement Association) para pavimentos rígidos exigen que se considere ciertos valores del Módulo de Rotura (MR) para diferentes tipos de tráfico pesado. Estos métodos proponen un valor de (MR) para un determinado esfuerzo a la compresión ($f'c$) y un esfuerzo a la tracción indirecta ($f't$) en concreto simple, ya que no se ha establecido un estudio de manera local, con agregados y cementos locales para determinar la cantidad del concreto hidráulico y la mejora del comportamiento mecánico y sus correlaciones entre $f'c$, $f't$ y MR (Hanco Larico, 2016).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto de investigación busca resolver las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la correlación de la resistencia a la compresión, la tracción indirecta y el módulo de rotura?
2. ¿Cómo mejora la capacidad mecánica del pavimento rígido mediante el uso de fibras metálicas y de polipropileno?
3. ¿Cómo se optimiza el espesor de una losa de concreto para pavimento rígido con inclusión de fibras?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Hallar la correlación existente entre la resistencia a la compresión ($f'c$), la resistencia a la tracción indirecta ($f't$) y el módulo de rotura (MR) para pavimentos urbanos a los 7, 14 y 28 días de edad mediante el uso de fibras metálicas y de polipropileno.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variación de las propiedades mecánicas en losas de pavimentos.
- Determinar los espesores de pavimento requeridos según condiciones de proyecto.
- Determinar la dosificación óptima de fibras de polipropileno y metálica para las resistencias de 280, 350, 380 y 420 kgf/cm².
- Proponer un diseño de mezcla optimizado para el uso de fibras de polipropileno y metálica.
- Realizar una comparación del análisis de costos unitarios de mezcla convencional sin fibra, con fibras de polipropileno y metálica.

1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis pretende establecer una correlación entre el MR, $f'c$ y $f't$ para resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm² a los 7, 14 y 28 días de edad con el uso de micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. A su vez se plantea hacer el diseño para el cálculo de espesores de losas de pavimento rígido usando como una carga vehicular virtual de la Av. Metropolitana.

1.5 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO

El laboratorio de suelos y concreto de la UCSM no cuenta con el equipo necesario para evaluar el módulo de rotura (MR), ni con moldes de vigas de 6" x 6" x 21" normalizado por la ASTM C-78. Por lo cual se recurrirá a un laboratorio externo para el ensayo de flexión y se comprarán los moldes.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La resistencia a la flexión es un parámetro importante para los diseñadores de pavimentos, ya que utilizan el Módulo de Rotura (MR) para el diseño del pavimento, sin embargo las empresas no utilizan la resistencia a la flexión para la aceptación del concreto debido a que muy pocas veces se logra alcanzar condiciones de laboratorio en obra y las vigas a ensayarse son muy susceptibles a cambios en su composición arrojando falsos resultados, es por ello que se utiliza la resistencia a compresión ($f'c$) para la aceptación de la calidad del concreto.

Al hallar la correlación entre el $f'c$, $f't$ y MR bajo condiciones de laboratorio nos ayudará a tener valores de calibración locales de agregados de la zona, esto a su vez nos propondrá un mejor control sobre las mezclas de concreto, reflejándose en la reducción de costos.

1.7 HIPÓTESIS

El uso de fibras metálicas y de polipropileno mejora el comportamiento mecánico del concreto expresado en el $f'c$, $f't$ y MR con respecto a un concreto simple, optimizando así el diseño de espesores de losa y a su vez es posible determinar relaciones proporcionales entre estos valores.

1.7.1 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

TABLA 1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN

| CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | |
|---|---|--|---|---|
| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | INSTRUMENTO |
| Resistencia a la compresión (f'c) | Máxima resistencia de una mezcla de concreto endurecida frente a una carga axial. | Se ensayarán los especímenes en la máquina de compresión axial, para determinar su resistencia a los 7, 14 y 28 días. | Resistencia a la compresión f'c = 280 kgf/cm ² f'c = 300 kgf/cm ² f'c = 350 kgf/cm ² f'c = 420 kgf/cm ² | Máquina de compresión axial |
| Resistencia a la tracción indirecta (f't) | Máxima resistencia a compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle. | Se ensayarán los especímenes en la máquina de compresión axial, para determinar su resistencia a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días. | Resistencia a la tracción f't = 25 kgf/cm ² f't = 27 kgf/cm ² f't = 30 kgf/cm ² f't = 34 kgf/cm ² | Máquina de compresión axial |
| Módulo de Rotura (MR) | Máxima resistencia a la flexión de un espécimen prismático en una prueba de flexión de tres puntos. | Se ensayarán los especímenes en la máquina de compresión a la flexión para determinar su MR a los 7, 14 y 28 días. | Módulo de Rotura MR = 40 kgf/cm ² MR = 42 kgf/cm ² MR = 45 kgf/cm ² MR = 49 kgf/cm ² | Máquina de prueba a la flexión |
| Micro Fibras de Polipropileno | Material de refuerzo compuestos en fibras provenientes de una matriz plástica. | Se añadirá en la mezcla como aditivo para luego ensayarla a los 7, 14 y 28 días de edad. | Incremento de la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina de compresión axial • Máquina de prueba a la flexión |
| Macro Fibras de Polipropileno | Material de refuerzo compuestos en fibras provenientes de una matriz plástica. | Se añadirá en la mezcla como aditivo para luego ensayarla a los 7, 14 y 28 días de edad. | Incremento de la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina de compresión axial • Máquina de prueba a la flexión |

| CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | |
|------------------------------|---|--|--|--|
| Fibras Metálicas | Material de refuerzo en forma de grapa, hecho de alambres de acero estirados en frío. | Se añadirá en la mezcla como aditivo para luego ensayarla a los 28 días de edad. | Incremento de la resistencia a la compresión y flexión. | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina de compresión axial • Máquina de prueba a la flexión |
| Cemento Tipo IP | Cemento Portland adicionado con puzolana, de uso general para cada tipo de obra civil. | Se usará en la mezcla para la construcción de especímenes cilíndricos y prismáticos. | <ul style="list-style-type: none"> • Peso específico 2.85 g/cm³ • Cantidad mínima 300 kgf/m³ | - |
| Relación a/c | Razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento por metro cubico de concreto. | Se controlará la relación a/c al momento de realizar la mezcla, ya que no debe exceder de 0.50 | Relación a/c < 0.50 | - |
| Asentamiento | Trabajabilidad o grado de fluidez de la mezcla de concreto en estado fresco, el cual indica que tan seco o fluido esta. | Se obtendrá una mezcla de trabajabilidad semiseca para pavimentos rígidos. | Slump 2" - 3" | Cono de Abrams |
| Superplastificante | Aditivo que controla el asentamiento para mezclas de concreto de alta resistencia que lo requieran. | Se le adicionara en todos los diseños. | <ul style="list-style-type: none"> • Relación a/c < 0.50 • Slump 2" - 3" | - |
| Agregados | Material granular usado como materia prima para la construcción, se dividen en gruesos y finos. | Se usarán en la mezcla para la construcción de especímenes cilíndricos y prismáticos. | EETT's determinadas por la EG-2013. | <ul style="list-style-type: none"> • Tamices • Horno • Máquina de abrasión de los ángeles Prensa |

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En este punto se establece que se ha hecho recientemente sobre el tema seleccionado, para lo cual mostramos una compilación sobre los resultados de otras investigaciones, referentes al presente tema de investigación, que se han realizado:

Título: "Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión del concreto fabricado con materiales pétreos de la mina "Las Terrazas" y cantera "La Victoria" del Municipio de Pasto"

Autor: Augusto J. y Legarda P.

Fuente: Repositorio de la Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.

<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/84720.pdf>

Objetivos:

- Encontrar una expresión que permita correlacionar el módulo de rotura (f_r) y la resistencia a compresión (f'_c) con materiales pétreos.

Resumen: Elaboración de mezclas de concreto con agregado fino de la mina y agregado grueso de una cantera, hallando así la correlación entre el f'_c y MR. Se comprueban los resultados y se realiza una comparativa con la fórmula del ACI:

$$f_r = k\sqrt{f'_c} \text{ y NSR 98: } f_r = 0.7\sqrt{f'_c}.$$

Conclusiones: Concluye que los resultados obtenidos con ambas fórmulas son similares, obteniendo un mayor nivel de confiabilidad.

Título: "Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido"

Autor: Mendoza C., Aire C. y Dávila P.

Fuente: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361233548003>

Objetivos:

El objetivo principal fue alcanzar mezclas de consistencia media para facilitar la manipulación, colocación y compactación y una resistencia a compresión de 300 kgf/cm² a 28 días de edad.

Resumen: Estudio de ocho mezclas de concreto a las cuales se les incorporo fibras de polipropileno ensayadas a los 7 y 28 días de edad. Entre los resultados se resalta la reducción del agrietamiento por contracción plástica y el incremento de la resistencia al impacto.

Conclusiones: Se concluye que para que haya cambios significativos en las propiedades del concreto se necesita un consumo de fibra de 5 kg/m³ o superiores.

Título: “Relación de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura del concreto hidráulico”

Autor: Silva A., Pavón C. y Hernández L.

Fuente: Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), San Pedro Sula, Honduras.

https://www.academia.edu/22940969/RELACION_DE_LA_RESISTENCIA_A_LA_COMPRESION_Y_MODULO_DE_RUPTURA_DEL_CONCRETO_HIDRAULICO

Objetivos:

Observar el efecto que tiene la relación a/c en resistencias a la compresión y módulo de ruptura del concreto.

Identificar la relación de resistencia a la compresión-módulo de ruptura, es decir el factor "k" del concreto hidráulico y compararlo con lo propuesto por el PCA.

Resumen: Se realizaron pruebas a compresión y flexión a diferentes edades de concreto hidráulico premezclado de la empresa CONECTAS. El objetivo del estudio fue probar la hipótesis nula de “La resistencia a la compresión es igual para todos los niveles de cada factor en estudio (edad y relación agua-cemento)” rechazando esta, ya que el MR y $f'c$ del concreto presentan diferentes resistencias en relación a su edad y relación a/c.

Conclusiones: Al obtener el factor "k" de la relación de módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto, se identificó que este es mayor que el rango propuesto por el PCA de 7.5 a 10, esto se debe a que el agregado grueso proveniente de la empresa CONETSA presenta excelentes características-

Título: "Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimentos reforzados con fibras metálicas"

Autor: Rodríguez F.

Fuente: Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Objetivos:

Determinar el efecto de la incorporación de fibras metálicas en concretos para pavimentos en ensayos de fatiga por flexión

Determinar el comportamiento a la fatiga en flexión de una mezcla de concreto sin refuerzo de fibras metálicas.

Resumen: Determina el efecto de la incorporación de fibras metálicas en pavimentos rígidos mediante ensayos de fatiga por flexión con los propios materiales de la ciudad de Bogotá, ya que el método de la PCA realiza estos ensayos con materiales que no hay en Bogotá.

Conclusiones: Concluye que la incorporación de las fibras metálicas aumenta la vida de fatiga para contenidos de fibras metálicas de 40 kgf/m³ o superiores.

Título: “Análisis de la relación entre la resistencia a flexión y compresión del concreto reforzado con fibras de Polipropileno tipo fibromac 12 y fibras metálicas según diseño $MR = 42.15 \text{ kgf/cm}^2$ utilizado en las vías auxiliares de la vía evitamiento”

Autor: Champi M.

Fuente: Repositorio de la Universidad Andina del Cusco, Perú.

<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1370>

Objetivos:

Determinar la relación existente entre la resistencia a flexión y compresión del concreto tomando como base la experiencia desarrollada por el comité 363 del Instituto Americano del Concreto (ACI), el cual establece un rango de variación que suele hallarse entre $1.99 \text{ v } f'c$ y $3.18 \text{ v } f'c$.

Resumen: Comprende un diseño de mezclas para una resistencia a la compresión específica de 300 kgf/cm^2 y una resistencia a la flexión de 42.15 kgf/cm^2 , mediante el uso de fibras de polipropileno y fibras metálicas evaluadas a los 3, 7 y 28 días.

Conclusiones: Se concluye que la relación $R = MR\sqrt{f'c}$ se incrementa en un 3.23 con respecto a lo propuesto por el ACI 363.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.2.1 CONCRETO HIDRÁULICO

El concreto hidráulico está conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran. (Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción, EG-2013).

2.2.2 AGREGADO FINO

Árido que conforma la composición del concreto hidráulico. Se considera fino, a la porción de agregado que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm).

2.2.3 AGREGADO GRUESO

Uno de los principales componentes del concreto hidráulico, por ello su calidad es importante para alcanzar un diseño óptimo. Se considera grava a la porción de agregado retenido por el tamiz N°4 (4.75 mm).

2.2.4 PAVIMENTO RÍGIDO

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o sub base (Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos”, 1993).

2.2.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es el esfuerzo máximo que resiste el concreto hidráulico ante una carga axial, se calcula dividiendo la carga máxima entre el área transversal original de la probeta.

2.2.6 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Máxima resistencia a compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto, puesto en posición horizontal, hasta que este falle por la longitud de su diámetro.

2.2.7 MODULO DE ROTURA

Máximo esfuerzo a la flexión que se obtiene al someter a una viga de concreto simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo o cargada en el punto central, es un parámetro como variable en el diseño de pavimentos rígidos.

2.3 COMPONENTES DEL CONCRETO HIDRÁULICO

2.3.1 CEMENTO YURA TIPO IP

El cemento que se utilizará será Portland Tipo IP obtenido tras la pulverización del Clinker Portland adicionado con puzolana. El cual es multipropósito, ya que cumple con las exigencias de los cementos Tipo I, II y V. Para este proyecto la cantidad de cemento por m³ de concreto no será inferior a 300 kilogramos, ni su relación agua/cemento mayor a 0.50, ya que así lo exige a Sección 438 de las “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” del Manual de Carreteras.

TABLA 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CEMENTO YURA TIPO IP

| REQUISITOS | CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP | | REQUISITO NORMA NTP 334.090 ASTM C-595 | |
|---------------------------------------|---|-------------|---|-----|
| REQUISITOS QUÍMICOS | | | | |
| MgO (%) | 1.5 a 2.4 | | 6.00 Máx. | |
| SO ₃ (%) | 1.5 a 2.3 | | 4.00 Máx. | |
| Pérdida por ignición (%) | 1.5 a 3.8 | | 5.00 Máx. | |
| REQUISITOS FÍSICOS | | | | |
| Peso específico (gr/cm ³) | 2.77 a 2.85 | | - | |
| Expansión en autoclave (%) | - 0.05 a 0.03 | | - 0.20 a 0.80 | |
| Fraguado Vicat inicial (minutos) | 170 a 270 | | 45 a 420 | |
| Contenido de aire | 2.5 a 8.0 | | 12 Máx. | |
| Resistencia a la compresión | kgf/cm ² | MPa | kgf/cm ² | MPa |
| 1 día | 80 a 104 | 7.8 a 10.2 | - | - |
| 3 días | 175 a 200 | 17.1 a 19.6 | 133 Mín. | 13 |
| 7 días | 225 a 260 | 22.0 a 25.4 | 204 Mín. | 20 |
| 28 días | 306 a 350 | 30.0 a 34.3 | 255 Mín. | 24 |
| Resistencia a los sulfatos | % | | % | |
| % Expansión a los 6 meses | < 0.021% | | 0.05 Máx. | |
| % Expansión 1 año | < 0.023% | | 0.10 Máx. | |

Fuente: Ficha Técnica Cemento Portland Puzolánico TIPO IP (Versión 2019).

2.3.2 AGUA

La calidad del agua para concreto hidráulico deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido por la norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado por la norma NTP 339.072.

En conclusión, se utilizará agua potable en esta investigación porque se considera que cumple con los ensayos de calificación anteriormente indicados.

2.3.3 AGREGADOS

Se determinará si los agregados de la cantera “La Poderosa” cumplen con las especificaciones de la NTP 400.037 y el estándar ASTM C-33, los cuales pueden ser triturados, zarandeados y lavados.

- **Agregado Fino:**

Para la presente investigación se usará arena gruesa, la cual es chancada producto de la desintegración de las rocas.

- **Agregado Grueso:**

Para la presente investigación se usará piedra chancada de 3/4”, la cual se analizará para la correspondencia del huso 67.

2.3.3.1 Ubicación:

El agregado grueso y fino que se utilizara en esta investigación se encuentra ubicado en la cantera "La Poderosa" con coordenadas $16^{\circ}26'6.50''S$, $71^{\circ}38'41.72''O$ en el distrito de Uchumayo. Para llegar a la cantera se recorre la Av. Arancota hasta el sector de Congata, en el distrito Tiabaya hasta topar con el túnel da acceso a la minera Cerro Verde, cruzando este se dobla a mano derecha por una vía de trocha hasta llegar a la cantera.

Ilustración 1. Ubicación de la cantera "La Poderosa"



Fuente: Elaboración Propia

Según la gráfica anterior, las líneas representan o siguiente:

- **Línea Roja:** Av. Arancota,
- **Línea Amarilla:** Ruta hasta el túnel,
- **Línea Azul:** Vía hasta la cantera.

2.3.3.2 Origen Geológico:

Si clasificamos a los agregados por su origen, se dividen en: ígneos, sedimentarios y metafóricos. Según el Boletín Informativo número 22-B de INGEMMET, el material explotado es procedente de material aluvial. Como se puede ver en la siguiente tabla:

Ilustración 2. Principales canteras, ocurrencias de minerales y rocas industriales en Arequipa

| N° | Canteras | Sustancia | Región | Provincia | Distrito | Hoja Topográfica | Zona Geográfica | Coordenadas UTM | | Tipo Depósito | Roca Caja | Unidad Estratigráfica | Edad Geológica |
|----|--------------------------|-----------|----------|-----------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------|------------------|--|---|----------------|
| | | | | | | | | Norte | Este | | | | |
| 14 | Naspa | Áridos | Arequipa | Camaná | Nicolás de Piérola | 34-q | 18 | 8170657 | 748044 | Intrusivo | Granito | Rocas intrusivas | P-gr |
| 15 | Jahuay Alto | Áridos | Arequipa | Camaná | Mariscal Cáceres | 33-q | 18 | 8177269 | 730066 | Intrusivo | Granito | Rocas ígneas intrusivas | P-gr |
| 16 | Pampata | Áridos | Arequipa | Camaná | Nicolás de Piérola | 34-q | 18 | 8168744 | 744538 | Intrusivo | Granito | Complejo Basal de la Costa | Pi-gd/gr |
| 17 | Aplicación primera Torr. | Áridos | Arequipa | Arequipa | Alto Selva Alegre | 33-t | 19 | 8189738 | 234462 | Cuaternario | Gravas y arenas inconsolidadas | Depósito de avalancha de escombros inconsolidados | NQ-mm/dac |
| 18 | Daniel I | Áridos | Arequipa | Arequipa | Uchumayo | 34-s | 19 | 8172500 | 209500 | Aluvial | Conglomerados y gravas inconsolidados | Cuaternario aluvial | Qr-al |
| 19 | Daniel II | Áridos | Arequipa | Arequipa | Uchumayo | 34-s | 19 | 8172500 | 208500 | Intrusivo | granodiorita | Rocas intrusivas | Kti-gd |
| 20 | Puente Fiscal | Áridos | Arequipa | Islay | Cocachacra | 35-s | 19 | 8112654 | 215552 | Clástico fluvial | Arenas y gravas | Deposito aluvial | Q-al |
| 21 | Cosad07 | Áridos | Arequipa | Caylloma | Caylloma | 31-s | 19 | 8319000 | 217500 | Aluvial | Arenas semiconsolidadas y gravas | Cuaternario aluvial | Qpl-al |
| 22 | San Pedro | Áridos | Arequipa | Arequipa | Yura | 33-s | 19 | 8198500 | 216500 | Volcánico | Andesita | Andesita | Qpl-nclap |
| 23 | Apolo I | Áridos | Arequipa | Arequipa | Cayma | 33-s | 19 | 8195500 | 231500 | Volcánico | fragmentos y bloques de origen volcánico | Colada de trafas | Qpl-mm/ct |
| 24 | Las Islas | Áridos | Arequipa | Arequipa | Miraflores | 33-t | 19 | 8190534 | 235526 | Aluvial | bloques de arenas y arcillas | Cuaternario | Qpl-mm/dbc |
| 25 | Ampliación | Áridos | Arequipa | Arequipa | Miraflores | 33-t | 19 | 8189738 | 234462 | Volcánico | Tobas | Flujos | Qpl-pi |
| 26 | San Gerónimo 18 | Áridos | Arequipa | Arequipa | Mariano Melgar | 33-t | 19 | 8185500 | 235500 | Depósito aluvial | gravas, arenas y arcillas | Depósitos aluviales | Qh-al |
| 27 | Jesús Nazareth | Áridos | Arequipa | Arequipa | Uchumayo | 33-s | 19 | 8181500 | 216500 | Cuaternario | material aluvial | Cuaternario | Qh-al |
| 28 | La Poderosa N°1 | Áridos | Arequipa | Arequipa | Uchumayo | 33-s | 19 | 8180362 | 218735 | Cuaternario | material aluvial | Cuaternario | Qh-al |
| 29 | La Piedrita 1 | Áridos | Arequipa | Arequipa | Uchumayo | 33-s | 19 | 8180007 | 213000 | Cuaternario | material aluvial | Cuaternario | Qh-al |

La zona de extracción constituye un depósito aluvial, cuyo material ha sido arrastrado y depositado a lo largo del cauce de la quebrada, la gravaría “María Alejandra” consiste en la extracción superficial del material aluvial localizado en el cauce seco de la quebrada Enlozada. (Noha, K.)

2.3.3.3 Tipos de roca:

Conglomerados sedimentarios: batolitos, granodioritas, graníticas, cuarcitas, cuarzo y veta, etc.

2.3.3.4 Explotación:

La explotación de los agregados de la cantera la poderosa son con fines comerciales, de extracción industrializada. Ofreciendo como producto final de su extracción: Arena gruesa, piedra huso 5, piedra huso 67, piedra huso 7, piedra huso 89, base granular, sub base granular, material para filtro.

2.3.4 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE

También conocido como aditivo reductor de agua de alto rango, su empleo tiene por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado (Riva E., 1992).

Ya que se elaborarán concretos de alta resistencia se utilizará el superplastificante “Sika ViscoCrete 3330 PE”, el cual cumple con la norma ASTM C-494 tipo F y ASTM C-1017 tipo I.

DOSIFICACIÓN

- Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento.
- Para concretos fluidos y autocompactantes: 1 % - 2% del peso del cemento.

2.3.5 SIKAFIBER PE

Diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de poliolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta.

Para el presente proyecto se usará "SikaFiber® PE" el cual cumple con los requerimientos de la norma ASTM C-1116.

DOSIFICACIÓN

- Hasta $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, utilizar 600 g de SikaFiber® PE por m^3 de concreto.
- Para concretos de alta resistencia, mayores a $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, utilizar 1 kgf de SikaFiber® PE por m^3 de concreto.
- Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kgf de SikaFiber® PE por m^3 de concreto (Sika Colombia S.A, 2014).

2.3.6 SIKAFIBER FORCE PP 48

Al igual que el anterior son fabricadas de polímeros de poliolefina de alto desempeño, con diferente geometría y tamaño con la finalidad de prevenir la fisuración en estado endurecido del concreto.

Para el presente proyecto se usará " Sika® Fiber Force PP 48" el cual cumple con los requerimientos de la norma ASTM C1116.

DOSIFICACIÓN

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kgf/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad o absorción de energía requerido (Sika Colombia S.A, 2014).

2.3.7 SIKAFIBER LHO – 45/35 NB

Son cintas discontinuas producidas a partir de filamentos de acero de bajo contenido de carbono, usado como refuerzo del concreto estructural beneficiándolo en estado plástico y endurecido.

Para el presente proyecto se usará "Sikafiber® LHO - 45/35 NB" el cual cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.

DOSIFICACIÓN

Normalmente entre 20 y 50 kgf de Sikafiber® LHO - 45/35 NB por m³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad o energía absorbida especificada del concreto (Sika Colombia S.A, 2014).

2.4 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

El uso de fibras o la construcción de concreto reforzado con fibras no es una técnica nueva en el rubro de la construcción, ya que su uso se remonta antes de la aparición del cemento portland, en construcciones de adobe al utilizar materiales como pasto, estopa, crin, lana, etc. con el fin de evitar la fisuración (Sika Colombia S.A, 2014).

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE FIBRAS

Los tipos de fibras se pueden clasificar por su tipo de material, funcionalidad, geometría y dosificación.

- **POR EL MATERIAL**

TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS POR SU MATERIAL

| | |
|-------------------|---|
| FIBRAS METÁLICAS | Son fibras de acero, con bajo contenido de carbón. |
| FIBRAS SINTÉTICAS | Pueden estar compuestas por acrílico, carbón, polipropileno, poliestireno, nylon, poliéster, etc. |
| FIBRAS DE VIDRIO | Proveniente de filamentos de dióxido de silicio (SiO_2). |
| FIBRAS NATURALES | Secciones de origen como coco, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. |

Fuente: Elaboración propia.

- **POR SU GEOMETRÍA Y FUNCIONABILIDAD**

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS POR SU GEOMETRÍA

| GEOMETRÍA | FUNCIONABILIDAD |
|--------------|---|
| MICRO FIBRAS | Evitan la fisuración del concreto en estado fresco dentro de las primeras 24 horas. Generalmente se usan las fibras de polipropileno. |
| MACRO FIBRAS | Previenen la fisuración del concreto en estado endurecido, estas pueden ser metálicas, sintéticas o naturales. |

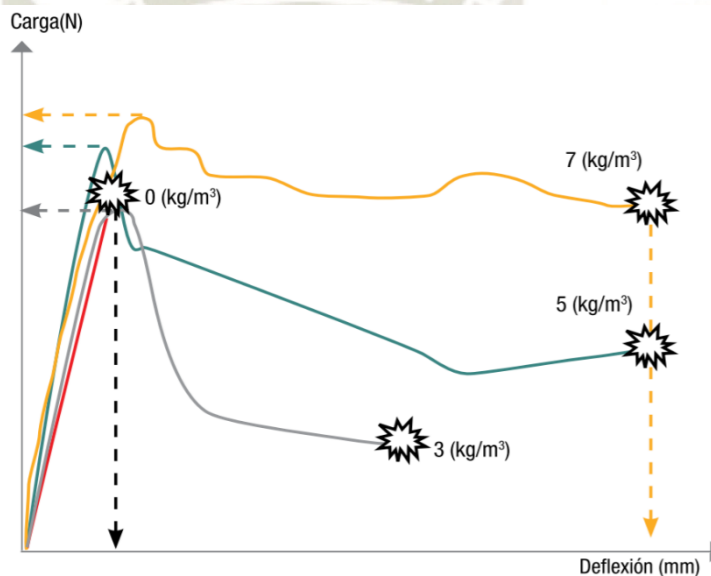
Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 TENACIDAD DE LAS FIBRAS

Si hablamos del tipo de funcionalidad de las fibras puede dividirse en: evitar la fisuración del concreto y aumentar su tenacidad. En el caso de las micro fibras estas evitan la fisuración del concreto en estado fresco, mientras que las macro fibras previenen su fisuración en estado endurecido, aumentando su tenacidad.

La tenacidad del concreto es su capacidad de resistir incluso después de su falla o agrietamiento, permitiéndole resistir más carga. En la siguiente figura como ejemplo se puede ver la tenacidad de la misma macro fibra de polipropileno (SikaFiber®Force PP/PE 700-55) con diferentes dosificaciones:

Ilustración 3. Tenacidad del concreto con fibras



Fuente: Sika Informaciones Técnicas, 2011.

Mediante la ASTM C-1609: Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), se medirá la tenacidad del concreto fibro-reforzado y el desempeño de las fibras (Sika Colombia S.A, 2014).

2.4.3 PRINCIPALES APLICACIONES

Las principales aplicaciones del concreto fibro-reforzado son las siguientes:

- Losas de pavimento rígido para tráfico alto, medio y ligero,
- Losas de pisos industriales,
- Concretos prefabricados,
- Áreas de estacionamiento (Sika Colombia S.A, 2014).

2.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS:

- Las micro fibras evitan la contracción plástica y la fisuración en el estado fresco del concreto, para ser más exactos dentro de las primeras 24 horas.
- El tiempo de fraguado es más corto, ya que estas logran una mejor adherencia del concreto antes de ser desmoldado.
- Las macro fibras previenen la contracción plástica en estado endurecido del concreto, aumentando su tenacidad.
- Las macro fibras aumentan considerablemente la resistencia a la compresión y la resistencia al impacto del concreto.
- Aumentan la ductilidad del concreto, antes de que se produzca la falla.
- En concretos de alta resistencia eliminan la falla súbita de estas, ya que un concreto con una alta elasticidad pierde la capacidad de deformarse y al fallar lo hacen de forma explosiva.
- Las macro fibras logran reemplazar el efecto de las mallas electrosoldadas, teniendo un mejor comportamiento y desempeño, siendo estas más económicas y fáciles de colocar (Sika Colombia S.A, 2014).

DESVENTAJAS:

- Las micro fibras reducen la trabajabilidad del concreto en estado fresco, por tanto, el uso de aditivos en resistencias altas es necesario, aumentando el costo.
- Las macro fibras necesitan una buena relación de proporción de agregado fino, ya que si esta es muy baja se producen los “erizos”, es decir el concreto se empieza agrietar por el mismo empuje de las fibras.
- El costo adicional de las fibras en una obra de gran magnitud como la pavimentación de una carretera de alto tráfico aumenta considerablemente el costo de la partida.
- No reemplazan ningún tipo de refuerzo, salvo en el caso de la malla electrosoldada, ya que su cuantía es inferior a 0.4% (Sika Colombia S.A, 2014).

2.5 ESTUDIO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Es una metodología que evalúa, de manera objetiva, las condiciones en las que se encuentran los pavimentos flexibles y rígidos sin requerir de equipo especializado. La evaluación se hará mediante el formato: “**PCI-02. Carreteras con superficie en concreto hidráulico**” (Ver Anexo N° 7). A continuación, se detallan los pasos a seguir para evaluar nuestro pavimento rígido en cuestión.

2.5.1 NORMATIVA

ASTM D 6433-18: “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”

2.5.2 CALIFICACIÓN DEL PCI

La norma ASTM D-6433 califica el índice de condición del pavimento calculado de la siguiente manera, donde (0) se considera como una condición de falla y (100) como una condición excelente del pavimento (ASTM D6433-18, 2018).

TABLA 5. RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

| Rango | Clasificación | Color |
|--------|---------------|-------------|
| 100-85 | Excelente | Verde |
| 85-70 | Muy Bueno | Verde claro |
| 70-55 | Bueno | Amarillo |
| 55-40 | Regular | Rojo |
| 40-25 | Malo | Rojo oscuro |
| 25-10 | Muy Malo | Marrón |
| 10-0 | Fallado | Gris |

Fuente: ASTM D 6433-18

2.5.3 UNIDADES DE MUESTREO (UM)

Para losas con superficies de concreto hidráulico con longitud inferior a 7.60 m se considera que la unidad de muestreo debe estar entre el rango de 20 ± 8 losas.

El número mínimo de unidades de muestro que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = 5\%$)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

- Se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimento de concreto.
- Si $n < 5$ se deben evaluar todas las unidades de muestreo (ASTM D6433-18, 2018).

2.5.4 SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO

La primera unidad de muestreo se elige al azar mediante el intervalo de muestro (i), el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestro calculado. Se recomienda que las unidades de muestreo estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento.

2.5.5 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN

Consiste en identificar los daños teniendo en cuenta su tipo, severidad y extensión sobre la losa. En el siguiente punto se explica el cálculo de los daños identificados en esta sección.

• Por tipo de Daño

La siguiente tabla califica los tipos de daño que se presentan en losa de concreto hidráulico, enumeradas del número 21 a 39.

**TABLA 6. TIPO DE DAÑO EN SUPERFICIE DE
CONCRETO HIDRÁULICO**

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 21 Blowup / Buckling | 31 Pulimento de Agregados |
| 22 Grieta de Esquina | 32 Popouts |
| 23 Losa Dividida | 33 Bombeo |
| 24 Grieta de Durabilidad "D" | 34 Punzonamiento |
| 25 Escala | 35 Cruce de Vía Férrea |
| 26 Sello de Junta | 36 Mapa de Grietas |
| 27 Desnivel Carril / Berma | 37 Grietas de Retracción |
| 28 Grietas Lineales | 38 Descascaramiento de Esquina |
| 29 Parcheo grande | 39 Descascaramiento de Junta |
| 30 Parcheo pequeño | |

Fuente: ASTM D 6433-18

- **Por Severidad**

Los tipos de daño se clasifican a su vez por la severidad en la que se presentan, estas son:

L (Low): Los vehículos perciben las vibraciones al pasar por el tipo de daño, sin hacer una reducción en la velocidad del vehículo.

M (Medium): Los vehículos perciben vibraciones significativas o moderadas, requiriendo una reducción en la velocidad del vehículo por comodidad.

H (High): Los vehículos perciben vibraciones excesivas tanto así que se reduce la velocidad por comodidad y seguridad (ASTM D6433-18, 2018).

2.5.6 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL PCI

a. Valores deducidos (VD)

1. Primero se contabiliza el número de losas en las que se presenta las diferentes combinaciones de tipos y severidad de daños.
2. Dividir el número de losas contabilizadas entre el número de la Unidad de Muestreo (UM) para obtener la Densidad (%).
3. Determinar el Valor Deducido (VD) según el tipo de daño y su nivel de severidad en función de su porcentaje de Densidad (%), haciendo uso de las curvas que se adjunta en el Anexo N° 7.

b. Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

1. Si ninguno o solo uno de los valores deducidos es mayor que 2 saltar al último paso (d), de lo contrario seguir los pasos 2 y 3.
2. Ordenar los valores deducidos individuales de mayor a menor.
3. Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), mediante la siguiente ecuación:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

c. Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

Mediante el uso del siguiente formato, determinar:

TABLA 7. FORMATO PARA EL CÁLCULO DE CDV

| N° | VALORES DEDUCIDOS INDIVIDUALES | | | | | Total | q | CDV |
|----|--------------------------------|--|--|--|--|-------|--------------------|-----|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| | | | | | | | Máximo CDV: | |

Fuente: ASTM D6433-18

1. Determinar el número de valores deducidos (q) mayores a 2.
2. Determinar el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales.
3. Determinar el CDV con (q) y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección que se adjunta en el Anexo N° 7.
4. Reducir a 2 el menor de los “Valores Deducidos Individuales” que sea mayor que 2 y repetir el paso 1 y 3 hasta que (q) sea igual a 1

d. Cálculo de PCI

El PCI de la unidad de muestreo (UM) se calcula de la siguiente manera, haciendo uso del Máximo CDV obtenido en el paso anterior (c)

$$PCI = 100 - \text{Máx. CDV}$$

2.6 ESTUDIO DE TRAFICO VIAL

2.6.1 CLASIFICACIÓN VEHICULAR
















El tráfico vehicular se clasifica en vehículos ligeros y pesados, que a su vez se dividen en categorías A, B1, B2, C1, C2, C3, C4, T2S1, T2S2, T2S3, etc. Para posteriormente hallar el aporte de cada tipo. Se debe considerar o anotar los tipos de eje en vehículos pesados, ya que el peso varía dependiendo de su tipo. A continuación, se muestran las siguientes tablas para vehículos ligeros y pesados (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

| Tipo de Vehículo | | Configuración Vehicular | Grafica | Peso Maximo (Tn) | | | | |
|-------------------|---------|-------------------------|---|------------------|---|---|---|---|
| | | | | Eje Delante | 1 | 2 | 3 | 4 |
| VEHICULOS LIGEROS | Autos | A |  | 1 | - | - | - | - |
| | Station | |  | 1 | - | - | - | - |
| | Pick-UP | |  | 1 | - | - | - | - |
| | Panel | |  | 1 | - | - | - | - |
| | Combi | |  | 1 | - | - | - | - |
| | Micros | |  | 1 | - | - | - | - |

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos. **Elaboración:** Propia.

TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS

| Tipo de Vehículo | Configuración Vehicular | Grafica | Peso Maximo (Tn) | | | | | |
|------------------|-------------------------|---------|--|---|----|----|----|---|
| | | | Eje Delante | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| TRAFICO PESADO | BUSES | B2 |  | 7 | 11 | - | - | - |
| | | B3 |  | 7 | 16 | - | - | - |
| | CAMIONES | C2 |  | 7 | 11 | - | - | - |
| | | C3 |  | 7 | 18 | - | - | - |
| | | C4 |  | 7 | 23 | - | - | - |
| | TRAILER & SEMITRAILERS | T2S1 |  | 7 | 11 | 11 | - | - |
| | | T2S2 |  | 7 | 11 | 18 | - | - |
| | | T2S3 |  | 7 | 11 | 25 | - | - |
| | | T3S1 |  | 7 | 18 | 11 | - | - |
| | | T3S2 |  | 7 | 18 | 18 | - | - |
| | | T3S3 |  | 7 | 18 | 25 | - | - |
| | | 2T2 |  | 7 | 11 | 11 | 11 | - |
| | | 2T3 |  | 7 | 11 | 11 | 18 | - |
| | | 3T2 |  | 7 | 18 | 11 | 11 | - |
| | | 3T3 |  | 7 | 18 | 11 | 18 | - |

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos. **Elaboración:** Propia

2.6.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recopilación de información del lugar de estudio, se hará mediante información sobre el IMD, Factores de Corrección, documentación existente en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Estableciéndose las estaciones de conteo correspondientes para el aforo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

2.6.3 PROCEDIMIENTO DE AFORO

La duración del aforo puede variar con el propósito del mismo, algunos pueden durar hasta 24 horas. Mas adelante se determinará la duración del aforo (Ver Capitulo VII).

- En su forma más simple el aforo requiere de solo una persona con un lápiz y anotando el número de vehículos en una hoja de campo.
- En caso de presentarse un alto volumen vehicular se requerirá más de una persona para realizarlo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

2.6.4 FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL

El volumen de tráfico para el carril de diseño, tendrá en cuenta el número de direcciones, sentidos y de carriles por calzada según el factor ponderado, en la siguiente tabla:

TABLA 10. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y DE CARRIL

| Número de Calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|
| 1 calzada | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentido | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentido | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014.

2.6.5 PROYECCIÓN DEL TRAFICO

El crecimiento del tráfico se calcula mediante la siguiente fórmula de progresión geométrica:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del periodo de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito

La tasa anual de crecimiento depende del crecimiento de la economía, reflejándose en el Producto Bruto Interno (PBI), generalmente estas están entre 2% y 6%.

2.6.6 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Mide el volumen del tráfico medido en una semana, la conversión del tráfico mixto se hace de la siguiente manera:

$$IMDS = \frac{\sum Vi}{7}$$

$$IMDA = IMDS \pm A$$

Donde:

V_i = Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo

IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular tomada

IMDA = Índice Medio Diario Anual

A = Máxima diferencia entre IMDS y IMDA

El valor de A, sumando o restando IMDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra IMDA (Cal y Mayor, 1982). Para un determinado nivel de confianza el valor de A es:

$$A = KE$$

Donde:

K = Número de desviaciones estándar correspondientes al nivel de confiabilidad deseado

E = Error estándar de la media

El error estándar es equivalente a una desviación estándar, por lo tanto, se puede escribir que:

$$E = \sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

σ = Estimador de la desviación estándar poblacional (σ)

S = Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario

n = Tamaño de la muestra en número de días del aforo

N = Tamaño de la población en número de días del año

La desviación estándar muestral S, se calcula como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\text{IMD}_i - \text{IMDS})^2}{n - 1}}$$

Donde:

IMD_i = Índice Medio Diario i

Finalmente, la relación entre los volúmenes de tránsito promedio diario anual y semanal es:

$$\text{IMDA} = \text{IMDs} \pm A$$

$$\text{IMDA} = \text{IMDs} \pm \text{KE}$$

$$\text{IMDA} = \text{IMDs} \pm K\sigma$$

2.6.7 EJES EQUIVALENTES DE CARGA (ESAL's)

El efecto de deterioro del tránsito sobre el pavimento se mide en ejes equivalentes (EE) de 8.2 ton de peso. Estos representan el nivel destructivo de las diversas cargas de vehículo pesado que transitan sobre la losa de pavimento.

Para el cálculo de ESAL's se usa la siguiente formula dada por la AASHTO:

$$\text{ESALs} = \sum_{i=1}^n (\text{IMD}_i * \text{FVP})(G)(D)(L)(365)$$

Donde:

IMD_i = Número de vehículos inicial de tipo "i" (simple, tándem, triple)

FVP= Factor de Vehículo Pesado

D = Factor de distribución direccional

L = Factor de distribución carril

G = Factor de crecimiento

El factor de crecimiento del tráfico, se calculo aplicando la siguiente formula:

$$G = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}$$

Donde:

r = tasa de crecimiento

n = número de años

2.6.8 FACTOR DE VEHÍCULO PESADO (FVP)

El Factor de Vehículo Pesado (FVP) logra la equivalencia a 8.2 ton, dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehiculó pesado seleccionado. Para su cálculo simplificado, se utilizarán las siguientes relaciones elaboradas por el MTC a partir de las tablas de la AASHTO 93.

TABLA 11. RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES

| Tipo de Eje | Eje Equivalente (EE _{8.2ton}) |
|--|---|
| Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1}) | EE _{S1} = (P/6.6) ^{4.1} |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2}) | EE _{S2} = (P/8.2) ^{4.1} |
| Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1}) | EE _{TA1} = (P/13) ^{4.1} |
| Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2}) | EE _{TA2} = (P/13.3) ^{4.1} |
| Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1}) | EE _{TR1} = (P/16.6) ⁴ |
| Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2}) | EE _{TR2} = (P/17.5) ⁴ |
| P= Peso real por eje en toneladas | |

Elaboración: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014.

Fuente: Tablas del apéndice D de AASHTO 93.

2.7 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS AASHTO 93

El diseño del pavimento rígido se determina mediante iteraciones (pueden ser mediante el uso de una hoja de cálculo, nomogramas o un programa especializado) de espesores de losa hasta equilibrar la siguiente ecuación:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{\text{MR} \times C_d (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Donde:

W_{82} = número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

MR = resistencia media del concreto (en MPa) a flexo tracción a los 28 días

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = módulo de elasticidad del concreto, en MPa

k = módulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

Los parámetros que intervienen se detallan a continuación:

2.7.1 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño debe ser mínimo de 20 años o según la clasificación de la vía:

TABLA 12. PERIODO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RÍGIDO

| CLASIFICACIÓN DE LA VÍA | PERÍODO DE ANÁLISIS (años) |
|---|----------------------------|
| Urbana de alto volumen de tráfico | 30 - 50 |
| Rural de alto volumen de tráfico | 20 - 50 |
| Pavimentada de bajo volumen de tráfico | 15 - 25 |
| No pavimentada de bajo volumen de tráfico | 10 - 20 |

Fuente: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos.

2.7.2 TRANSITO

Las cargas de los ejes del tránsito obtenidos en el conteo vehicular se simplifican en Ejes Equivalentes (EE) de 8.2 ton de peso, llamados ESAL's. Estos están relacionados al nivel de daño que provocan o la pérdida de serviciabilidad del pavimento.

El procedimiento para convertir el tránsito vehicular a ESAL's se vio en la sección 2.6.8 (Factor de Vehículo Pesado).

2.7.3 SERVICIABILIDAD

La variación del Índice de servicio inicial (P_i) e Índice de servicio final (P_t) dan como resultado una variación (ΔPSI), la cual se ingresa en la ecuación.

Los valores recomendados por el Manual de Carretera para los índices en función del tipo de tráfico, son los siguientes:

TABLA 13. DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P_i) | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (P_t) | DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|-------------|---|--|--|
| | | | | | | |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP ₁ | 150 001 | 300 000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | TP ₂ | 300 001 | 500 000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | TP ₃ | 500 001 | 750 000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| | TP ₄ | 750 001 | 1 000 000 | 4.10 | 2.00 | 2.10 |
| Restos de Caminos | TP ₅ | 1 000 001 | 1 500 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₆ | 1 500 001 | 3 000 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₇ | 3 000 001 | 5 000 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₈ | 5 000 001 | 7 500 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₉ | 7 500 001 | 10 000 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₁₀ | 10 000 001 | 12 500 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₁₁ | 12 500 001 | 15 000 000 | 4.30 | 2.50 | 1.80 |
| | TP ₁₂ | 15 000 001 | 20 000 000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | TP ₁₃ | 20 000 001 | 25 000 000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | TP ₁₄ | 25 000 001 | 30 000 000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |
| | TP ₁₅ | | >30 000 000 | 4.50 | 3.00 | 1.50 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014.

2.7.4 CONFIABILIDAD "R" Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)

La confiabilidad depende de la variación y calidad de los materiales, los procesos constructivos y la ejecución de la obra. Es por ello que es un factor de seguridad que incrementa el tránsito previsto para el periodo de análisis.

El rango sugerido para la desviación estándar (S_o) por la AASHTO está comprendida en $0.30 < S_o < 0.40$, el “Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos” del MTC recomienda un $S_o = 0.35$.

La siguiente tabla muestra el Valor de Confiabilidad (R) con la Desviación Estándar Normal (Z_R) en función del tipo de tráfico:

TABLA 14. VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R) PARA UNA SOLA ETAPA DE 20 AÑOS SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R) |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------|----------------------------|--------------------------------------|
| | | | | | |
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP ₁ | 150 001 | 300 000 | 65% | -0.385 |
| | TP ₂ | 300 001 | 500 000 | 70% | -0.524 |
| | TP ₃ | 500 001 | 750 000 | 75% | -0.674 |
| | TP ₄ | 750 001 | 1 000 000 | 80% | -0.842 |
| Restos de Caminos | TP ₅ | 1 000 001 | 1 500 000 | 80% | -0.842 |
| | TP ₆ | 1 500 001 | 3 000 000 | 85% | -1.036 |
| | TP ₇ | 3 000 001 | 5 000 000 | 85% | -1.036 |
| | TP ₈ | 5 000 001 | 7 500 000 | 85% | -1.036 |
| | TP ₉ | 7 500 001 | 10 000 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₀ | 10 000 001 | 12 500 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₁ | 12 500 001 | 15 000 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₂ | 15 000 001 | 20 000 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₃ | 20 000 001 | 25 000 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₄ | 25 000 001 | 30 000 000 | 90% | -1.282 |
| | TP ₁₅ | >30 000 000 | | 95% | -1.645 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014.

2.7.5 SUELO Y EFECTO DE LAS CAPAS DE APOYO (K_C)

El módulo de reacción combinado (K_C) considera el módulo de reacción de la subrasante (K_0) y el módulo de reacción de la sub base granular (K_1).

$$K_C = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

Donde:

K_1 : Coeficiente de reacción de la sub base granular (kgf/cm^3)

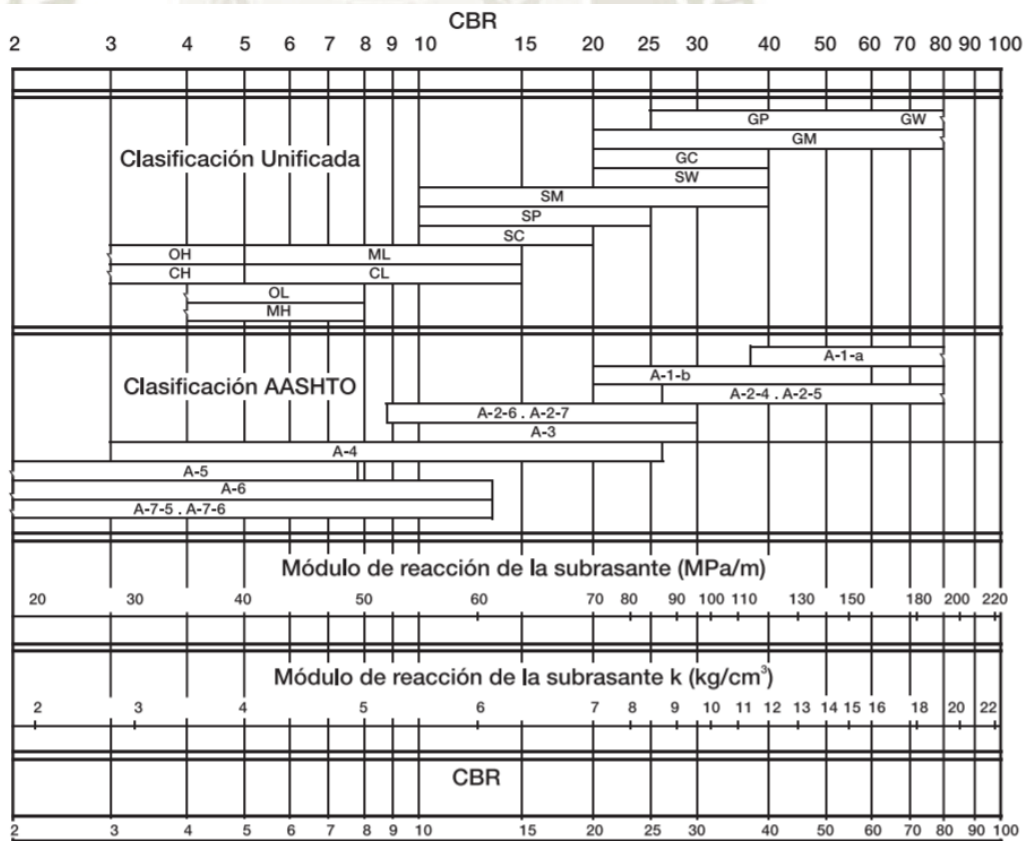
K_C : Coeficiente de reacción combinado (kgf/cm^3)

K_0 : Coeficiente de reacción de la subrasante (kgf/cm^3)

h : Espesor de la subbase granular (cm)

Para el cálculo de los módulos de reacción antes mencionados, se pueden obtener en función de la clasificación de suelos y el CBR, como en el siguiente ábaco:

Ilustración 4. Abaco del módulo de reacción de la subrasante k



Elaboración: Manual de diseño de pavimento de concreto, INVIA 2013

Fuente: Manual Portland Cement Association, PCA 1971

- Se recomienda un CBR igual o mayor a 6% para sub rasantes, en caso de ser menor se procederá a una estabilización de suelos.
- En el caso del CBR de la subbase granular se recomienda los valores de la siguiente tabla:

TABLA 15. CBR MÍNIMO DE LA SUBBASE GRANULAR

| TRAFICO | ENSAYO NORMA | REQUERIMIENTO |
|---------------------------------------|--------------|----------------|
| Para tráfico $\leq 15 \times 10^6$ EE | MTC E-132 | CBR mínimo 40% |
| Para tráfico $> 15 \times 10^6$ EE | MTC E-132 | CBR mínimo 60% |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

2.7.6 RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO (MR)

El Módulo de Rotura (MR) del pavimento rígido deberá obtenerse mediante el ensayo a flexión con carga a los dos tercios, mediante la normativa la ASTM C-78 a los 28 días de edad. Más adelante se verán los resultados de los ensayos de este parámetro (Ver el Capítulo VI).

Los valores recomendados para el diseño del Módulo de Rotura varían según los Ejes Equivalentes, en el siguiente cuadro:

TABLA 16. VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

| Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE | Resistencia Mínima a la Flexo Tracción del Concreto (MR) | Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión del Concreto ($f'c$) |
|--|--|---|
| $\leq 5\,000\,000$ EE | 40 kgf/cm ² | 280 kgf/cm ² |
| $> 5\,000\,000$ EE $\leq 15\,000\,000$ EE | 42 kgf/cm ² | 300 kgf/cm ² |
| $> 15\,000\,000$ EE | 45 kgf/cm ² | 350 kgf/cm ² |

Fuente: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos

2.7.7 MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO

El módulo de elasticidad del concreto es importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado el cálculo del mismo puede ser mediante la siguiente correlación, la cual es recomendada por el ACI:

$$E_c = 57\,000\sqrt{f'c} ; f'c \text{ en psi}$$

2.7.8 DRENAJE (Cd)

El coeficiente está comprendido entre $0.70 < Cd < 1.25$, según las condiciones de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por cierto un tiempo. Se clasifica la calidad de drenaje con la siguiente tabla:

TABLA 17. CONDICIONES DE DRENAJE

| Calidad de Drenaje | 50% de saturación en: | 85% de saturación en: |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Excelente | 2 horas | 2 horas |
| Bueno | 1 día | 2 a 5 horas |
| Regular | 1 semana | 5 a 10 horas |
| Pobre | 1 mes | más de 10 horas |
| Muy Pobre | El agua no drena | mucho más de 10 horas |

Fuente: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos

Luego se halla el coeficiente de drenaje en función de su calidad:

TABLA 18. COEFICIENTES DE DRENAJE DE LAS CAPAS GRANULARES (CD)

| Calidad de drenaje | % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación | | | |
|--------------------|--|-------------|-------------|-------|
| | < 1% | 1 a 5% | 5 a 25% | > 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy Pobre | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos

2.7.9 TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)

El coeficiente de transferencia de carga (J) es directamente proporcional al espesor de la losa, es decir a menor valor de J, menor será el espesor de la losa:

TABLA 19. VALORES DE COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA (J)

| TIPO DE BERMA | GRANULAR O ASFÁLTICA | | CONCRETO HIDRÁULICO | |
|------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | SI | NO | SI | NO |
| VALORES J | (con pasadores) | (sin pasadores) | (con pasadores) | (sin pasadores) |
| | 3.2 | 3.8-4.4 | 2.8 | 3.8 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

2.7.10 JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Las juntas controlan el agrietamiento transversal y longitudinal que sufre la losa de pavimento por contracción propia del concreto o por pérdida de humedad, así como variaciones de temperatura debido a su exposición al medio ambiente. Estas se dividen en los siguientes tipos:

- **Juntas Longitudinales de contracción**

Dividen los carriles del tránsito y controlan el agrietamiento y fisuración cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles. Se logran mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 3 mm.

- **Juntas Longitudinales de construcción**

Son juntas que se constituyen de acuerdo al encofrado utilizado, se requiere el uso de barras de amarre para poder aportar la totalidad de transferencia de carga.

- **Juntas Transversales de contracción**

Se construyen perpendiculares a las juntas longitudinales, controlando el agrietamiento y fisuración provocadas por la retracción del concreto y por los cambios de humedad y temperatura. Se logran mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 3 mm.

De ser posible se harán coincidir las juntas transversales de contracción con las de construcción. Su espaciamiento recomendado entre juntas no debe exceder los 4.50 metros.

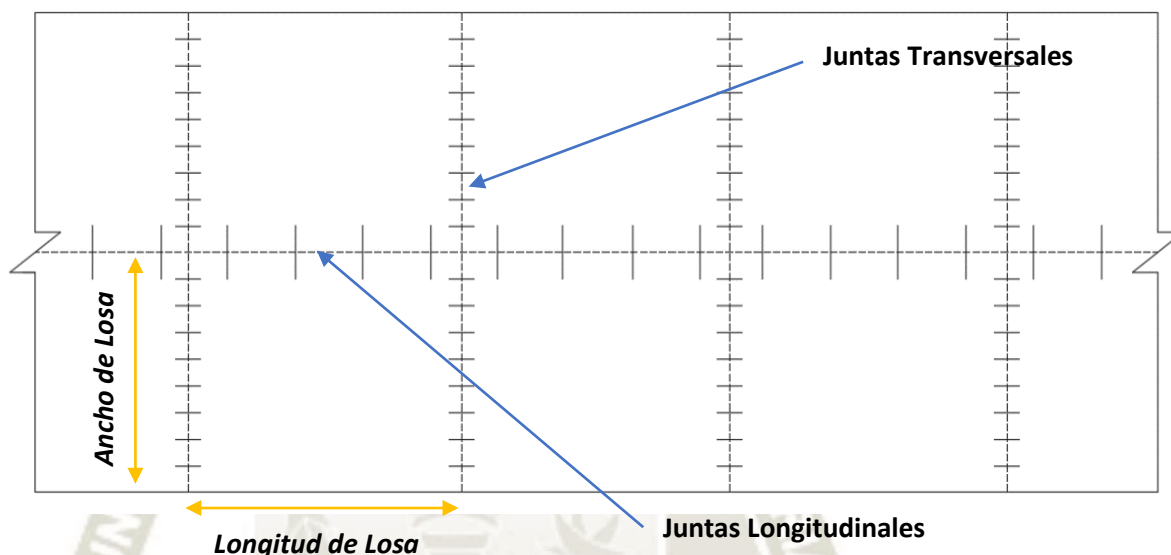
- **Juntas Transversales de dilatación**

Los pavimentos de concreto generalmente no requieren este tipo de juntas, anteriormente se usaban para reducir los esfuerzos de compresión, pero esto ocasionaba que las juntas de contracción se abrieran más de lo necesario, afectando la transferencia de carga.

- **Juntas Transversales de construcción**

Son juntas que se generan al final de la jornada de trabajo, se requiere el empleo de pasadores para la transmisión de carga.

Ilustración 5. Planta Típica de pavimento rígido



Fuente: Elaboración Propia

El tamaño de las losas determina la disposición de las juntas, su longitud no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y tampoco mayor a 4.50 m. En el siguiente cuadro se recomienda la dimensión de la longitud de la losa en función de su ancho de carril:

TABLA 20. DIMENSIONES DE LOSA

| Ancho de Losa (m) | Longitud de Losa (m) |
|-------------------|----------------------|
| 2.70 | 3.30 |
| 3.00 | 3.70 |
| 3.30 | 4.10 |
| 3.60 | 4.50 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

2.7.11 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

La transferencia de carga en losas de concreto se da entre paños adyacentes, para asegurar el desempeño del pavimento disminuyendo las deflexiones y fisuraciones en esquinas.

- **Trabazón de agregados**

Es un engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras en losas adyacentes, es aceptable para EE menores a 4 millones en el periodo de diseño. El grado de transferencia de carga se ve afectado por agregados con tamaño máximo mayor a 25 mm.

- **Pasadores o dowels**

Son barras de aceros lisas, colocadas en la mitad de las juntas con el fin de incrementar la transferencia de cargas sin impedir el movimiento de las losas, su uso es necesario para pavimentos con un número de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño. Se recomienda su diámetro y longitud en la siguiente tabla:

TABLA 21. DIÁMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADAS EN PASADORES

| Rango de espesor de Losa (mm) | Diámetro | | Longitud del pasador o dowels (mm) | Separación entre pasadores (mm) |
|-------------------------------|----------|---------|------------------------------------|---------------------------------|
| | mm | pulgada | | |
| 150 - 200 | 25 | 1" | 410 | 300 |
| 200 - 300 | 32 | 1 1/4" | 460 | 300 |
| 300 - 430 | 38 | 1 1/2" | 510 | 380 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

- **Barras de amarre**

Son aceros corrugados, colocados en la parte central de la junta longitudinal con el fin de anclar carriles adyacentes, contribuyendo a la integridad del sello empleado. Se recomienda su diámetro y longitud en la siguiente tabla:

**TABLA 22. DIÁMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADOS
EN BARRAS DE AMARRE**

| Espesor de Losa (mm) | Tamaño de varilla (cm) Diam. x Long. | Distancia de la junta al extremo libre | |
|-------------------------|--|--|--------|
| | | 3.00 m | 3.60 m |
| 150 | 1.27 x 66 | @76 cm | @76 cm |
| 160 | 1.27 x 69 | @76 cm | @76 cm |
| 170 | 1.27 x 70 | @76 cm | @76 cm |
| 180 | 1.27 x 71 | @76 cm | @76 cm |
| 190 | 1.27 x 74 | @76 cm | @76 cm |
| 200 | 1.27 x 76 | @76 cm | @76 cm |
| 210 | 1.27 x 78 | @76 cm | @76 cm |
| 220 | 1.27 x 79 | @76 cm | @76 cm |
| 230 | 1.59 x 76 | @91 cm | @91 cm |
| 240 | 1.59 x 79 | @91 cm | @91 cm |
| 250 | 1.59 x 81 | @91 cm | @91 cm |
| 260 | 1.59 x 82 | @91 cm | @91 cm |
| 270 | 1.59 x 84 | @91 cm | @91 cm |
| 280 | 1.59 x 86 | @91 cm | @91 cm |
| 290 | 1.59 x 89 | @91 cm | @91 cm |
| 300 | 1.59 x 91 | @91 cm | @91 cm |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

2.7.12 SELLADORES

El sellar las juntas de los pavimentos reduce el riesgo por infiltración de agua y la aparición de partículas indeseables dentro de la junta, ya que estos restringen el movimiento permitido por las juntas, produciendo roturas en el concreto.

Los selladores pueden ser líquidos y preformados, para la elección del tipo de sellador, se debe tener en cuenta el espaciamiento entre juntas y los tipos de juntas.

Diseño de las cajas de sello para selladores líquidos

Primero se calcula el movimiento de las juntas transversales, esto se logra con la siguiente ecuación:

$$\Delta L = CL(\alpha\Delta T + \epsilon)$$

Donde:

ΔL = movimiento de las losas

C = factor de ajuste por fricción entre la losa y el soporte (0.65 para subbase estabilizada y 0.80 para subbase granular)

L = longitud de la losa en mm

α = Coeficiente de expansión térmica del concreto

ΔT = Gradiente térmico

ε = Coeficiente de contracción del concreto

Una vez obtenido el movimiento de las losas, y eligiendo el ancho de la caja de sello, podemos elegir el tipo de sellador, teniendo en consideración el porcentaje de elongación que debe cumplir, se recomienda que la elongación no supere el 50%.

$$\% \text{ Elongación} = \frac{\Delta L}{\text{Ancho de la caja de sello}}$$

El coeficiente de contracción se determina en función de la tracción indirecta:

TABLA 23. COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN

| Resistencia a la tracción indirecta, MPa | Coeficiente de Contracción mm/mm |
|--|----------------------------------|
| <2.1 | 0.0008 |
| 2.8 | 0.0006 |
| 3.5 | 0.00045 |
| 4.2 | 0.0003 |
| >4.9 | 0.0002 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

El coeficiente de expansión se determina en función del agregado utilizado:

TABLA 24. COEFICIENTE DE EXPANSIÓN

| Tipos de Agregados | Coeficiente de Expansión Térmica $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------|---|
| Cuarzo | 3.7 |
| Arenisca | 3.6 |
| Grava | 3.3 |
| Granito | 2.9 |
| Basalto | 2.7 |
| Caliza | 2.1 |

Fuente: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, 2014

Diseño de las cajas de sello para selladores preformados

Al igual que en el diseño de selladores líquidos se debe conocer los rangos de movimiento entre las losas. El sello preformado trabaja entre rangos de 20 a 50% de elongación:

$$Sc = (1 - Pc) \times W$$

Donde:

Sc = ancho de corte en la junta

W = ancho de sello sin comprimir

Pc = % de compresión del sello en el momento de la instalación

$$Pc = C_{min} + \frac{\text{Temp de instalación} - \text{Temp mínima}}{\text{Temp. máxima} - \text{temp. mínima}} \times (C_{max} - C_{min})$$

Donde:

C_{mín} = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.2)

C_{máx} = compresión máxima recomendada del sello (generalmente 0.5)

2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.8.1 MEDIA ARITMÉTICA

La media aritmética es el resultado de dividir la sumatoria de los resultados obtenidos de un ensayo, entre el número de muestras.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Donde:

\bar{X} = Promedio de la muestra

n = Número de muestras.

Se considera satisfactorio si los promedios de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos, igualen o no excedan el valor especificado para f^c.

2.8.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar nos muestra que tan dispersos están los resultados entre sí, ya que valores altos indican resultados individuales alejados de la media, reflejándose en una baja calidad de la mezcla.

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar de la muestra.

n = Número de muestras.

X_n = Valor de cada una de las n muestras.

\bar{X} = Promedio de la muestra.

- **Desviación estándar para Resistencia a la Flexión**

Las desviaciones de los ensayos a flexión generalmente están de 3 a 6 kgf/cm² para MR menores a 55 kgf/cm². Si la desviación estándar es mayor a 7 kgf/cm² puede indicar problemas en los ensayos, como diferencia de humedad dentro de los especímenes debido a un secado prematuro, así como la posibilidad de resistencias bajas. Esto puede deberse a una manipulación inadecuada o daños en las vigas al momento de ser transportadas.

2.8.3 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Es la desviación estándar de la muestra expresada en porcentaje del promedio, indica que a menor porcentaje de coeficiente de variación (C.V.), la uniformidad en la mezcla será mayor. Se puede categorizar el grado de uniformidad del concreto con la siguiente tabla (Diaz Vilca, 2019).

$$C.V. (\%) = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

TABLA 25. COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y GRADO DE UNIFORMIDAD QUE PUEDE ESPERARSE EN EL CONCRETO

| Coeficiente de variación de las resistencias en % | Calificación del grado de uniformidad del concreto | Tipo de control para concreto hecho en obra |
|---|--|---|
| 0 a 5 | Excelente | Condiciones de laboratorio |
| 5 a 10 | Muy bueno | Preciso control de los materiales y dosificaciones por peso |
| 10 a 15 | Bueno | Buen control de los materiales y dosificaciones por peso |
| 15 a 20 | Mediano | Algún control de los materiales y dosificaciones por peso |
| 20 a 25 | Malo | Algún control de los materiales y dosificaciones por volumen |
| > 25 | Muy malo | Ningún control de los materiales y dosificaciones por volumen |

Fuente: Guía para fabricación y control de concreto en obras pequeñas

2.8.4 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL DE PEARSON

La correlación busca una posible relación entre dos variables del mismo tipo, es por ello que se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson, el cual mide el grado de relación de dos variables (cuantitativas y continuas).

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. Las variables presentan una relación directa, es decir, cuando una aumenta la otra también lo hará.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe una relación lineal.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. Las variables presentan una relación inversa, es decir, cuando una aumenta la otra disminuye.

En conclusión, este coeficiente nos ayudara a saber que tan correlacionados están los resultados del Módulo de Rotura (MR) y de Resistencia a la Tracción (f^t) con la Resistencia a Compresión (f^c).

TABLA 26. TIPOS DE CORRELACIÓN

| Intervalo | Tipo de Correlación |
|-------------|---------------------|
| 1.00 - 0.96 | Perfecta |
| 0.95 - 0.85 | Fuerte |
| 0.84 - 0.70 | Significativa |
| 0.69 - 0.50 | Moderada |
| 0.49 - 0.20 | Débil |
| 0.19 - 0.10 | Muy Débil |
| 0.09 - 0.00 | Nula |

Fuente: Elaboración propia

Si el coeficiente de correlación lineal de Pearson es para un estadístico muestral se calcula de la siguiente manera:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Donde:

n = número de datos

X = Modulo de rotura (MR) o resistencia a la tracción (f^t)

Y = Resistencia a la compresión (f^c)

2.8.5 CORRELACIÓN NO LINEAL POTENCIAL

Para el cálculo de la correlación del MR, f^t y f^c se graficará una regresión no lineal potencial, ya que las fórmulas del ACI 363 y 318-11 están expresadas de esta forma, la fórmula para el cálculo de la regresión potencial es la siguiente:

$$Y = AX^B$$

Donde:

Y = Modulo de rotura (MR) o resistencia a la tracción (f^t)

X = Resistencia a la compresión (f^c)

A = variable A

B = variable B

Las variables A y B se calculan despejando de la ecuación anterior:

$$Y = AX^B$$

$$\log Y = \log AX^B$$

$$\log Y = \log A + \log X^B$$

$$\underbrace{\log Y}_{Y'} = \underbrace{\log A}_{A'} + \underbrace{B \log X}_{X'}$$

$$Y' = A' + BX'$$

Entonces,

$$B = \frac{n(\sum X'Y') - (\sum X')(\sum Y')}{n \sum X'^2 - (\sum x')^2}$$

Luego,

$$A' = \bar{Y}' - B\bar{X}'$$

$$A' = \log(A)$$

$$A = 10^{A'}$$

2.9 CORRELACIONES EXISTENTES

2.9.1 ACI 363

Estimación del módulo de rotura a través de la resistencia a compresión del concreto.

El módulo de rotura (MR) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión ($f'c$) del concreto mediante la siguiente regresión:

$$MR = a\sqrt{f'c}$$

*Los valores de "a" varían entre 1.99 y 3.18 (MTC, 2014).

Donde:

MR = Resistencia a flexión del concreto en kgf/cm^2

$f'c$ = Resistencia a compresión del concreto en kgf/cm^2

Estimación del módulo de rotura a través de la resistencia a la tracción indirecta.

$$S'c = 200 + 1.02IT$$

Donde:

IT = Tracción indirecta medida en las probetas en psi.

Los valores del módulo de rotura varían entre 400 psi y 700 psi, llegando incluso a valores de 1200 psi, en concretos con alta resistencia inicial (AASHTO, 1993).

2.9.2 ACI 318-11

Estimación de la tracción indirecta a través de la resistencia a la compresión.

$$f't = 0.56\sqrt{f'c} \text{ (MPa)}$$

Donde:

$f't$ = Resistencia a tracción indirecta del concreto en MPa

$f'c$ = Resistencia a compresión del concreto en MPa

CAPITULO III

3. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Este ensayo determina mediante una serie de tamices normados la distribución o gradación de las partículas de agregado grueso y fino.

NORMATIVA: MTC E-204: Agregados. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

3.1.1 Procedimiento:

Se realiza un cuarteo de la muestra y luego se seca al horno. Posterior a esto se coloca la muestra en los tamices correspondientes para agregado fino o grueso, puede hacerse mediante un tamizado manual o mecánico (MTC E-204: Agregados, 2016).

Ilustración 6. Muestro de agregado



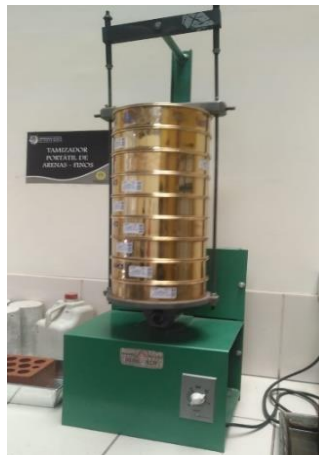
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Tamices para agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Tamizador mecánico



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Agregado Fino

La cantidad de muestra para agregado fino es de 300 gr como mínimo, el porcentaje que pasa deberá satisfacer la siguiente tabla:

TABLA 27. LIMITES GRANULOMÉTRICOS DE AGREGADO FINO

| Tamiz | | Porcentaje que pasa |
|---------|---------|---------------------|
| Normal | Alterno | |
| 9.5 mm | 3/8" | 100 |
| 4.75 mm | N° 4 | 95-100 |
| 2.36 mm | N° 8 | 80-100 |
| 1.18 mm | N° 16 | 50-85 |
| 600 μm | N° 30 | 25-60 |
| 300 μm | N° 50 | 10-30 |
| 150 μm | N° 100 | 2-10 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

Una vez calculado los porcentajes que pasan por las respectivas mallas se procederá a calcular el módulo de finura:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acumulado}(N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

El módulo de finura del agregado fino deberá estar entre 2.3 y 3.1 (MTC E-204: Agregados, 2016).

3.1.2.1 Cálculos y resultados:

Los resultados después de pesar la muestra retenida, mediante un tamizado mecánico, en cada malla son los siguientes:

TABLA 28. DATOS GRANULOMETRÍA FINO

| Peso Inicial: | | 500 gr | |
|---------------|-------------------|-----------|-----------|
| MALLA ASTM | PESO RETENIDO (g) | ERROR (g) | ERROR (%) |
| 3/8" | 0 | 0.98 | 0.20 |
| Nº 4 | 6.15 | | |
| Nº 8 | 79.59 | | |
| Nº 16 | 94.48 | | |
| Nº 30 | 95.53 | | |
| Nº 50 | 99.65 | | |
| Nº 100 | 83.56 | | |
| Nº 200 | 11.26 | | |
| <Nº 200 | 28.8 | | |
| TOTAL: | 499.02 | | |

Fuente: Elaboración propia

El error (%) es menor a lo permitido por la norma, por lo cual se prosigue a calcular el porcentaje que pasa en la siguiente tabla:

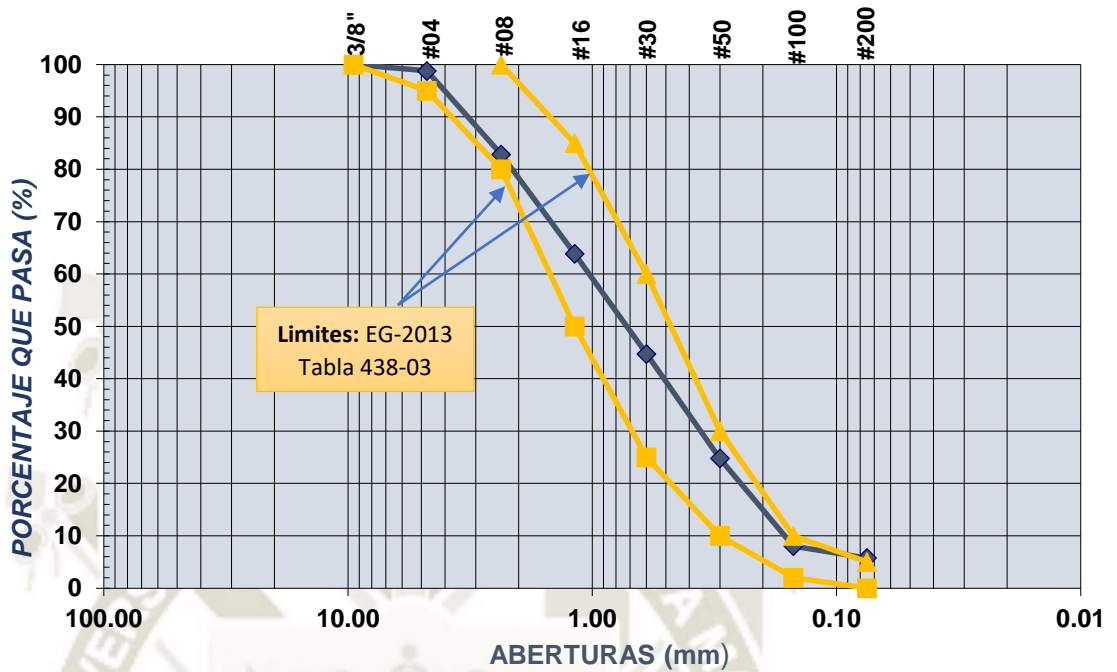
TABLA 29. CÁLCULOS GRANULOMETRÍA FINO

| MALLA ASTM | ABERTURA | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|---------------|----------|-------------------|------------|----------------------|------------|
| | (mm) | | | | |
| 3/8" | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| Nº 4 | 4.75 | 6.15 | 1.23 | 1.23 | 98.77 |
| Nº 8 | 2.36 | 79.59 | 15.95 | 17.18 | 82.82 |
| Nº 16 | 1.18 | 94.48 | 18.93 | 36.11 | 63.89 |
| Nº 30 | 0.6 | 95.53 | 19.14 | 55.26 | 44.74 |
| Nº 50 | 0.3 | 99.65 | 19.97 | 75.23 | 24.77 |
| Nº 100 | 0.15 | 83.56 | 16.74 | 91.97 | 8.03 |
| Nº 200 | 0.075 | 11.26 | 2.26 | 94.23 | 5.77 |
| <Nº 200 | >0.075 | 28.8 | 5.77 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL: | | 499.02 | 100 | | |

Fuente: Elaboración propia

$$MF = \frac{(1.23 + 17.18 + 36.11 + 55.26 + 75.23 + 91.97)}{100} = 2.77$$

Gráfica 1. CURVA GRANULOMÉTRICA FINOS



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la anterior grafica el pasante de la malla N° 200 es mayor que los límites establecidos en la norma, por lo cual se harán los ensayos de Limite de Plasticidad y Azul de metileno.

3.1.2.2 Agregado Grueso

La cantidad mínima de muestra de agregado grueso estará en función del tamaño máximo nominal, como muestra la siguiente tabla:

TABLA 30. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA AGREGADO GRUESO

| Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada | | Cantidad mínima de muestra de ensayo |
|--|--------|---|
| mm | pulg | kgf |
| 9.5 | 3/8" | 1 |
| 12.5 | 1/2" | 2 |
| 19 | 3/4" | 5 |
| 25 | 1" | 10 |
| 37.5 | 1 1/2" | 15 |
| 50 | 2" | 20 |
| 63 | 2 1/2" | 35 |
| 75 | 3" | 60 |
| 90 | 3 1/2" | 100 |
| 100 | 4" | 150 |
| 125 | 5" | 300 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

Una vez calculado los porcentajes que pasan por las respectivas mallas se procederá a calcular el módulo de finura:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acumulado}(1 \frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + \dots + N^{\circ}100)}{100}$$

Los valores del módulo de finura para el agregado grueso dependen del tamaño máximo del agregado.

Los límites granulométricos del agregado grueso estarán determinado por la siguiente tabla, los cuales dependen del huso del agregado grueso.

TABLA 31. LIMITES GRANULOMÉTRICOS DE AGREGADO GRUESO

| HUSO | Tamaño Nominal | % Porcentaje que pasa | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | 100 mm (4 pulg) | 90 mm (3 ½ pulg) | 75 mm (3 pulg) | 63 mm (2 ½ pulg) | 50 mm (2 pulg) | 37.5 mm (1 ½ pulg) | 25.0 mm (1 pulg) | 19.0 mm (¾ pulg) | 12.5 mm (½ pulg) | 9.5 mm (3/8 pulg) | 4.75 mm (N° 4) | 2.36 mm (N° 8) | 1.18 mm (N° 16) | 300 µm (N° 50) |
| 1 | 90 a 37.5 mm (3 ½ a 1 ½ pulg) | 100 | 90 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 63 a 37.5 mm (2 ½ a 1 ½ pulg) | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 50 a 25 mm (2 a 1 pulg) | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - |
| 357 | 50 a 4.75 mm (2 pulg a N° 4) | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | - | 0 a 5 | - | - | - |
| 4 | 37.5 a 19.0 mm (1 ½ a ¾ pulg) | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 467 | 37.5 a 4.75 mm (1 ½ pulg a N° 4) | - | - | - | - | 100 | 95 a 10 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | 0 a 5 | - | - | - |
| 5 | 25 a 12.5 mm (1 a ½ pulg) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 56 | 25 a 9.5 mm (1 a 3/8 pulg) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 57 | 25 a 4.75 mm (1 pulg a N° 4) | - | - | - | - | - | 100 | 95 a 10 | - | 25 a 60 | - | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 6 | 19 a 9.5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 67 | 19 a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | - | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 7 | 12.5 a 4.75 mm (½ pulg a N° 4) | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - |
| 8 | 9.5 a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | - |
| 89 | 9.5 a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9A | 4.75 a 1.18 mm (N° 4 a N° 16) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (MTC, 2013)

3.1.3 Cálculos y resultados:

No se perdió muestra en el proceso de tamizado o pesado, se procesaron los datos dando como resultado:

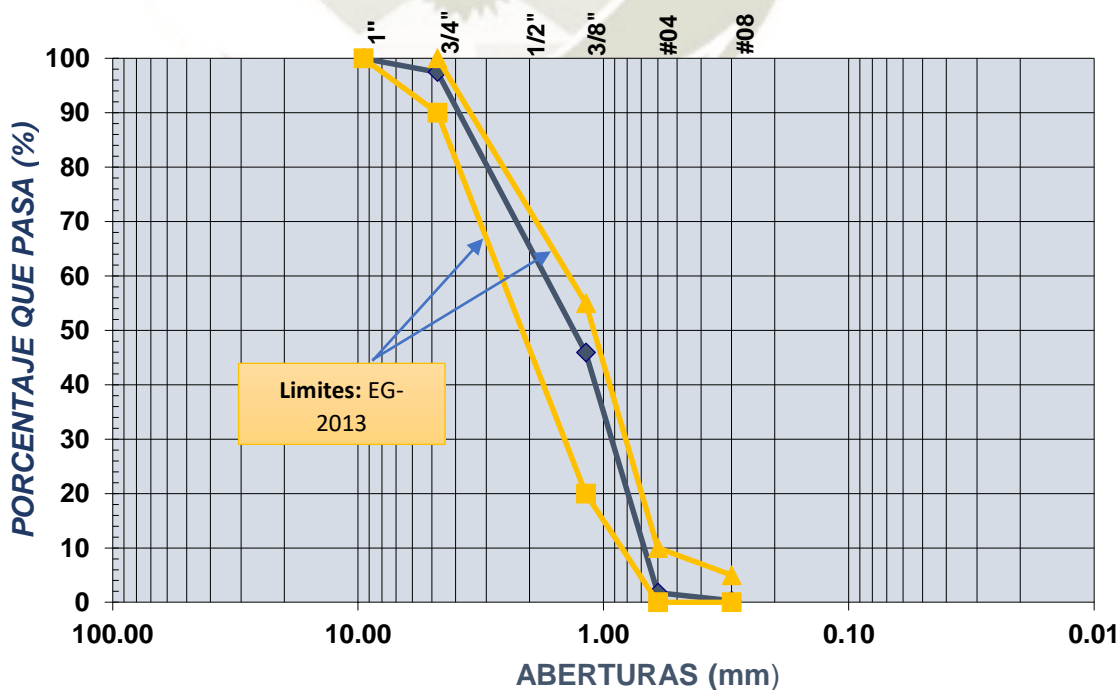
TABLA 32. CÁLCULOS GRANULOMETRÍA GRUESO

| MALLA ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|---------------|---------------|-------------------|------------|----------------------|------------|
| 1" | 25 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/4" | 19 | 125.5 | 2.51 | 2.51 | 97.49 |
| 1/2" | 12.5 | 1500 | 30 | 32.51 | 67.49 |
| 3/8" | 9.5 | 1078 | 21.56 | 54.07 | 45.93 |
| Nº 4 | 4.75 | 2208 | 44.16 | 98.23 | 1.77 |
| Nº 8 | 2.36 | 75 | 1.5 | 99.73 | 0.27 |
| Nº 16 | 1.18 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 |
| Nº 30 | 0.6 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 |
| Nº 50 | 0.3 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 |
| Nº 100 | 0.15 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 |
| Nº 200 | 0.075 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 |
| <Nº 200 | >0.075 | 13.5 | 0.27 | 100 | 0 |
| TOTAL: | | 5000 | 100 | | |

Fuente: Elaboración propia

$$MF = \frac{2.51 + 54.07 + 98.23 + 99.73 + 99.73 + 99.73 + 99.73 + 97.73}{100} = 6.53$$

Gráfica 2. CURVA GRANULOMÉTRICA DE GRUESOS



Fuente: Elaboración propia.

3.2 EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO

Como su nombre lo indica "equivalente de arena", consiste en evaluar las proporciones de suelos y agregados finos, para determinar que la mayor parte de estos son mezclas de partículas gruesas deseables o indeseables, generalmente arcillas y polvo.

NORMATIVA: MTC E-114: Suelo. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

3.2.1 Procedimiento:

Primero se separa la muestra por el tamiz N° 4, hasta obtener como mínimo 1500 g de material pasante para hacer un cuarteo. Posteriormente se pasa una lata de medida atravesando la pila y emergiéndola, el material de exceso en la parte superior de la lata deberá ser nivelado.

Ilustración 9. Muestra Equivalente de Arena



Fuente: Elaboración propia

Las muestras se introducirán en el cilindro de plástico usando un embudo, se verterá la solución mediante el sifón, golpeando el fondo del cilindro para liberar burbujas de aire. Esperar 10 minutos y agitar manualmente el cilindro en posición horizontal 90 veces durante 30 segundos. Finalmente tomar lecturas de arena y de arcilla (MTC E-114: Suelos, 2016).

Ilustración 10. Reposo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Sedimentación



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Cálculos y Resultados:

Calcular el equivalente de arena al más cercano 0,1 % como sigue:

$$SE = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100$$

Donde:

SE: Arena equivalente

Nuestras lecturas de arena y arcilla dieron como resultado lo siguiente:

TABLA 33. LECTURAS EQUIVALENTE DE ARENA

| Muestra | Lectura de Arena | Lectura de Arcilla | Equivalente de Arena |
|---------|------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 3.6 | 4.4 | 82 |
| 2 | 3.5 | 4.55 | 77 |
| 3 | 3.55 | 4.5 | 79 |

Fuente: Elaboración propia.

$$SE = \frac{82 + 77 + 79}{3} = 79.33 \approx 80$$

Como el valor del promedio no es un número entero, se redondea al siguiente número entero mayor. Este valor nos indica que el 80% de la muestra ensayada está conformado por arena.

La EG-2013 establece que, el equivalente de arena mínimo del agregado fino debe ser 75% para concreto mayores de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ para pavimentos rígidos. Al ser nuestro valor de 80% cumplimos con lo requerido por la norma.

3.3 CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200

Determinar la cantidad de material fino del agregado que pasa por el tamiz N° 200, separándolas de partículas como arcillas, agregados muy finos o polvo, mediante lavado.

NORMATIVA: MTC E-202: Agregados. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado.

3.3.1 Procedimiento:

La muestra no deberá ser menor a lo indicado en la siguiente tabla:

TABLA 34. MUESTRA MATERIAL FINO MALLA N° 200

| Tamaño máximo nominal del agregado | | Peso mínimo de la muestra (g) |
|------------------------------------|--------|-------------------------------|
| 4.75 mm | N° 4 | 300 |
| 9.5 mm | 3/8" | 1000 |
| 19.0 mm | 3/4" | 2500 |
| 37.5 mm | 1 1/2" | 5000 |

Fuente: Elaboración propia.

Primero se seca la muestra en el horno, luego colocar la muestra en un recipiente y cubrirlo de agua agitar la muestra para separar las partículas más finas que el tamiz 75, vertiendo su contenido en el tamiz N° 200. Repetir el procedimiento hasta que el agua de lavado se torne clara.

Ilustración 12. Lavado malla N°200



Fuente: Elaboración propia

Finalmente retornar el material retenido en el tamiz, para su posterior secado en el horno (MTC E-202: Agregados, 2016).

3.3.2 Cálculos y resultados:

Calcular la cantidad de material que pasa por el tamiz N° 200, según la siguiente fórmula:

$$A = \frac{B - C}{B} * 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 por lavado.

B = Peso seco de la muestra original, en gramos.

C = Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

Nuestros pesos después del horno son los siguientes:

TABLA 35. CÁLCULOS MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso después del lavado (g) | Material fino que pasa por la malla N° 200 (%) |
|-----------------|------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 500 | 476 | 5.04% |
| 2 | 500 | 478 | 4.60% |
| 3 | 500 | 475 | 5.26% |
| Promedio | | | 4.97% |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la MTC E-202, en el caso de arena obtenida mediante trituradora de rodillos, el límite de material fino que pasa por la malla N° 200 podrá ser aumentado a 5%.

3.4 LIMITE LIQUIDO

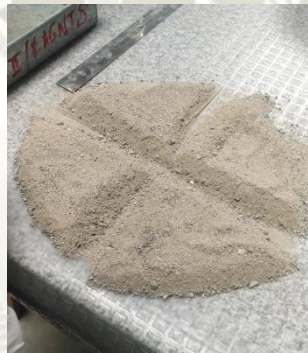
Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido plástico. (Manual de Ensayos de Materiales, MTC 2016).

NORMATIVA: MTC E-110: Suelos. Determinación del Limite Liquido (L.L.) de los suelos.

3.4.1 Procedimiento:

- Primero se cuartea la muestra y luego se tamiza obtiene una porción representativa de 150 a 200 g pasante de la malla N° 40.

Ilustración 13. Cuarteo fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14. Pasante tamiz N° 40



Fuente: Elaboración propia

- Colocar la porción del suelo donde la cuchara de Casagrande descansa sobre la base, presionándola y esparciéndola en toda la cuchara hasta una profundidad de 10 mm.

- Mediante el uso del acanalador, dividir la porción contenida en la cuchara, haciendo una ranura o corte a través de la muestra siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo.

Ilustración 15. Cuchara Casagrande



Fuente: Elaboración propia

- Luego levantar y soltar la cuchara mediante el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades del suelo estén en contacto (MTC E-110: Suelos, 2016).

3.4.2 Cálculos

El límite líquido se determina usando la siguiente ecuación:

$$LL = W_n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W_n = Contenido de humedad del suelo

3.4.3 Resultados:

El MTC E-110 establece que, si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

En nuestro caso se necesitó de contenidos de humedad sucesivamente más altos para que la muestra no se deslizara al partirla con el acanalador, como se ve en la figura:

Ilustración 16. Limite Liquido 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Limite Liquido 2



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, nuestro número de golpes para cerrar la ranura fue de 10 en dos ocasiones. Por lo tanto, el límite líquido no pudo determinarse y nuestro agregado fino es no plástico.

3.5 LIMITE PLÁSTICO

Para medir la plasticidad de las arcillas, los límites de Atterberg caracterizan como límite plástico (L.P.) al comportamiento de los suelos finos, cuando este pasa de un estado semisólido a un estado plástico dependiendo de su humedad.

NORMATIVA: MTC E-111: Suelos. Determinación del Limite Plástico (L.P.) de los suelos e Índice de Plasticidad (I.P.).

3.5.1 Procedimiento:

- La muestra mínima es de 20 g y se puede obtener mediante el tamiz de la malla N° 40 del ensayo anterior.

- Se moldea la mitad de la muestra hasta lograr una forma de elipsoide, rodándolo con los dedos sobre una superficie lisa, logrando una forma de cilindro.

Ilustración 18. Limite Plástico 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Limite Plástico 2



Fuente: Elaboración propia

- Si antes de llegar a la forma de cilindro con diámetro de 3.2 mm no se ha desmoronado, se vuelve hacer un elipsoide y repetir el proceso, hasta que se desmorone con dicho diámetro.
- Finalmente, si la muestra con forma de cilindro de 3.2 mm de diámetro se ha desmoronado se coloca en una capsula y se seca en el horno (MTC E-111: Suelos, 2016)

3.5.2 Cálculos y Resultados:

El límite líquido se calcula luego de obtener el peso secado al horno de la muestra:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

El índice de plasticidad se calcula como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico: (L.L y L.P son números enteros).

$$I.P = L.L - L.P$$

Donde:

I.P = Índice Plástico

L.L= Límite Líquido

L.P = Límite Plástico

Como se puede ver en la ilustración, no se puede lograr la forma de cilindro, ya que se desmorona en repetidas ocasiones al inicio del ensayo.

Ilustración 20. Limite Plástico Fallido



Fuente: Elaboración propia

Al ser una muestra de arena no se presenta plasticidad, ya que cuando una arcilla está en condiciones saturadas se torna de forma totalmente plástica, maleable y deformable. En conclusión, nuestro agregado fino cumple con lo requerido por la Tabla 438-04 de la EG-2013 para límite plástico.

3.6 AZUL DE METILENO

El azul de metileno es un compuesto químico, que, al combinarse con agregado fino en un periodo de tiempo, el espécimen absorberá algún azul de metileno de la solución. Este procedimiento relaciona la capacidad de la arcilla de adsorber el compuesto, terminando cuando el fino ya no pueda adsorber más azul de metileno.

NORMATIVA:

- **INV. E- 235 – 13:** Determinación del valor de azul de metileno para material que pasa la malla N° 200.
- **ASSHTOT330-07 (2011):** Detección cualitativa de arcillas dañinas del grupo esméctica en agregados usando azul de metileno.

3.6.1 Procedimiento:

- Primero se tamiza el agregado fino mediante la malla N°. 200, se trabaja con todo el material secado a peso constante que pasa por esta malla.
- Luego, colocar 30 ml de agua destilada con la muestra, moviendo con una varilla de vidrio hasta lograr una suspensión uniforme. Una vez obtenida la uniformidad agregar 1 ml de azul de metileno, mezclar durante 1 minuto.

Ilustración 21. Muestra más agua destilada



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22. Muestra más azul de metileno



Fuente: Elaboración propia

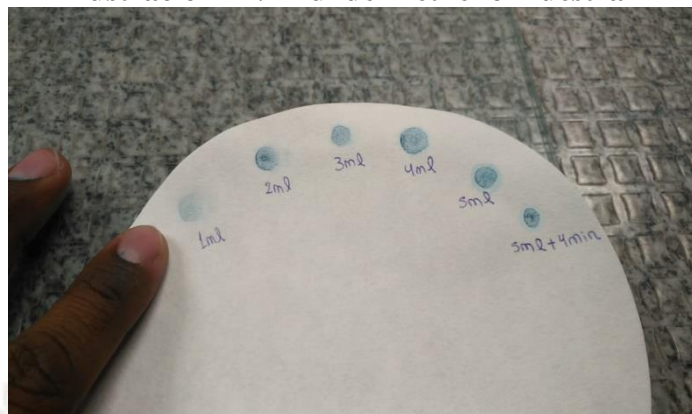
- Una vez haya transcurrido 1 minuto, con la punta de la varilla de vidrio se vierte una gota sobre el papel filtro, sino se forma un halo de color azul alrededor de la gota añadir 1 ml de azul de metileno y mezclar durante 1 minuto, repetir el procedimiento hasta que se forme el halo.
- Finalmente, si se forma el halo repetir el procedimiento esta vez mezclando la solución durante 4 minutos, si se vuelve a formar el halo se da por concluido el ensayo.

Ilustración 23. Azul de Metileno muestra 1



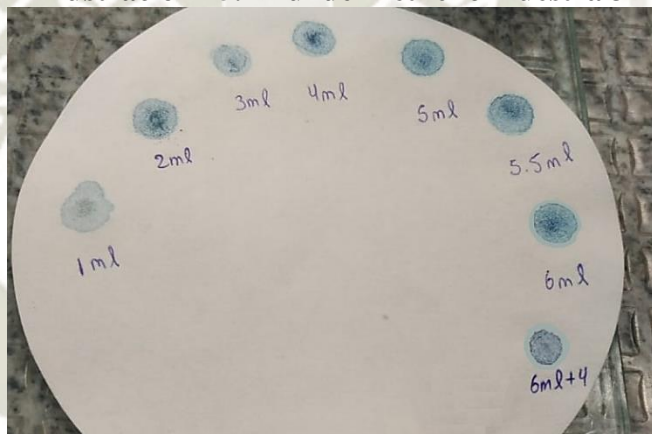
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24. Azul de Metileno muestra 2



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 25. Azul de Metileno muestra 3



Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Cálculos y Resultados:

El valor de azul de metileno se calcula de la siguiente manera:

$$AM = \frac{C_{SOL}}{P_{filler}}$$

Donde:

AM = Valor de azul de metileno en mg/g

C_{SOL} = Cantidad de la solución necesaria para alcanzar el punto final del ensayo

P_{FILLER} = Cantidad de material contenido en la suspensión, igual a un (1,0) gramo

El valor de azul de metileno obtenido en el ensayo se puede clasificar en función de su desempeño mediante la siguiente tabla:

TABLA 36. DESEMPEÑO ESPERADO DE AZUL DE METILENO

| Azul de Metileno (mg/g) | Desempeño Esperado |
|-------------------------|---------------------------|
| ≤ 6 | Excelente |
| 7 - 12 | Marginalmente aceptable |
| 13 - 19 | Problemas/posibles fallas |
| ≥ 20 | Falla |

Fuente: AASHTO T 330

Nuestros resultados se pueden observar en las figuras anteriores, obteniéndose los siguientes valores de azul de metileno:

TABLA 37. CÁLCULO VALOR DE AZUL DE METILENO

| Muestra | C _{SOL} mg | P _{FILLER} g | AM mg/g |
|-----------|------------------------|--------------------------|------------|
| Muestra 1 | 5 | 1 | 5 |
| Muestra 2 | 5 | 1 | 5 |
| Muestra 3 | 6 | 1 | 6 |
| | | Promedio | 5.33 |

Fuente: Elaboración propia

Se redondea el valor de 5.33 al entero más próximo 5 mg/ml, según la tabla de desempeño nuestra muestra se encuentra en el rango excelente (ASSHTO T330-07, 2011).

3.7 PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS

Este ensayo determina el Peso Unitario Suelto (P.U.S) o Compactado (P.U.C), a su vez el porcentaje de vacíos de los agregados finos y gruesos, ya que estos valores son utilizados en el diseño de mezclas del concreto.

NORMATIVA: MTC E-203: Agregados. Peso unitario y vacíos de los agregados.

3.7.1 Procedimiento:

Primero se llena un recipiente con agua a temperatura ambiente y se cubre con una lámina de vidrio para eliminar burbujas o exceso de agua, luego se determina el peso del agua más el recipiente y se mide la temperatura del agua para determinar su densidad, mediante la siguiente tabla:

TABLA 38. DENSIDAD DEL AGUA

| Temperatura | | kgf/m ³ | lb/pie ³ |
|-------------|------|--------------------|---------------------|
| °C | °F | | |
| 15.6 | 60 | 999.01 | 62.366 |
| 18.3 | 65 | 998.54 | 62.336 |
| 21.1 | 70 | 997.97 | 62.301 |
| 23 | 73.4 | 997.54 | 62.274 |
| 23.9 | 75 | 997.32 | 62.261 |
| 26.7 | 80 | 996.59 | 62.216 |
| 29.4 | 85 | 995.83 | 62.166 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

Ilustración 26. Peso recipiente más vidrio



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27. Temperatura del agua



Fuente: Elaboración propia

Se calcula el volumen del recipiente dividiendo el peso del agua entre la densidad de esta.

3.7.1.1 Peso Unitario Suelto (P.U.S)

Se llena el recipiente hasta que este rebose eliminando el exceso de agregado, luego se determina el peso del recipiente más el contenido

Ilustración 28. Peso Unitario Suelto Fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29. Peso Unitario Suelto Grueso



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.2 Peso Unitario Compactado (P.U.C)

Se llena un tercio del recipiente, se distribuyen 25 golpes de varilla sobre la capa apisonándola, luego se llena los $\frac{2}{3}$ del recipiente repitiendo el procedimiento anterior y finalmente el tercio restante. Una vez lleno el recipiente se determina su peso más el contenido

Ilustración 30. Peso Unitario Compactado Fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31. Peso Unitario Compactado Grueso



Fuente: Elaboración propi

3.7.2 Cálculos y Resultados:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario el agregado en kgf/m³

G = Peso el recipiente de mediad más el agregado en kgf

T = Peso del recipiente de medida en kgf

V = Volumen del recipiente de medida en m³

- **Peso Unitario Suelto Fino:**

TABLA 39. CÁLCULO PESO UNITARIO SUELTO FINO

| Muestra | Peso del Recipiente (kgf) | Peso del Recipiente + Muestra (kgf) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.S Seco (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 1.614 | 6.193 | 0.0028 | 1635.36 |
| 2 | 1.614 | 6.186 | 0.0028 | 1632.86 |
| 3 | 1.614 | 6.230 | 0.0028 | 1648.57 |
| Promedio | | | | 1638.93 |

Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario Compactado Fino:**

TABLA 40. CALCULO PESO UNITARIO COMPACTADO FINO

| Muestra | Peso del Recipiente (kgf) | Peso del Recipiente + Muestra (kgf) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.C Seco (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 1.614 | 6.512 | 0.0028 | 1749.29 |
| 2 | 1.614 | 6.573 | 0.0028 | 1771.07 |
| 3 | 1.614 | 6.639 | 0.0028 | 1794.64 |
| Promedio | | | | 1771.67 |

Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario Suelto Grueso:**

TABLA 41. CÁLCULO PESO UNITARIO SUELTO GRUESO

| Muestra | Peso del Recipiente (kgf) | Peso del Recipiente + Muestra (kgf) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.S Seco (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 5.193 | 19.504 | 0.0093 | 1538.8 |
| 2 | 5.193 | 19.609 | 0.0093 | 1550.1 |
| 3 | 5.193 | 19.420 | 0.0093 | 1529.8 |
| Promedio | | | | 1539.57 |

Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario Compactado Grueso:**

TABLA 42. CÁLCULO PESO UNITARIO COMPACTADO GRUESO

| Muestra | Peso del Recipiente (kgf) | Peso del Recipiente + Muestra (kgf) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.C Seco (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | 5.193 | 20.324 | 0.0093 | 1627.0 |
| 2 | 5.193 | 20.383 | 0.0093 | 1633.3 |
| 3 | 5.193 | 20.135 | 0.0093 | 1606.7 |
| Promedio | | | | 1622.33 |

Fuente: Elaboración propia

3.8 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

La gravedad específica es un parámetro que se utiliza para calcular el volumen que ocupa el agregado en las mezclas de concreto. Por otro lado, la absorción se utiliza para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros de las partículas que lo constituyen (Manual de ensayos de Materiales MTC, 2016).

NORMATIVA: MTC E-205: Agregados. Gravedad específica y absorción de agregados fino.

3.8.1 Procedimiento:

La muestra debe saturarse durante 24 horas antes del ensayo, luego se coloca está en una superficie plana expuesta a una cocina u hornilla hasta lograr la condición superficialmente seca, para ello se remueve hasta lograr un secado uniforme donde las partículas no se adhieran entre sí, para comprobar esto se utiliza un cono donde se apisona 25 veces, si existiera humedad el agregado mantendrá su forma (MTC E-205: Agregados, 2016).

Ilustración 32. Muestras de fino Saturando



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33. Apisonado de fino



Fuente: Elaboración propia

Llenar un recipiente con una muestra de 500 g como mínimo y con agua hasta alcanzar la marcar de 500 cm³, agitar el recipiente hasta eliminar las burbujas de aire, después de esto pesar el recipiente con su contenido (MTC E-205: Agregados, 2016).

Ilustración 34. Rotación Fiola



Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Cálculos y Resultados:

- **Peso específico de masa**

$$Pe_m = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Donde:

Pe_m = Peso específico de masa

Ab = Absorción

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno en g

V = Volumen del frasco en cm³

V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco

- **Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pe_{sss})**

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

- **Peso específico aparente (Pe_a)**

$$Pe_a = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

- **Absorción (A_b)**

$$A_b(\%) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

$$\text{Peso Especifico (Tx/20°C)} = K \times (\text{Peso especifico Tx/Tx °C})$$

Donde:

K = Valor que se calcula diviendo la densidad relativa del agua a la temperatura Tx, por la densidad relativa del agua a 20°C. En la siguiente tabla se dan los valores de correccion (K) para un rango de temperatura:

TABLA 43. DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIONES K

| Temperatura del Agua (°C) | Densidad relativa del agua (g/ml) | Factor de corrección (K) |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 18 | 0.9986244 | 1.0004 |
| 19 | 0.9984341 | 1.0002 |
| 20 | 0.9982343 | 1.0000 |
| 21 | 0.9980233 | 0.9998 |
| 22 | 0.9978019 | 0.9996 |
| 23 | 0.9975702 | 0.9993 |
| 24 | 0.9973286 | 0.9991 |
| 25 | 0.997077 | 0.9989 |
| 26 | 0.9968156 | 0.9986 |
| 27 | 0.9965451 | 0.9983 |
| 28 | 0.9962652 | 0.9980 |
| 29 | 0.9959761 | 0.9977 |
| 30 | 0.9956780 | 0.9974 |

Fuente: NTP 339.131:1999

Nuestros resultados para cada muestra de agregado fino son los siguientes:

TABLA 44. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA AGREGADO FINO

| Muestra | Peso seco (g) | Volumen Fiola (cm ³) | Volumen Agua (cm ³) | Corrección K | Peso Específico de masa (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|---|
| 1 | 492.50 | 500 | 312 | 0.9993 | 2617.85 |
| 2 | 491.00 | 500 | 308.8 | 0.9993 | 2566.19 |
| 3 | 492.00 | 500 | 311.4 | 0.9993 | 2606.87 |
| Promedio | | | | | 2596.97 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 45. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA AGREGADO FINO

| Muestra | Peso Muestra (g) | Volumen Fiola (cm ³) | Volumen Agua (cm ³) | Corrección K | Peso Específico SSS (kgf/m ³) |
|-----------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|---|
| 1 | 500 | 500 | 312 | 0.9993 | 2657.71 |
| 2 | 500 | 500 | 308.8 | 0.9993 | 2613.23 |
| 3 | 500 | 500 | 311.4 | 0.9993 | 2649.26 |
| Promedio | | | | | 2640.07 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 46. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO APARENTE AGREGADO FINO

| Muestra | Peso seco (g) | Volumen Fiola (cm ³) | Volumen Agua (cm ³) | Corrección K | Peso Específico Aparente (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|--|
| 1 | 492.5 | 500 | 312 | 0.9993 | 2726.62 |
| 2 | 491 | 500 | 308.8 | 0.9993 | 2692.95 |
| 3 | 492 | 500 | 311.4 | 0.9993 | 2722.35 |
| Promedio | | | | | 2713.97 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 47. CÁLCULO DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO

| Muestra | Peso seco (g) | Ab (%) |
|-----------------|---------------|--------|
| 1 | 492.50 | 1.52% |
| 2 | 491.00 | 1.83% |
| 3 | 492.00 | 1.63% |
| Promedio | | 1.66% |

Fuente: Elaboración propia

3.9 PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMATIVA: MTC E-206: Agregados. Peso específico y Absorción de agregados gruesos

3.9.1 Procedimiento:

La muestra debe saturarse durante 24 horas antes del ensayo, luego se retira del agua para eliminar la película de agua de la superficie, sin dejar que se evapore esta de la muestra, inmediatamente tomar el peso en condición superficialmente seca y luego sumergir el agregado en una canastilla. Finalmente se seca al horno y se pesa después del secado (MTC E-206: Agregados, 2016).

Ilustración 35. Agregado grueso superficialmente seco



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36. Agregado grueso sumergido



Fuente: Elaboración propia

El peso mínimo de la muestra está determinado por la siguiente tabla:

**TABLA 48. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA
PARA PESO ESPECIFICO**

| Tamaño Máximo Nominal mm (pulg) | Peso Mínimo de la Muestra de Ensayo kgf (lb) |
|------------------------------------|---|
| 12.5 (1/2") o menos | 2 (4.4) |
| 19 (3/4") | 3 (6.6) |
| 25 (1") | 4 (8.8) |
| 37.5 (1 1/2") | 5 (11) |
| 50 (2") | 8 (18) |
| 63 (2 1/2") | 12 (26) |
| 75 (3") | 18 (40) |
| 90 (3 1/2") | 25 (55) |
| 100 (4") | 40 (88) |
| 112 (4 1/2") | 50 (110) |
| 125 (5") | 75 (165) |
| 150 (6") | 125 (276) |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

3.9.2 Cálculos y Resultados:

- **Peso específico de masa (P_{em})**

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \times 100$$

- **Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss})**

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} \times 100$$

- **Peso específico aparente (P_{ea})**

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

- **Absorción**

$$A_b(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en gr

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gr

C = Peso en el agua de la muestra saturada

Nuestros resultados fueron los siguientes:

TABLA 49. CÁLCULO PESO ESPECÍFICO DE MASA DE AGREGADO GRUESO

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Muestra SSS (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico de Masa (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------|----------------------|--------------------|---|
| 1 | 2989 | 3020 | 1912 | 2697.65 |
| 2 | 2985 | 3013 | 1914 | 2716.11 |
| 3 | 2988 | 3015 | 1903 | 2687.05 |
| Promedio | | | | 2700.27 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 50. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA AGREGADO FINO

| Muestra | Peso Muestra SSS (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico SSS (kgf/m ³) |
|-----------------|----------------------|--------------------|---|
| 1 | 3020 | 1912 | 2725.63 |
| 2 | 3013 | 1914 | 2741.58 |
| 3 | 3015 | 1903 | 2711.33 |
| Promedio | | | 2726.18 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 51. CÁLCULO DE PESO ESPECÍFICO APARENTE AGREGADO GRUESO

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico Aparente (kgf/m ³) |
|-----------------|---------------|--------------------|--|
| 1 | 2989 | 1912 | 2775.30 |
| 2 | 2985 | 1914 | 2787.11 |
| 3 | 2988 | 1903 | 2753.92 |
| Promedio | | | 2772.11 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 52. CÁLCULO DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Muestra SSS (g) | Ab (%) |
|---------|---------------|----------------------|--------------|
| 1 | 2989 | 3020 | 1.04% |
| 2 | 2985 | 3013 | 0.94% |
| 3 | 2988 | 3015 | 0.90% |
| | | Promedio | 0.96% |

Fuente: Elaboración propia

3.10 ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS

Este ensayo busca calcular la resistencia al desgaste o la dureza del agregado grueso, la cual no debe ser mayor a 40% de abrasión para su aceptación. Para el diseño de pavimentos rígidos o pisos industriales, es importante ya que las partículas de agregado grueso van a estar sometidas a un roce continuo debido a la carga vehicular.

NORMATIVA: MTC E-207. Agregados: Abrasión los Ángeles (L.A) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”).

Se determina la gradación de la muestra de ensayo con la siguiente tabla:

TABLA 53. GRADACIÓN DE LA MUESTRA PARA ABRASIÓN

| Medida del tamiz (abertura cuadrada) | | Masa de tamaño indicada, gr | | | |
|--------------------------------------|----------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Que pasa | Retenido sobre | Gradación | | | |
| | | A | B | C | D |
| 37.5 mm (1 1/2") | 25 mm (1") | 1 250 ± 25 | - | - | - |
| 25 mm (1") | 19 mm (3/4") | 1 250 ± 25 | - | - | - |
| 19 mm (3/4") | 12.5 mm (1/2") | 1 250 ± 10 | 2500 ± 10 | - | - |
| 12.5 mm (1/2") | 9.5 mm (3/8") | 1 250 ± 10 | 2500 ± 10 | - | - |
| 9.5 mm (3/8") | 6.3 mm (1/4") | - | - | 2500 ± 10 | - |
| 6.3 mm (1/4") | 4.75 mm (N°4) | - | - | 2500 ± 10 | - |
| 4.75 mm (N°4) | 2.36 mm (N°8) | - | - | - | 5000 |
| TOTAL | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016).

Para el tipo de huso del agregado grueso de esta investigación se usará la gradación B, de igual manera se determina el peso de la carga, dependiendo de la gradación anterior.

TABLA. 54. MASA DE LA CARGA SEGÚN GRADACIÓN

| Gradación | Número de Esferas | Masa de la carga (g) |
|-----------|-------------------|----------------------|
| A | 12 | 5000 ± 25 |
| B | 11 | 4584 ± 25 |
| C | 8 | 3330 ± 20 |
| D | 6 | 2500 ± 15 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016).

Cálculos:

$$\text{Abrasion (\%)} = \frac{\text{Peso inicial(g)} - \text{Peso final(g)}}{\text{Peso inicial(g)}} \times 100$$

3.10.1 Procedimiento:

Colocar la muestra en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad de 30rpm, por 500 revoluciones, luego separar el material sobre el tamiz N°12, tamizando la porción más fina, lavar el material más grueso y secar al horno. Finalmente pesar el agregado después del secado (MTC E-207: Agregados, 2016).

Ilustración 37. Máquina de Abrasión de los Ángeles

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38. Pasante Tamiz #12



Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Cálculos y Resultado:

TABLA 55. CÁLCULO % ABRASIÓN

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso Retenido Tamiz #12 | % Abrasión |
|-----------------|------------------|-------------------------|---------------|
| 1 | 5000 | 3994 | 20.12% |
| 2 | 5000 | 3989 | 20.22% |
| 3 | 5000 | 3997 | 20.06% |
| Promedio | | | 20.13% |

Fuente: Elaboración Propia

Nuestra abrasión de 20.12% obtenida cumple con lo requerido por la Tabla 438.06 de la sección 438 de la EG – 2013 ya que es menor al 40%.

3.11 CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMATIVA: MTC-215: Agregados. Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado.

3.11.1 Procedimiento:

Seleccionar el peso de la muestra, dependiendo del tamaño máximo nominal en la siguiente tabla:

TABLA 56. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA CONTENIDO DE HUMEDAD

| Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulgada) | Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kgf |
|--|---|
| 4.75 (N°4) | 0.5 |
| 9.5 (3/8") | 1.5 |
| 12.5 (1/2") | 2 |
| 19 (3/4") | 3 |
| 5 (1") | 4 |
| 37.5 (1 1/2") | 6 |
| 50 (2") | 8 |
| 63 (2 1/2") | 10 |
| 75 (3") | 13 |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

Tomar el peso inicial de la muestra, colocar al horno y pesar después del secado.

Ilustración 39. Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración propia

3.11.2 Cálculos y Resultados:

$$P(\%) = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

Los resultados luego de haber sido pesados en el horno:

- **Agregado Fino**

TABLA 57. CÁLCULO CONTENIDO DE HUMEDAD FINO

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso Seco (g) | Contenido de Humedad (%) |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | 500 | 495 | 1.01% |
| 2 | 500 | 494.5 | 1.11% |
| 3 | 1000 | 990 | 1.01% |
| Promedio | | | 1.04% |

Fuente: Elaboración propia

- **Agregado Grueso**

TABLA 58. CÁLCULO CONTENIDO DE HUMEDAD GRUESO

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso Seco (g) | Contenido de Humedad (%) |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | 5000 | 4975 | 0.50% |
| 2 | 3000 | 2988 | 0.40% |
| 3 | 3000 | 2986 | 0.47% |
| Promedio | | | 0.46% |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de contenido de humedad no deben tomarse como finales, ya que pueden variar en función de la humedad relativa que se encuentra en el ambiente. Se recomienda calcularlos cada cierto tiempo para un diseño de mezclas óptimo.

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE MEZCLA

4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO ACI 211

1. Cálculo de la resistencia promedio

Si no se dispone de un registro de datos con el cual sea posible calcular una desviación estándar, se usa la siguiente tabla para el cálculo de la resistencia promedio:

TABLA 59. RESISTENCIA PROMEDIO

| $f'c$ | $f'cr$ |
|-----------|------------|
| < 210 | $f'c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'c + 84$ |
| > 350 | $f'c + 98$ |

Fuente: ACI-211

2. Elección del tamaño máximo nominal

Se considera en ningún caso el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá exceder de los siguientes valores:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales del refuerzo; paquete de barras; tendones o ductos de pre esfuerzos (Riva E., 1992).

3. Elección del asentamiento

El tipo de asentamiento dependerá de las especificaciones técnicas o el tipo de construcción que se va ejecutar, como se puede observar en la siguiente tabla:

TABLA 60. ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUCCIONES

| Tipo de construcción | Asentamiento | |
|--|--------------|--------|
| | Máximo | Mínimo |
| Zapatas y muros de cimentación armados | 3" | 1" |
| Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros | 3" | 1" |
| Vigas y muros armados | 4" | 1" |
| Columnas de edificios | 4" | 1" |
| Losas y pavimentos | 3" | 1" |
| Concreto ciclópeo | 2" | 1" |

Fuente: ACI-211

4. Volumen Unitario de agua

La cantidad de agua que se necesita para que el concreto tenga cierta consistencia dependiendo de su asentamiento, así como para calcular la cantidad de cemento requerida en función de su relación a/c, se encuentra en la siguiente tabla:

TABLA 61. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

| Asentamiento | Agua, en l/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia plástica | | | | | | | |
|--------------------------------|--|------|------|-----|------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 ½" | 2" | 3" | 6" |
| Concretos sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | - |
| Concretos con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | - |

Fuente: ACI-211

5. Contenido de Aire

Es el aire atrapado en los procesos de colocación de la mezcla, este pequeño porcentaje de aire atrapado depende de la granulometría y del tamaño máximo nominal de los agregados. (American Concrete Institute ACI, 2010).

En la siguiente tabla se seleccionará el contenido de aire atrapado en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso:

TABLA 62. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

| Tamaño Máximo Nominal | Aire atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8" | 3.0% |
| 1/2" | 2.5% |
| 3/4" | 2.0% |
| 1" | 1.5% |
| 1 1/2" | 1.0% |
| 2" | 0.5% |
| 3" | 0.3% |
| 6" | 0.2% |

Fuente: ACI-211

6. Relación a/c

La relación agua cemento por resistencia se calcula de la siguiente tabla:

TABLA 63. RELACIÓN AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA

| f'cr (28 días) | Relación agua-cemento de diseño en peso | |
|-------------------|---|--------------------------------|
| | Concretos sin aire incorporado | Concretos con aire incorporado |
| 150 | 0.8 | 0.71 |
| 200 | 0.7 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 400 | 0.43 | - |
| 450 | 0.38 | - |

Fuente: ACI-211

7. Cálculo del Peso de Cemento

La proporción del cemento se calcula dividiendo el volumen de agua, entre la relación agua cemento.

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{\text{Volumen de Agua}}{\text{Relacion a/c}}$$

8. Peso del Agregado Grueso

El volumen del agregado grueso está en función de su tamaño máximo nominal y el módulo de fineza. Una vez obtenido el volumen se multiplica por su peso unitario seco y compactado, se usa la siguiente tabla para el cálculo de volumen (American Concrete Institute ACI, 2010).

TABLA 64. PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

| Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso | Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino | | | |
|---|---|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: ACI-211

9. Peso del Agregado Fino

El cálculo del peso del agregado fino se obtiene determinando el volumen absoluto del agregado fino, restando entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua, aire y agregado grueso. Posteriormente se multiplica su volumen por su peso específico hallado en laboratorio.

$$Vol. Ag. Fino = 1 - \sum Vol. (Cemento, agua, aire y agregado fino)$$

$$Peso Ag. Fino = Vol. Ag. Fino \times Peso específico$$

10. Ajuste por contenido de humedad

El agua efectiva que se incorpora a la mezcladora no deberá modificar la relación a/c, para ello se hace un ajuste por humedad como se describe a continuación:

- **Peso húmedo del Agregado**

$$\text{Agregado Fino Humedo} = \text{Peso Ag. Fino Seco} * \left(1 + \frac{C. H}{100}\right)$$

$$\text{Agregado Grueso Humedo} = \text{Peso Ag. Grueso Seco} * \left(1 + \frac{C. H}{100}\right)$$

- **Aporte de humedad superficial del agregado**

$$\text{Agregado Fino} = \text{Peso Ag. Fino} * \left[\frac{C.H - ABS}{100} \right]$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Peso Ag. Grueso} * \left[\frac{C.H - ABS}{100} \right]$$

- **Agua Efectiva**

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Vol. de Agua} - \sum (\text{Aporte de humedad de los agregados})$$

11. Proporción en peso de diseño

Se divide el peso de los materiales entre el peso del cemento, como se muestra a continuación (American Concrete Institute ACI, 2010).

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Ag. Fino}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Ag. Grueso}}{\text{Cemento}}$$

4.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

La Sección 438 de las “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG-2013) del Manual de Carreteras, estipula las siguientes consideraciones para el diseño de mezclas:

- Se diseñará la mezcla mediante algún método reconocido, en este caso se utilizará el método del Comité ACI-211.
- El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento.
- El asentamiento deberá estar entre 50 mm y 75 mm (2"-3")
- La relación agua/cemento no será superior a 0.50
- La cantidad de cemento por metro cúbico de concreto no será inferior a 300 kilogramos.

Las muestras representativas de los agregados, cemento, agua y aditivos a utilizar en el Diseño de Mezcla, deberán ser avalados por los resultados de ensayos obtenidos en laboratorio (Ver Capítulo III), los cuales deberán cumplir con lo estipulado en la Subsección 438.02 (a) de la EG-2013.

El diseño de mezcla deberá ser verificado, cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento y su marca.
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de fineza del agregado fino en más de dos décimas.
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.

4.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL

Para los siguientes diseños de mezcla se usarán las propiedades de los agregados obtenidas en laboratorio. (Ver Capítulo III).

TABLA 65. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| Materiales | Peso unitario seco y compactado (kgf/m ³) | Peso específico (kgf/m ³) | Contenido Humedad (%) | MF | Absorción (%) |
|-----------------|---|---------------------------------------|-----------------------|------|---------------|
| Agregado grueso | 1629 | 2726 | 0.46 | - | 0.96 |
| Agregado fino | 1772 | 2642 | 1.01 | 2.77 | 1.66 |
| Cemento | 1665 | 2850 | - | - | - |
| Agua | - | 1000 | - | - | - |

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1 DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

1. Resistencia Media necesaria en el laboratorio

$$f'c = 280$$

$$\text{Como } 210 < f'c < 350; f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 280 + 84 = 364 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Slump: 1 – 3” (De la Tabla 65)

3. Volumen de Agua: 190 lt/m³ (De la Tabla 66)

4. Relación agua cemento

Interpolando de la Tabla 68.

$$\frac{400 - 350}{0.43 - 0.48} = \frac{364 - 350}{X - 0.48}$$

$$r \text{ a/c} = 0.47$$

5. Peso del Cemento

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{190}{0.47} = 404.26 \text{ kgf/m}^3 \approx 9.51 \text{bol/m}^3$$

6. Peso del Agregado Grueso

$$\text{Vol. Agregado Grueso} = 0.62 \text{ m}^3 \text{ (De la Tabla 69)}$$

$$\text{Peso Agregado Grueso} = 0.62 \times 1629 = 1009.84 \text{ kgf/m}^3$$

7. Peso del Agregado Fino

TABLA 66. VOLÚMENES ABSOLUTOS f'c = 280 kgf/cm²

| Elemento | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/cm ³) | Volumen (m ³) |
|--------------|------------|--|---------------------------|
| Cemento | 404.26 | 2850 | 0.1418 |
| Ag. Grueso | 1009.84 | 2726.18 | 0.3704 |
| Agua | 190 | 1000 | 0.1900 |
| Aire | 2% | - | 0.020 |
| Aditivo 0.4% | 1.62 | 1080 | 0.0015 |
| | | Σ | 0.7238 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Vol. Agregado Fino} = 1 - 0.7238 = 0.2762 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado Fino} = 0.2762 \times 2642 = 729.72 \text{ kgf/m}^3$$

8. Ajuste por Humedad

$$\text{Agregado Fino} = 729.72 * \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 737.09 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left(1 + \frac{0.46}{100}\right) = 1014.49 \text{ kgf/m}^3$$

9. Agua Efectiva

$$\text{Agregado Fino} = 741.18 * \left[\frac{1.01 - 1.66}{100}\right] = -4.74 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left[\frac{0.46 - 0.96}{100}\right] = -5.05 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Efectiva} = 190 - (-4.74 - 5.05) = 199.79 \text{ Lt/m}^3$$

10. Dosificación en Volumen y Peso

TABLA 67. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO f'c = 280 kgf/cm²

| Componente | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/m ³) | Volumen (m ³) | Proporción en peso |
|-----------------|------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Cemento | 404.26 | 2850 | 0.1418 | 1.00 |
| Agregado grueso | 1014.49 | 2726 | 0.3721 | 2.51 |
| Agregado fino | 741.18 | 2642 | 0.2805 | 1.83 |
| Agua | 199.81 | 1000 | 0.1998 | 0.49 |
| Aditivo | 1.62 | 1080 | 0.0015 | 0.004 |

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

1. Resistencia Media necesaria en el laboratorio

$$f'c = 300$$

$$\text{Como } 210 < f'c < 350; f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 300 + 84 = 384 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Slump: 1 – 3” (De la Tabla 65)

3. Volumen de Agua: 190 lt/m^3 (De la Tabla 66)

4. Relación agua cemento

Interpolando de la Tabla 68.

$$\frac{400 - 350}{0.43 - 0.48} = \frac{384 - 350}{X - 0.48}$$

$$r \text{ a/c} = 0.45$$

5. Peso del Cemento

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{190}{0.45} = 422.22 \text{ kgf/m}^3 \approx 9.93 \text{ bol/m}^3$$

6. Peso del Agregado Grueso

$$\text{Vol. Agregado Grueso} = 0.62 \text{ m}^3 \text{ (De la Tabla 69)}$$

$$\text{Peso Agregado Grueso} = 0.62 \times 1629 = 1009.84 \text{ kgf/m}^3$$

7. Peso del Agregado Fino

TABLA 68. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

| Elemento | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/cm ³) | Volumen (m ³) |
|---------------|------------|--|---------------------------|
| Cemento | 422.22 | 2850 | 0.1481 |
| Ag. Grueso | 1009.84 | 2726.18 | 0.3704 |
| Agua | 190 | 1000 | 0.1900 |
| Aire | 2% | - | 0.020 |
| Aditivo 0.45% | 1.90 | 1080 | 0.0018 |
| | | Σ | 0.7303 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Vol. Agregado Fino} = 1 - 0.7303 = 0.2697 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado Fino} = 0.2697 \times 2642 = 712.55 \text{ kgf/m}^3$$

8. Ajuste por Humedad

$$\text{Agregado Fino} = 712.55 * \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 719.75 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left(1 + \frac{0.46}{100}\right) = 1014.49 \text{ kgf/m}^3$$

9. Agua Efectiva

$$\text{Agregado Fino} = 712.55 * \left[\frac{1.01 - 1.66}{100}\right] = -4.63 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left[\frac{0.46 - 0.96}{100}\right] = -5.05 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Efectiva} = 190 - (-4.63 - 5.05) = 199.68 \text{ Lt/m}^3$$

10. Dosificación en Volumen

TABLA 69. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

| Componente | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/m ³) | Volumen (m ³) | Proporción en peso |
|-----------------|------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Cemento | 422.22 | 2850 | 0.1481 | 1.00 |
| Agregado grueso | 1014.49 | 2726 | 0.3721 | 2.40 |
| Agregado fino | 724.35 | 2642 | 0.2742 | 1.72 |
| Agua | 199.71 | 1000 | 0.1997 | 0.47 |
| Aditivo | 1.90 | 1080 | 0.0018 | 0.0045 |

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

1. Resistencia Media necesaria en el laboratorio

$$f'c = 350$$

$$\text{Como } 210 < f'c < 350; f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 350 + 84 = 434 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Slump: 1 – 3” (De la Tabla 65)

3. Volumen de Agua: 190 lt/m^3 (De la Tabla 66)

4. Relación agua cemento

Interpolando de la Tabla 68.

$$\frac{450 - 400}{0.38 - 0.43} = \frac{450 - 434}{0.38 - X}$$

$$r \text{ a/c} = 0.40$$

5. Peso del Cemento

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{190}{0.40} = 475 \text{ kgf/m}^3 \approx 11.17 \text{ bol/m}^3$$

6. Peso del Agregado Grueso

$$\text{Vol. Agregado Grueso} = 0.62 \text{ m}^3 \text{ (De la Tabla 69)}$$

$$\text{Peso Agregado Grueso} = 0.62 \times 1629 = 1009.84 \text{ kgf/m}^3$$

7. Peso del Agregado Fino

TABLA 70. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

| Elemento | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/cm ³) | Volumen (m ³) |
|---------------|------------|--|---------------------------|
| Cemento | 475.00 | 2850 | 0.1667 |
| Ag. Grueso | 1009.84 | 2726.18 | 0.3704 |
| Agua | 190 | 1000 | 0.1900 |
| Aire | 2% | - | 0.020 |
| Aditivo 0.60% | 2.85 | 1080 | 0.0026 |
| | | Σ | 0.7497 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Vol. Agregado Fino} = 1 - 0.7497 = 0.2503 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado Fino} = 0.2529 \times 2642 = 661.29 \text{ kgf/m}^3$$

8. Ajuste por Humedad

$$\text{Agregado Fino} = 661.29 * \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 667.97 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left(1 + \frac{0.46}{100}\right) = 1014.49 \text{ kgf/m}^3$$

9. Agua Efectiva

$$\text{Agregado Fino} = 674.93 * \left[\frac{1.01 - 1.66}{100}\right] = -4.30 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left[\frac{0.46 - 0.96}{100}\right] = -5.05 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Efectiva} = 190 - (-4.77 - 5.05) = 199.35 \text{ Lt/m}^3$$

10. Dosificación en Volumen

TABLA 71. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

| Componente | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/m ³) | Volumen (m ³) | Proporción en peso |
|-----------------|------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Cemento | 475.00 | 2850 | 0.1667 | 1.00 |
| Agregado grueso | 1014.49 | 2726 | 0.3721 | 2.14 |
| Agregado fino | 674.93 | 2642 | 0.2555 | 1.42 |
| Agua | 199.39 | 1000 | 0.1994 | 0.42 |
| Aditivo | 2.85 | 1080 | 0.0026 | 0.0060 |

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

1. Resistencia Media necesaria en el laboratorio

$$f'c = 300$$

Como $f'c > 350$; $f'cr = f'c + 98$

$$f'cr = 420 + 98 = 518 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Slump: 1 – 3” (De la Tabla 65)

3. Volumen de Agua: 190 lt/m^3 (De la Tabla 66)

4. Relación agua cemento

Interpolando de la Tabla 68.

$$\frac{518 - 450}{X - 0.38} = \frac{518 - 400}{X - 0.43}$$

$$r \text{ a/c} = 0.31$$

5. Peso del Cemento

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{190}{0.31} = 612.90 \text{ kgf/m}^3 \approx 14.42 \text{ bol/m}^3$$

6. Peso del Agregado Grueso

Vol. Agregado Grueso = 0.62 m^3 (De la Tabla 69)

Peso Agregado Grueso = $0.62 \times 1629 = 1009.84 \text{ kgf/m}^3$

7. Peso del Agregado Fino

TABLA 72. VOLÚMENES ABSOLUTOS $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

| Elemento | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/cm ³) | Volumen (m ³) |
|---------------|------------|--|---------------------------|
| Cemento | 612.90 | 2850 | 0.2151 |
| Ag. Grueso | 1009.84 | 2726.18 | 0.3704 |
| Agua | 190 | 1000 | 0.1900 |
| Aire | 2% | - | 0.020 |
| Aditivo 0.75% | 4.60 | 1080 | 0.0043 |
| | | Σ | 0.7997 |

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Vol. Agregado Fino} = 1 - 0.7997 = 0.2003 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del Agregado Fino} = 0.2003 \times 2642 = 529.19 \text{ kgf/m}^3$$

8. Ajuste por Humedad

$$\text{Agregado Fino} = 529.19 * \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 534.54 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left(1 + \frac{0.46}{100}\right) = 1014.49 \text{ kgf/m}^3$$

9. Agua Efectiva

$$\text{Agregado Fino} = 529.19 * \left[\frac{1.01 - 1.66}{100}\right] = -3.44 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1009.84 * \left[\frac{0.46 - 0.96}{100}\right] = -5.05 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Efectiva} = 190 - (-4.77 - 5.05) = 198.49 \text{ Lt/m}^3$$

10. Dosificación en Volumen

TABLA 73. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN Y PESO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

| Componente | Peso (kgf) | Peso Específico (kgf/m ³) | Volumen (m ³) | Proporción en peso |
|-----------------|------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Cemento | 612.90 | 2850 | 0.2151 | 1.00 |
| Agregado grueso | 1014.49 | 2726 | 0.3721 | 1.66 |
| Agregado fino | 545.80 | 2642 | 0.2066 | 0.89 |
| Agua | 198.56 | 1000 | 0.1986 | 0.32 |
| Aditivo | 4.60 | 1080 | 0.0043 | 0.0075 |

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

5. PROPIEDADES DEL CONCRETO

5.1 PROTOCOLO DE MEZCLADO

1. Primero se humedece el trompo para no perder agua por absorción.
2. Luego se hecha el agregado grueso con $\frac{1}{3}$ del agua total. Se deja girando la mezcladora durante 30 a 60 segundos.
3. Se hecha el agregado fino con $\frac{1}{3}$ del agua, y se deja girando de 30 a 60 segundos.

Ilustración 40. Agregado grueso en trompo



Fuente: Elaboración propia

4. Finalmente se agrega el cemento con el agua restante, se deja girando el trompo durante 3 minutos mínimo.
5. De requerirse el uso de aditivo se agrega al final de la mezcla o junto con el cemento.
6. Al agregar las micro fibras de polipropileno se debe prolongar el mezclado 5 minutos como mínimo, para que la fibra se mezcle correctamente.

Ilustración 41. Micro Fibras en trompo



Fuente: Elaboración Propia

7. Las macro fibras de polipropileno se pueden colocar en la mezcladora antes, durante o después de hacer la mezcla con otros componentes del concreto. Se debe prolongar el mezclado de 3 a 5 minutos por m^3 de volumen de mezcla.

Ilustración 42. Macro fibras de polipropileno



Fuente: Elaboración propia

8. Al agregar fibras metálicas se deben colocar en la mezcladora después del agregado fino o al final de la mezcla, para su correcta adhesión. El tiempo de mezclado con fibras metálicas es de 30 segundos por m^3 de volumen de mezcla.

Ilustración 43. Fibras Metálicas



Fuente: Elaboración propia

Se fabricarán 6 probetas cilíndricas y 3 vigas prismáticas de concreto por cada tipo de fibra, las cuales se ensayarán a compresión, tracción y flexión, respectivamente. Se codificarán los tipos de concreto de la siguiente manera:

- **CC:** Concreto Convencional
- **MIC-POL:** Micro Fibra de Polipropileno
- **MAC-POL:** Macro Fibra de Polipropileno
- **MET:** Fibra Metálica

5.2 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES

5.2.1 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

NORMATIVA: MTC E-702: Concreto. Elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

5.2.1.1 Lugar de moldeo:

Los especímenes se elaborarán lo más cercano posible al lugar de almacenamiento, colocándose en una superficie rígida libre de vibración

Ilustración 44. Lugar de almacenamiento



Fuente: Elaboración Propia

5.2.1.2 Colocación:

Los especímenes se elaborarán llenando y compactando en capas. El número de capas depende del tamaño de la muestra, especificado en la siguiente tabla (MTC E-702: Concreto, 2016).

TABLA 74. NUMERO DE CAPAS REQUERIDAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS

| Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas) | Método de compactación | Número de capas | Altura aproximada de la capa en mm (pulgadas) |
|--|--|---|---|
| CILINDROS Hasta 300 (12) > 300 (12) Hasta 460 (18) > 460 (18) | Apisonado(varillado) Apisonado(varillado) Vibración Vibración | 3 iguales Las requeridas 2 iguales 3 o más | 100 (4) 200 (4) |
| PRISMAS Hasta 200 (12) > 200 (12) Hasta 200 (18) > 200 (18) | Apisonado(varillado) Apisonado(varillado) Vibración Vibración | 2 iguales 3 o más 1 2 o más | 100 (4) 200 (8) |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016)

5.2.1.3 Compactación:

La compactación será mediante varillado o vibración si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3”). El diámetro de la varilla y numero de penetraciones se determina mediante la siguiente tabla (MTC E-702: Concreto, 2016).

TABLA 75. DIÁMETRO DE VARILLA Y NUMERO DE GOLPES POR CAPA

| CILINDROS | | |
|--|-------------------------------------|--|
| Diámetro del cilindro en mm (pulgadas) | Diámetro de varilla en mm (pulgada) | Número de golpes por capa |
| 50 (2) a 150 (6) | 10 (3/8) | 25 |
| 150 (6) | 16 (5/8) | 25 |
| 200 (8) | 16 (5/8) | 50 |
| 250 (10) | 16 (5/8) | 75 |
| VIGAS Y PRISMAS | | |
| Área de la superficie superior de la muestra en cm ² (pulg ²) | Diámetro de varilla en mm (pulgada) | Número de golpes por capa |
| 160 (25) | 10 (3/8) | 25 |
| 165 (26) a 310 (49) | 10 (3/8) | 1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área |
| 320 (50) o más | 16 (5/8) | 1 por cada 14 cm ² (1 pulg ²) de área |

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016).

- **Cilindros:**

Se colocarán 3 capas de concreto ambas del mismo volumen. Primero se varilla cada extremo redondeado del molde 25 veces en espiral y se golpea con un martillo de goma de 10 a 15 veces. Repetir el procedimiento con las siguientes capas (MTC E-702: Concreto, 2016).

Ilustración 45. Elaboración de probetas



Fuente: Elaboración Propia

- **Vigas:**

Se colocarán 2 capas de concreto ambas del mismo volumen. Primero se varilla 15 veces en línea recta distribuyendo los golpes en 5 filas (en total 75 golpes).

Ilustración 46. Elaboración de vigas



Fuente: Elaboración Propia

Luego, el caso de los moldes prismáticos, después de que cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente un badilejo en la zona de contacto del concreto y el molde en todo su perímetro.

5.2.1.4 Acabado:

Después de la compactación, se enraza la superficie con un badilejo de metal, quedando la superficie plana y pareja al borde del cilindro, sin depresiones o protuberancias de ± 3.2 mm (MTC E-702: Concreto, 2016).

Ilustración 47. Enraizado de vigas



Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 CURADO DE ESPECÍMENES

a. Descimbrado

Los especímenes no deben ser descimbrados antes de 20 horas ni después de 48 horas de su elaboración según la ASTM C-192.

b. Curado

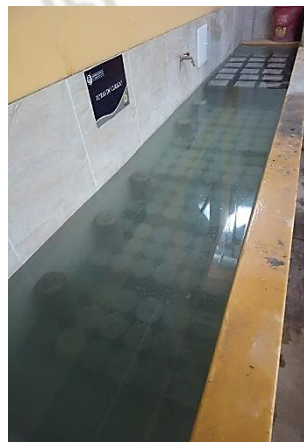
- Los especímenes deben mantenerse a condiciones de humedad con temperatura de $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa de 95%, esto se puede lograr por inmersión de la muestra en agua.
- Los especímenes durante las primeras 48 horas no deben exponerse a vibración.
- No exponer los especímenes a corrientes de agua o goteo.

Ilustración 48. Fosa de curado de vigas



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 49. Fosa de curado de probetas



Fuente: Elaboración Propia

5.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

5.3.1 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

El asentamiento es la trabajabilidad del concreto, el cual debe ser medido con el Cono de Abrams y estar entre 50 mm y 75 mm (2" - 3") según lo establecido por la EG-2013 para la construcción de pavimentos rígidos.

NORMATIVA: MTC E-705: Concreto. Asentamiento del concreto (slump).

a. Procedimiento:

- Se llena a 1/3 de concreto en el cono y se empieza a consolidar con la varilla cada 25 golpes en espiral, repitiendo esto con las siguientes 2 capas.
- Una vez llenado el cono se procede a enrazar su superficie. Posteriormente se retira el cono, esto debe de durar 5 segundos.

Ilustración 50. Varillado de asentamiento



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 51. Retiro de cono Slump



Fuente: Elaboración propia

- Se mide el asentamiento desde la varilla hasta el punto más alto del concreto.

Ilustración 52. Medición del asentamiento



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 53. Trabajabilidad de micro fibras de polipropileno



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 54. Trabajabilidad de fibras metálicas



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 55. Trabajabilidad de macro fibras de polipropileno



Fuente: Elaboración Propia

b. Resultados:

Se obtuvieron los siguientes resultados para el concreto convencional y con adición de fibras.

TABLA 76. RESULTADOS TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

| f'c (kgf/cm ²) | Tipo de Concreto | Slump (pulg) | Variación (%) |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| 280 | PATRÓN | 3" | - |
| | MIC - POL | 2.5" | 16.67% |
| | MAC - POL | 2.25" | 25.00% |
| | MET | 2.3" | 23.33% |
| 300 | PATRÓN | 2.75" | - |
| | MIC - POL | 2.2" | 18.91% |
| | MAC - POL | 2.50" | 9.09% |
| | MET | 2.6" | 5.45% |
| 350 | PATRÓN | 2.4" | - |
| | MIC - POL | 2.27" | 5.42% |
| | MAC - POL | 2.42" | -0.83% |
| | MET | 2.5" | -4.17% |
| 420 | PATRÓN | 1.8" | - |
| | MIC - POL | 1.7" | 5.56% |
| | MAC - POL | 2.00" | -11.11% |
| | MET | 1.9" | -5.26% |

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en el cuadro con la adición de fibras la trabajabilidad del concreto decrece notablemente, esto se puede apreciar más con el uso de micro fibras de polipropileno.

5.3.2 PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Verificar que el peso unitario este dentro del rango establecido por la norma, normalmente está entre 2240 kgf/m³ a 2460 kgf/m³.

NORMATIVA: MTC E-714: Concreto. Peso Unitario de producción (rendimiento).

a. Procedimiento:

- Determinar el peso del recipiente vacío y humedecerlo. Se debe conocer su volumen.
- Llenar el recipiente en tres capas de igual volumen, compactando con la varilla de 5/8" en espiral. En la tercera capa sobrellenar el recipiente y enrasar la superficie del concreto dando un acabado suave con la placa de enrasado.
- Limpiar el exceso de concreto en el exterior del recipiente y determinar el peso del recipiente lleno de concreto.

b. Cálculos y Resultados:

$$P. U. = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Donde:

P.U. = Peso Unitario (kgf/m³)

Mc = Masa del concreto (kgf)

Mm = Masa del medidor (kgf)

Vm = Volumen del medidor (m³)

TABLA 77. RESULTADOS PESO UNITARIO DEL CONCRETO

| f' _c (kgf/cm ²) | P.U. (kgf/m ³) | | | |
|---|----------------------------|------|---------|---------|
| | PATRÓN | MET | MAC-POL | MIC-POL |
| 280 | 2386 | 2392 | 2362 | 2354 |
| 300 | 2345 | 2420 | 2396 | 2366 |
| 350 | 2377 | 2396 | 2347 | 2348 |
| 420 | 2376 | 2383 | 2358 | 2371 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO

El objetivo del ensayo es determinar que el aire atrapado este dentro de los parámetros, generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Este deberá ser igual al especificado en el diseño, con una tolerancia de +1.8%.

NORMATIVA: MTC E-706: Concreto. Contenido de aire en el concreto fresco método de presión.

a. Procedimiento:

- Se llena la Olla de Washington en tres volúmenes iguales, varillando 25 veces en espiral en cada capa. Se golpea con el mazo de 10 a 15 veces.
- Una vez terminada la tercera capa se enraza y elimina el exceso de concreto de su superficie. Finalmente se coloca la tapa a presión y se toma la lectura (MTC E-706: Concreto, 2016).

Ilustración 56. Contenido de Aire



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 57. Olla de Washington



Fuente: Elaboración Propia

b. Resultados:

Las lecturas obtenidas en la Olla de Washington son las siguientes:

TABLA 78. RESULTADOS CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

| f'c (kgf/cm ²) | Contenido de Aire (%) | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------|---------|---------|
| | PATRÓN | MET | MAC-POL | MIC-POL |
| 280 | 1.90% | 2.00% | 1.59% | 1.92% |
| 300 | 2.27% | 1.80% | 1.17% | 1.42% |
| 350 | 1.96% | 1.60% | 2.20% | 2.17% |
| 420 | 1.01% | 1.70% | 1.74% | 1.23% |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior todos los resultados están dentro del rango de 1% a 3% de aire atrapado. Siendo 2% el que se especifica en el diseño de mezclas.

5.3.4 TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

NORMATIVA: MTC E-724: Concreto. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.

a. Procedimiento:

- Colocar el termómetro en la mezcla con un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) en todas direcciones o por lo menos en 3 veces el TM del agregado. Elegir el mayor.
- Tomar la lectura de la temperatura después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice (Guzman, 2019).

b. Resultados:

Las lecturas obtenidas en el termómetro para el concreto fueron las siguientes:

TABLA 79. TEMPERATURA DEL CONCRETO

| f'c (kgf/cm ²) | Tipo de Concreto | Temperatura (°C) | Variación (%) |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 280 | PATRÓN | 15.3 | - |
| | MIC - POL | 15.8 | 3.27% |
| | MAC - POL | 16.4 | 7.19% |
| | MET | 14.9 | -2.61% |
| 300 | PATRÓN | 16 | - |
| | MIC - POL | 16.1 | 0.63% |
| | MAC - POL | 16.4 | 2.50% |
| | MET | 14.7 | -8.13% |
| 350 | PATRÓN | 16.4 | - |
| | MIC - POL | 16 | -2.44% |
| | MAC - POL | 16.6 | 1.22% |
| | MET | 14.5 | -11.59% |
| 420 | PATRÓN | 17.3 | - |
| | MIC - POL | 18.2 | 5.20% |
| | MAC - POL | 17.4 | 0.58% |
| | MET | 16.8 | -2.89% |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la siguiente tabla, al adherir fibras metálicas la temperatura del concreto baja y en el caso de fibras de polipropileno la temperatura aumenta.

5.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

5.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los resultados de pruebas de resistencia a la compresión se usan para evaluar el cumplimiento del diseño y/o especificaciones técnicas.

NORMATIVA: MTC E-704: Concreto. Resistencia a la compresión testigos cilíndricos.

a. Procedimiento:

- Las probetas curadas en agua se deben ensayar inmediatamente después de ser extraídas de la fosa de curado, en caso contrario deben mantenerse húmedas hasta que se ensayen.
- Se anotan su diámetro, altura y peso antes de ser ensayadas (MTC E-704: Concreto, 2016).

Ilustración 58. Medición de altura de probetas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 59. Medición de diámetro de probetas



Fuente: Elaboración propia

- Se coloca el cilindro en el bloque inferior y se alinea al eje del centro de presión del bloque superior. Posterior a su ensayo se debe registrar la carga máxima obtenida en la máquina de compresión.

Ilustración 60. Rotura de probetas



Fuente: Elaboración propia

b. Criterios de selección:

- Las probetas no deben ser ensayadas en el caso en el que el diámetro individual de un cilindro difiera del otro diámetro del mismo cilindro por más de un 2%. (ASTM C39).
- Probetas que no presenten cangrejeras o segregación alguna en su cuerpo y/o forma antes de ser ensayadas.
- Los cilindros se deben romper dentro de las siguientes tolerancias:

TABLA 80. TOLERANCIAS DE EDAD DE ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES

| Edad del Ensayo | Edad del Ensayo |
|-----------------|------------------|
| 12 horas | 0.25 o 2.1% |
| 24 horas | 0.5 horas o 2.1% |
| 3 días | 2 horas o 2.28% |
| 7 días | 6 horas o 3.6% |
| 28 días | 20 horas o 3% |
| 56 días | 40 horas o 3% |
| 90 días | 2 días o 2.2% |

Fuente: Ensayos de Materiales, MTC 2016

c. Cálculos:

Para calcular la resistencia a la compresión se divide la carga máxima, obtenida en la máquina, entre el área de la superficie a ser ensayada del cilindro.

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

Donde:

f'c: Resistencia a la compresión. (kgf/cm²)

P: Carga máxima. (kgf)

A: Área de ensayo. (cm²)

d. Resultados:

Se ensayaron cilindros de resistencia 280 kgf/cm² a los 7 días edad para diferentes dosificaciones de fibras, con el objetivo de determinar la dosificación óptima. Los resultados para las pruebas de concreto con fibras son las siguientes:

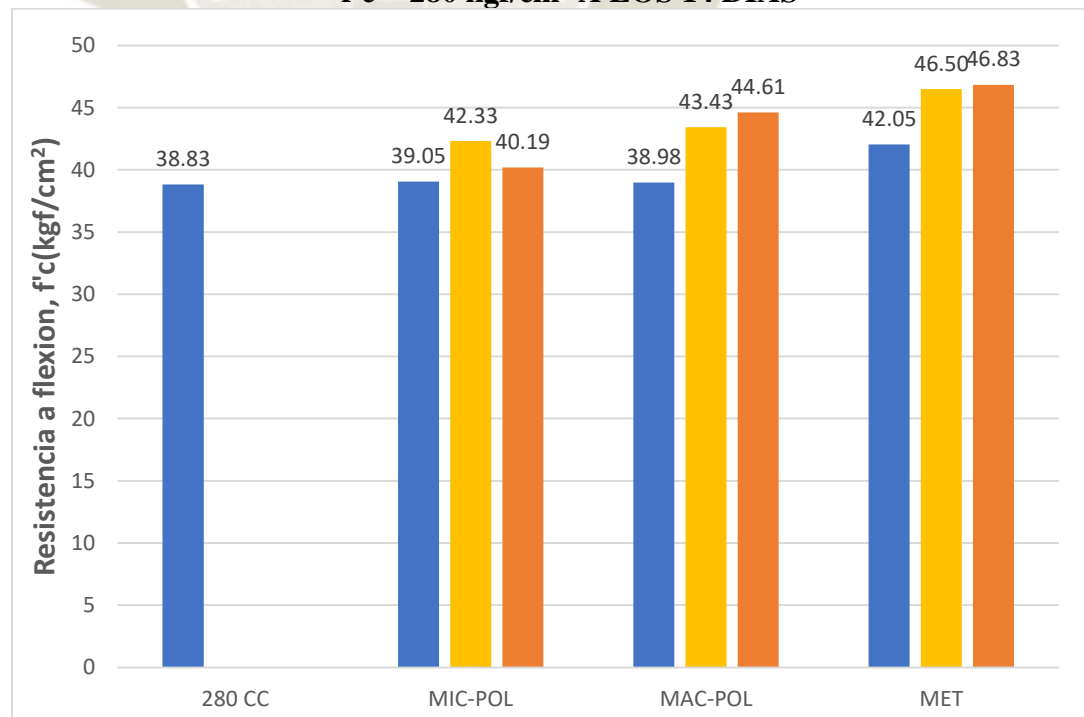
TABLA 81. RESISTENCIA A COMPRESIÓN f'c = 280 kgf/cm² PARA DIVERSAS DOSIFICACIONES

| Tipo de Concreto | Dosificación (kgf/m ³) | f'c (kgf/cm ²) | f'c (prom) | Desviación | Variación (%) | |
|------------------|------------------------------------|----------------------------|------------|------------|---------------|--------|
| PATRÓN | - | 210 | 218.33 | 7.64 | - | |
| | - | 220 | | | | |
| | - | 225 | | | | |
| MIC-POL | 0.5 | 247 | 250.00 | 13.75 | 12.67% | |
| | 0.5 | 265 | | | | |
| | 0.5 | 238 | | | | |
| | 1 | 1 | 280 | 286.00 | 7.94 | 23.66% |
| | | 1 | 283 | | | |
| | | 1 | 295 | | | |
| | 1.5 | 1.5 | 276 | 279.00 | 3.00 | 21.74% |
| | | 1.5 | 279 | | | |
| | | 1.5 | 282 | | | |

| Tipo de Concreto | Dosificación (kgf/m ³) | f'c (kgf/cm ²) | f'c (prom) | Desviación | Variación (%) |
|------------------|------------------------------------|----------------------------|------------|------------|---------------|
| MAC-POL | 2 | 217 | 225.00 | 8.54 | 3.05% |
| | 2 | 224 | | | |
| | 2 | 234 | | | |
| | 4 | 264 | 275.00 | 11.00 | 20.61% |
| | 4 | 275 | | | |
| | 4 | 286 | | | |
| | 6 | 255 | 257.67 | 2.52 | 15.27% |
| | 6 | 258 | | | |
| 6 | 260 | | | | |
| MET | 20 | 257 | 267.33 | 13.05 | 22.44% |
| | 20 | 263 | | | |
| | 20 | 282 | | | |
| | 30 | 272 | 275.67 | 4.04 | 26.26% |
| | 30 | 275 | | | |
| | 30 | 280 | | | |
| | 50 | 285 | 287.33 | 2.52 | 24.01% |
| | 50 | 287 | | | |
| 50 | 290 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 3. DOSIFICACIONES DE FIBRAS A COMPRESIÓN
f'c = 280 kgf/cm² A LOS 14 DÍAS**



Fuente: Elaboración propia

- En macro fibras de polipropileno, se decidió por la dosificación de 1 kgf/m³ ya que aumenta su resistencia en un 23.66%.
- Para macro fibras de polipropileno, se decidió por la dosificación de 4 kgf/m³ ya que, aumenta en un 20.61% la resistencia a compresión, mientras que la dosificación de 2 kgf/m³ solo aumenta un 3.05% y 6 kgf/m³ se mantiene en un 15.27%.
- En las fibras metálicas la resistencia a la compresión aumenta progresivamente con forme se le vaya aumentando fibra, hasta la dosificación de 50 kgf/m³.
- Los resultados obtenidos en la prueba de dosificación para compresión se compararán con los resultados de la prueba a flexión. (Ver Gráfica 13)

Los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días de edad para la resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 82. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm ²) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 210 | 218.33 | --- | 7.64 | 3.50% |
| | 220 | 218.33 | | | |
| | 225 | | | | |
| MIC-POL | 280 | 286.00 | 30.99% | 7.94 | 2.78% |
| | 283 | | | | |
| | 295 | | | | |
| MAC-POL | 290 | 293.33 | 34.35% | 3.06 | 1.04% |
| | 294 | | | | |
| | 296 | | | | |
| MET | 275 | 275.67 | 26.26% | 4.04 | 1.47% |
| | 280 | | | | |
| | 272 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 83. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 321 | 325.67 | --- | 4.51 | 1.38% |
| | 330 | | | | |
| | 326 | | | | |
| MIC-POL | 361 | 358.67 | 10.13% | 4.04 | 1.13% |
| | 361 | | | | |
| | 354 | | | | |
| MAC-POL | 340 | 339.00 | 4.09% | 1.00 | 0.29% |
| | 338 | | | | |
| | 339 | | | | |
| MET | 380 | 379.33 | 16.48% | 2.08 | 0.55% |
| | 381 | | | | |
| | 377 | | | | |

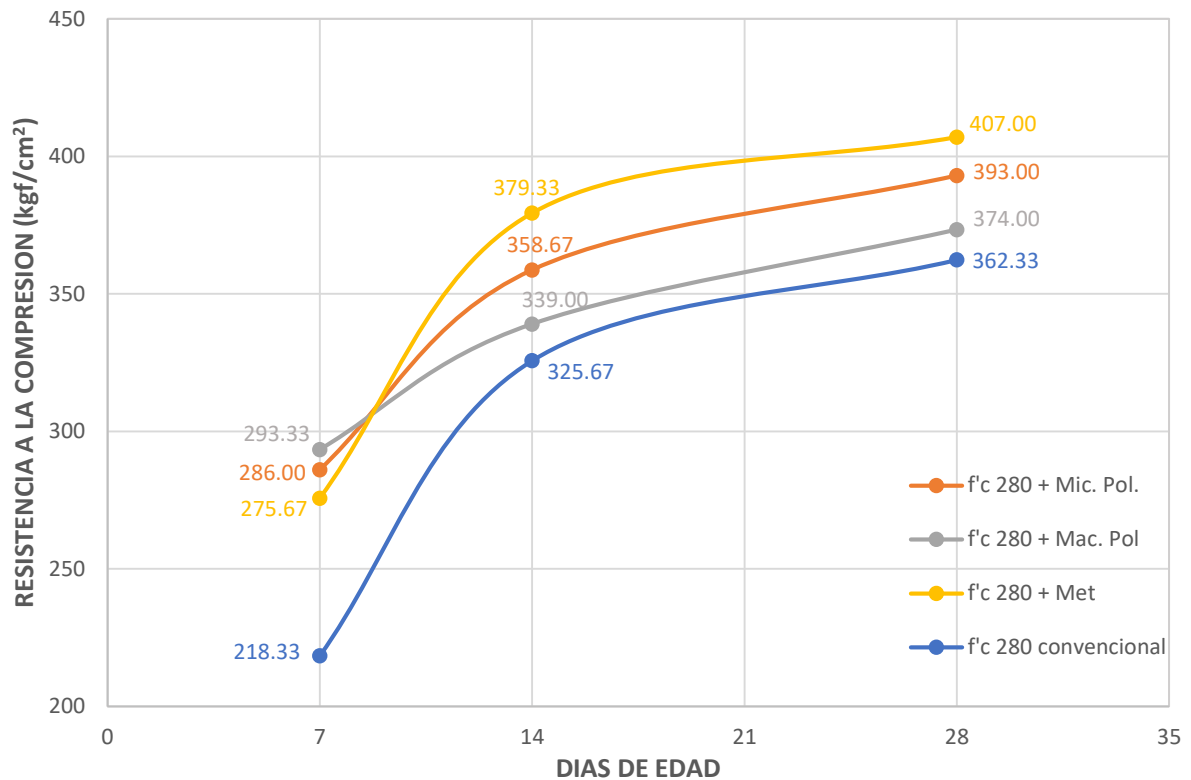
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 84. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 360 | 362.33 | --- | 2.08 | 0.57% |
| | 364 | | | | |
| | 363 | | | | |
| MIC-POL | 394 | 393 | 8.46% | 2.65 | 0.67% |
| | 390 | | | | |
| | 395 | | | | |
| MAC-POL | 374 | 374 | 3.22% | 2.00 | 0.53% |
| | 372 | | | | |
| | 376 | | | | |
| MET | 410 | 407 | 12.33% | 2.65 | 0.65% |
| | 405 | | | | |
| | 406 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 4. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD.**



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar las micro fibras de polipropileno tienen un $f'c$ alto a los 7 días, esto se debe a que reduce la contracción plástica o fisuración en las primero 24 horas, mientras que las macro fibras de polipropileno y metálicas tienen un desarrollo alto a los 28 días, esto se repite en las resistencias posteriores.

Los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días de edad para la resistencia a la compresión de $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 85. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 229 | 230.33 | --- | 1.53 | 0.66% |
| | 230 | | | | |
| | 232 | | | | |
| MIC-POL | 305 | 308.33 | 33.86% | 3.06 | 0.99% |
| | 309 | | | | |
| | 311 | | | | |
| MAC-POL | 312 | 312.33 | 35.60% | 2.52 | 0.81% |
| | 310 | | | | |
| | 315 | | | | |
| MET | 311 | 312.67 | 35.75% | 4.73 | 1.51% |
| | 309 | | | | |
| | 318 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 86. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 342 | 344.67 | --- | 2.52 | 0.73% |
| | 345 | | | | |
| | 347 | | | | |
| MIC-POL | 387 | 383.33 | 11.22% | 3.51 | 0.92% |
| | 383 | | | | |
| | 380 | | | | |
| MAC-POL | 343 | 351.33 | 1.93% | 7.64 | 2.17% |
| | 353 | | | | |
| | 358 | | | | |
| MET | 398 | 401.67 | 16.54% | 3.51 | 0.87% |
| | 405 | | | | |
| | 402 | | | | |

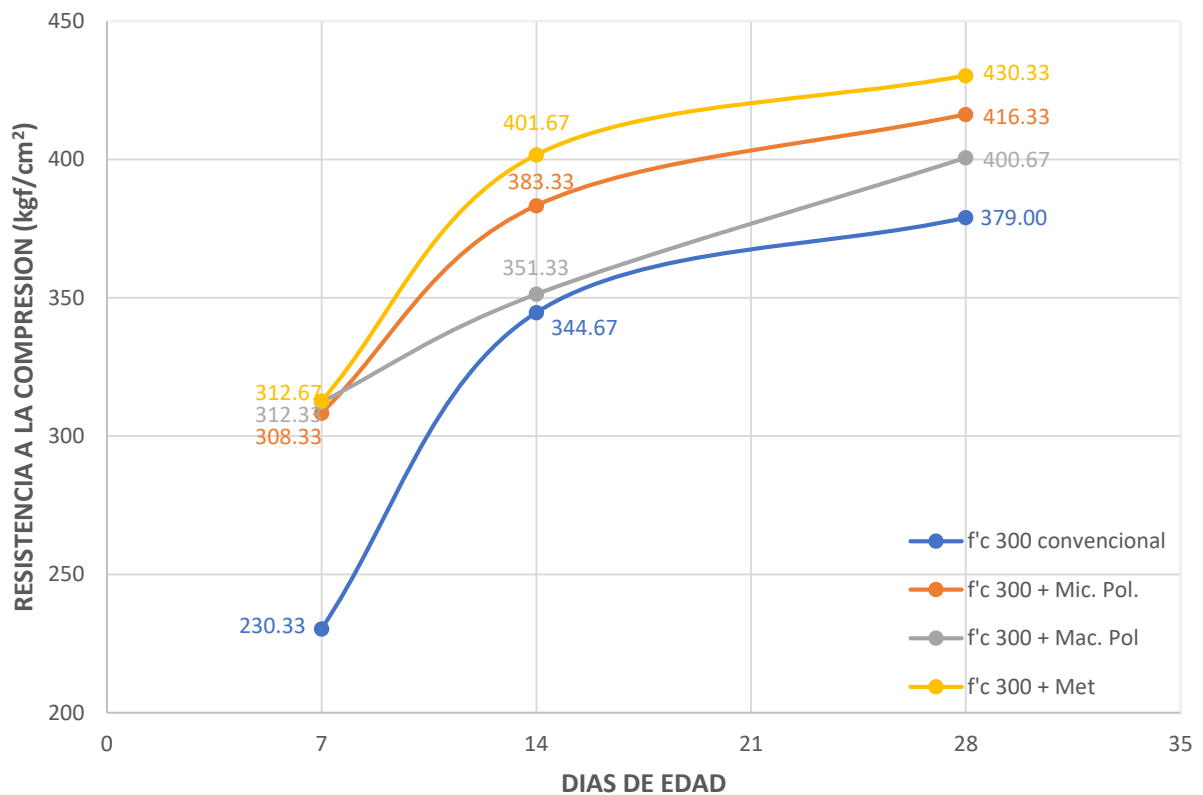
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 87. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm ²) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 382 | 379 | --- | 2.65 | 0.70% |
| | 377 | | | | |
| | 378 | | | | |
| MIC-POL | 420 | 416.33 | 9.85% | 3.21 | 0.77% |
| | 415 | | | | |
| | 414 | | | | |
| MAC-POL | 397 | 400.67 | 5.72% | 4.04 | 1.01% |
| | 405 | | | | |
| | 400 | | | | |
| MET | 429 | 430.33 | 13.54% | 4.16 | 0.97% |
| | 435 | | | | |
| | 427 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 5. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN
 $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días de edad para la resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 88. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'c$ (kgf/cm ²) | $f'c$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 259 | 259 | --- | 2.00 | 0.77% |
| | 261 | | | | |
| | 257 | | | | |
| MIC-POL | 379 | 379 | 46.33% | 7.00 | 1.85% |
| | 372 | | | | |
| | 386 | | | | |
| MAC-POL | 356 | 355.67 | 37.32% | 3.51 | 0.99% |
| | 359 | | | | |
| | 352 | | | | |
| MET | 349 | 352.67 | 36.17% | 3.51 | 1.00% |
| | 353 | | | | |
| | 356 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 89. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'c$ (kgf/cm ²) | $f'c$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 386 | 383.67 | --- | 6.81 | 1.77% |
| | 389 | | | | |
| | 376 | | | | |
| MIC-POL | 412 | 407.33 | 6.17% | 5.03 | 1.24% |
| | 408 | | | | |
| | 402 | | | | |
| MAC-POL | 399 | 403.67 | 5.21% | 4.16 | 1.03% |
| | 405 | | | | |
| | 407 | | | | |
| MET | 453 | 454.33 | 18.42% | 1.53 | 0.34% |
| | 454 | | | | |
| | 456 | | | | |

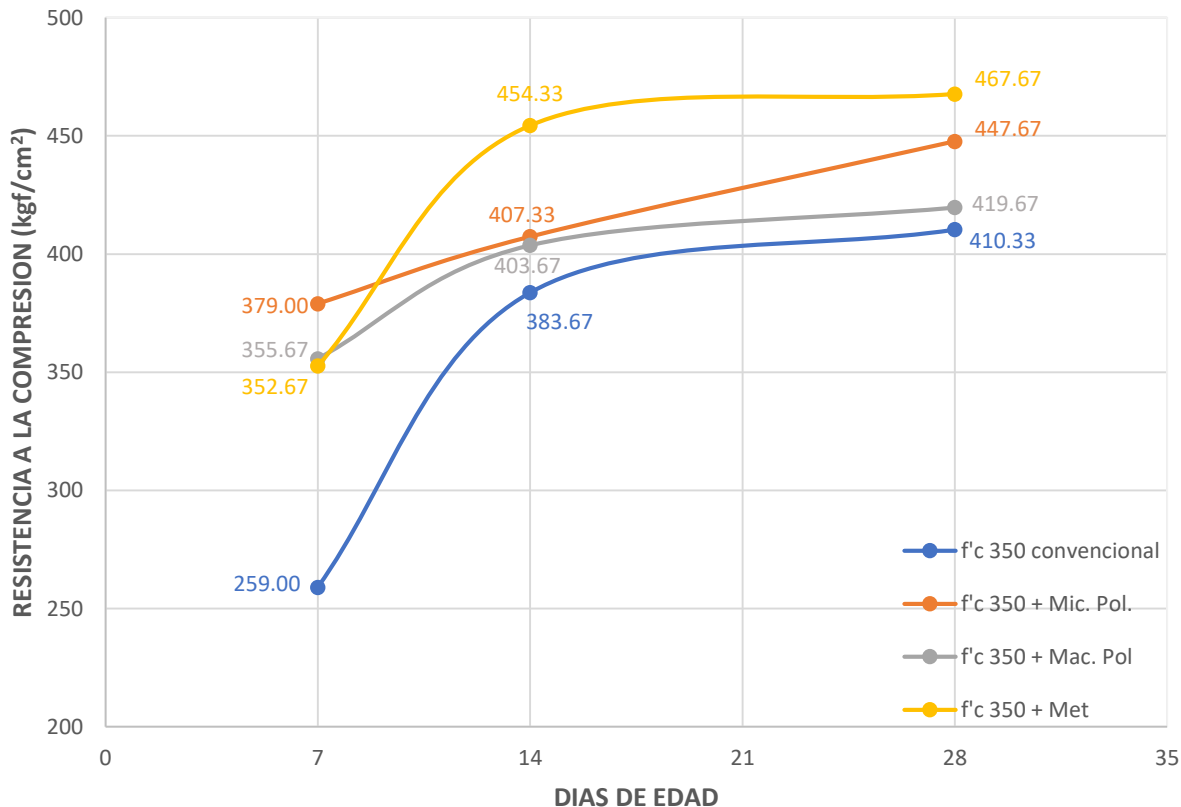
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 90. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 35 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm ²) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 408 | 410.33 | --- | 2.08 | 0.51% |
| | 411 | | | | |
| | 412 | | | | |
| MIC-POL | 443 | 447.67 | 9.10% | 5.03 | 1.12% |
| | 447 | | | | |
| | 453 | | | | |
| MAC-POL | 422 | 419.67 | 2.28% | 2.52 | 0.60% |
| | 420 | | | | |
| | 417 | | | | |
| MET | 466 | 467.67 | 13.97% | 3.79 | 0.81% |
| | 465 | | | | |
| | 472 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 6. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días de edad para la resistencia a la compresión de $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 91. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 310 | 309.67 | --- | 1.53 | 0.49% |
| | 311 | | | | |
| | 308 | | | | |
| MIC-POL | 425 | 425.33 | 37.35% | 4.51 | 1.06% |
| | 430 | | | | |
| | 421 | | | | |
| MAC-POL | 419 | 418.67 | 35.20% | 3.51 | 0.84% |
| | 415 | | | | |
| | 422 | | | | |
| MET | 430 | 423 | 36.60% | 6.08 | 1.44% |
| | 419 | | | | |
| | 420 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 92. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm^2) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 463 | 478.67 | --- | 13.58 | 2.84% |
| | 486 | | | | |
| | 487 | | | | |
| MIC-POL | 538 | 536.67 | 12.12% | 4.16 | 0.78% |
| | 532 | | | | |
| | 540 | | | | |
| MAC-POL | 496 | 492.33 | 2.86% | 4.04 | 0.82% |
| | 493 | | | | |
| | 488 | | | | |
| MET | 506 | 506.33 | 5.78% | 8.50 | 1.68% |
| | 515 | | | | |
| | 498 | | | | |

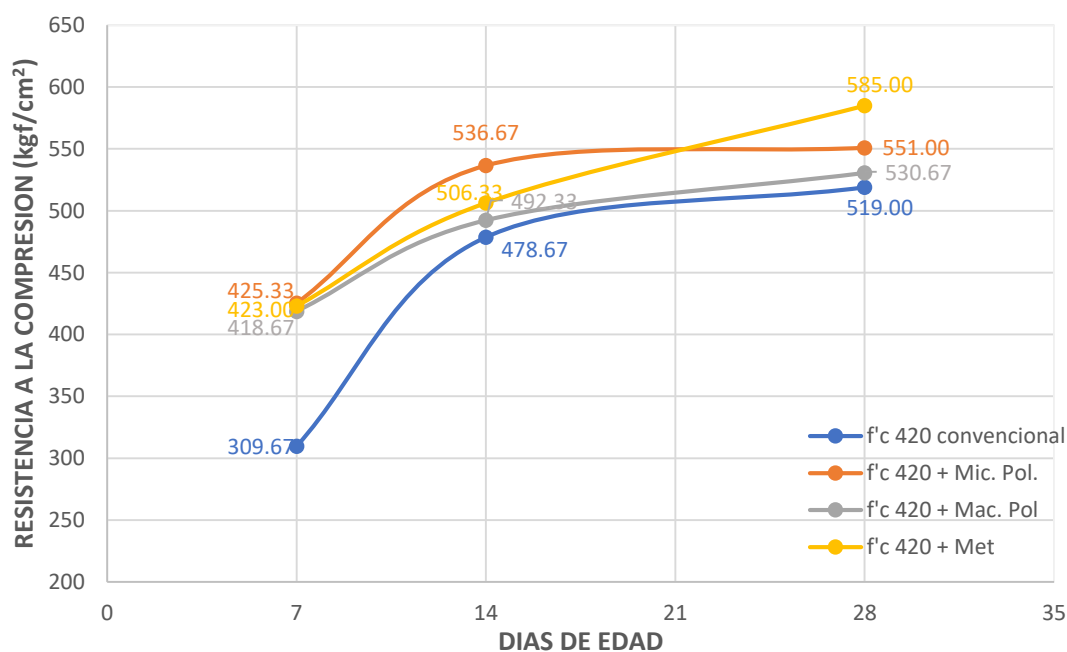
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 93. RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm ²) | $f'cr$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 514 | 519 | --- | 7.00 | 1.35% |
| | 516 | | | | |
| | 527 | | | | |
| MIC-POL | 548 | 551 | 6.17% | 3.61 | 0.65% |
| | 550 | | | | |
| | 555 | | | | |
| MAC-POL | 528 | 530.67 | 2.25% | 3.06 | 0.58% |
| | 534 | | | | |
| | 530 | | | | |
| MET | 580 | 585 | 12.72% | 4.36 | 0.75% |
| | 588 | | | | |
| | 587 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 7. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

La adhesión de fibras metálicas mejora notablemente la resistencia a la compresión a comparación de las fibras de polipropileno, sin embargo, tienen una resistencia inicial baja en comparación a las otras dos fibras, esto se repite en todas las resistencias anteriores.

5.4.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

El concreto presenta una resistencia a la tracción baja, generalmente del 10% al 15% del f'_c , este indicador se evalúa a tracción indirecta o flexo-tracción.

NORMATIVA: MTC E-708: Concreto. Ensayo de tracción indirecta de cilindros estándares de concreto.

a. Procedimiento:

- Al igual que el ensayo de resistencia a la compresión, los especímenes deben ensayarse inmediatamente después de ser extraídos de su fosa de curado.
- Se mide el diámetro y longitud del espécimen, ambos con aproximaciones de 0.25 mm.
- Se coloca el cilindro dentro del molde y su placa superior. Posterior al ensayo se anotará la carga máxima obtenida (MTC E-708: Concreto, 2016).

Ilustración 61. Colocación molde de tracción indirecta



Fuente: Elaboración Propia.

b. Criterios de selección:

- Probetas cuyos diámetros no varíen más de $150 \pm 3\text{mm}$ y $300 \pm 6\text{mm}$ en longitud.
- Probetas que no presenten cangrejeras o segregación alguna en su cuerpo y/o forma antes de ser ensayadas.

c. Cálculos:

La resistencia a la tracción indirecta, se calcula multiplicando 2 veces la carga máxima entre su longitud y diámetro.

$$f't = \frac{2P}{\pi Ld}$$

Donde:

f't: Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm²)

P: Carga máxima (kgf)

L: Longitud del cilindro (cm²)

d: Diámetro del cilindro (cm)

d. Resultados:

Los resultados obtenidos a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto f'c = 280 kgf/cm² se detallan a continuación:

**TABLA 94. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
f'c = 280 kgf/cm² A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | f't (kgf/cm ²) | f't Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|----------------------------|--------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 27 | 27 | --- | 1.00 | 3.70% |
| | 28 | | | | |
| | 26 | | | | |
| MIC-POL | 38 | 37.33 | 38.26% | 0.58 | 1.55% |
| | 37 | | | | |
| | 37 | | | | |
| MAC-POL | 36 | 35.67 | 32.11% | 0.58 | 1.62% |
| | 35 | | | | |
| | 36 | | | | |
| MET | 38 | 37.67 | 39.52% | 0.58 | 1.53% |
| | 38 | | | | |
| | 37 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 95. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 36 | 36.67 | --- | 1.15 | 3.15% |
| | 38 | | | | |
| | 36 | | | | |
| MIC-POL | 41 | 40.33 | 10.00% | 1.15 | 2.86% |
| | 39 | | | | |
| | 41 | | | | |
| MAC-POL | 43 | 42.67 | 16.36% | 0.58 | 1.35% |
| | 43 | | | | |
| | 42 | | | | |
| MET | 48 | 45.67 | 24.55% | 2.08 | 4.56% |
| | 45 | | | | |
| | 44 | | | | |

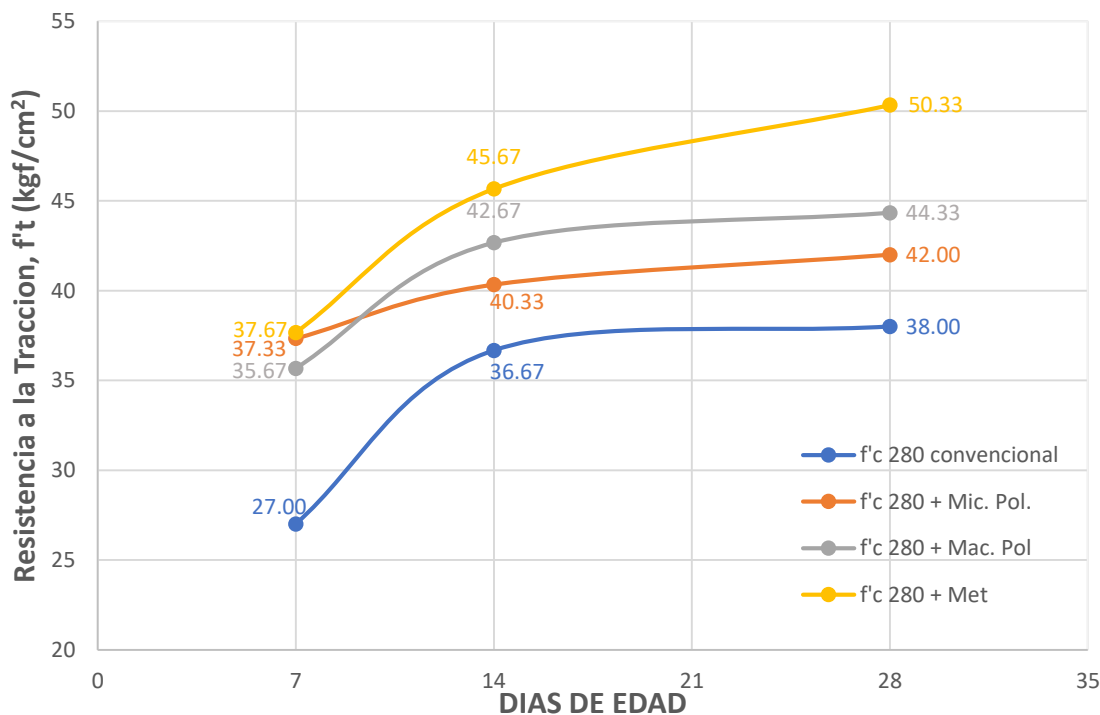
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 96. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 38 | 38 | --- | 1.00 | 2.63% |
| | 39 | | | | |
| | 37 | | | | |
| MIC-POL | 41 | 42 | 10.53% | 1.00 | 2.38% |
| | 43 | | | | |
| | 42 | | | | |
| MAC-POL | 45 | 44.33 | 16.67% | 0.58 | 1.30% |
| | 44 | | | | |
| | 44 | | | | |
| MET | 49 | 50.33 | 32.46% | 1.15 | 2.29% |
| | 51 | | | | |
| | 51 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 8. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 97. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 30 | 29.67 | --- | 0.58 | 1.95% |
| | 30 | | | | |
| | 29 | | | | |
| MIC-POL | 38 | 37.67 | 26.96% | 1.53 | 4.06% |
| | 39 | | | | |
| | 36 | | | | |
| MAC-POL | 38 | 34.67 | 16.85% | 3.06 | 8.81% |
| | 34 | | | | |
| | 32 | | | | |
| MET | 39 | 37.33 | 25.82% | 2.08 | 5.58% |
| | 38 | | | | |
| | 35 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 98. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 39 | 37.33 | --- | 1.53 | 4.09% |
| | 37 | | | | |
| | 36 | | | | |
| MIC-POL | 42 | 39.33 | 5.36% | 2.31 | 5.87% |
| | 38 | | | | |
| | 38 | | | | |
| MAC-POL | 44 | 43.67 | 16.96% | 1.53 | 3.50% |
| | 45 | | | | |
| | 42 | | | | |
| MET | 43 | 44.33 | 18.75% | 1.53 | 3.45% |
| | 44 | | | | |
| | 46 | | | | |

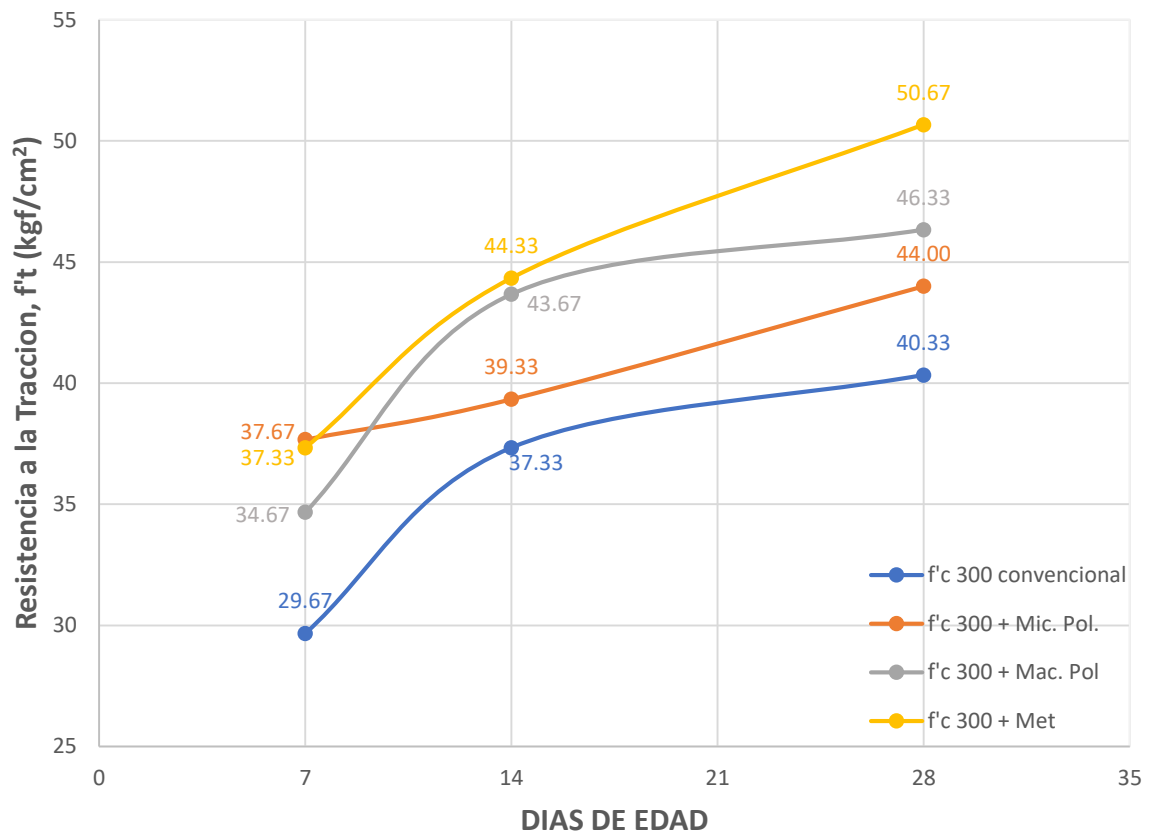
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 99. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 39 | 40.33 | --- | 1.53 | 3.79% |
| | 40 | | | | |
| | 42 | | | | |
| MIC-POL | 42 | 44 | 9.09% | 2.00 | 4.55% |
| | 44 | | | | |
| | 46 | | | | |
| MAC-POL | 45 | 46.33 | 14.88% | 1.53 | 3.30% |
| | 46 | | | | |
| | 48 | | | | |
| MET | 48 | 50.67 | 25.62% | 2.52 | 4.97% |
| | 51 | | | | |
| | 53 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 9. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 100. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 29 | 30.33 | --- | 1.15 | 3.81% |
| | 31 | | | | |
| | 31 | | | | |
| MIC-POL | 41 | 41.33 | 36.27% | 0.58 | 1.40% |
| | 42 | | | | |
| | 41 | | | | |
| MAC-POL | 40 | 40.67 | 34.09% | 1.15 | 2.84% |
| | 42 | | | | |
| | 40 | | | | |
| MET | 46 | 47.67 | 57.17% | 1.53 | 3.20% |
| | 48 | | | | |
| | 49 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 101. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 40 | 40.33 | --- | 0.58 | 1.43% |
| | 40 | | | | |
| | 41 | | | | |
| MIC-POL | 45 | 46 | 14.05% | 1.00 | 2.17% |
| | 46 | | | | |
| | 47 | | | | |
| MAC-POL | 49 | 48.33 | 19.83% | 0.58 | 1.19% |
| | 48 | | | | |
| | 48 | | | | |
| MET | 55 | 53.33 | 32.23% | 1.53 | 2.86% |
| | 53 | | | | |
| | 52 | | | | |

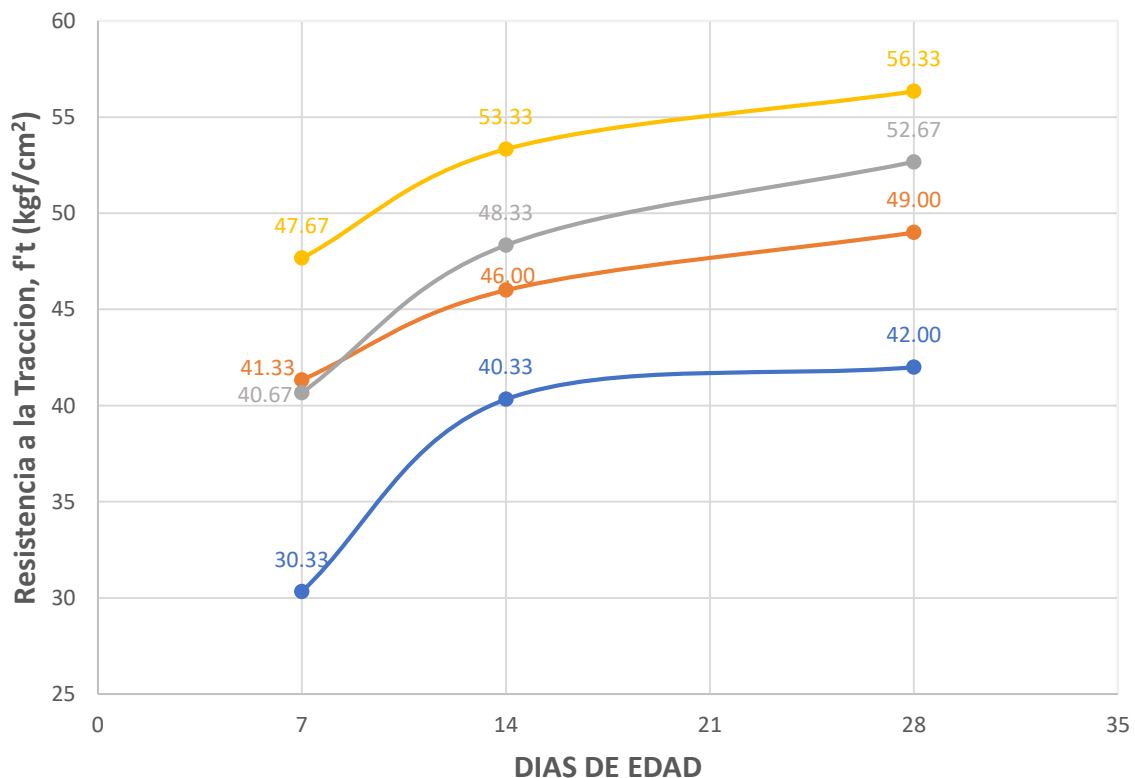
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 102. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 42 | 42 | --- | 0.00 | 0.00% |
| | 42 | | | | |
| | 42 | | | | |
| MIC-POL | 48 | 49 | 16.67% | 1.00 | 2.04% |
| | 50 | | | | |
| | 49 | | | | |
| MAC-POL | 53 | 52.67 | 25.40% | 1.53 | 2.90% |
| | 54 | | | | |
| | 51 | | | | |
| MET | 56 | 56.33 | 34.13% | 1.53 | 2.71% |
| | 55 | | | | |
| | 58 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 10. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 103. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 46 | 46.67 | --- | 1.15 | 2.47% |
| | 46 | | | | |
| | 48 | | | | |
| MIC-POL | 47 | 48.33 | 3.56% | 2.31 | 4.78% |
| | 47 | | | | |
| | 51 | | | | |
| MAC-POL | 53 | 50.67 | 8.57% | 2.52 | 4.97% |
| | 51 | | | | |
| | 48 | | | | |
| MET | 53 | 52 | 11.42% | 3.61 | 6.93% |
| | 55 | | | | |
| | 48 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 104. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 50 | 49.67 | --- | 1.53 | 3.08% |
| | 51 | | | | |
| | 48 | | | | |
| MIC-POL | 55 | 56.33 | 13.42% | 1.53 | 2.71% |
| | 58 | | | | |
| | 56 | | | | |
| MAC-POL | 56 | 56 | 12.75% | 1.00 | 1.79% |
| | 57 | | | | |
| | 55 | | | | |
| MET | 59 | 59.67 | 20.13% | 0.58 | 0.97% |
| | 60 | | | | |
| | 60 | | | | |

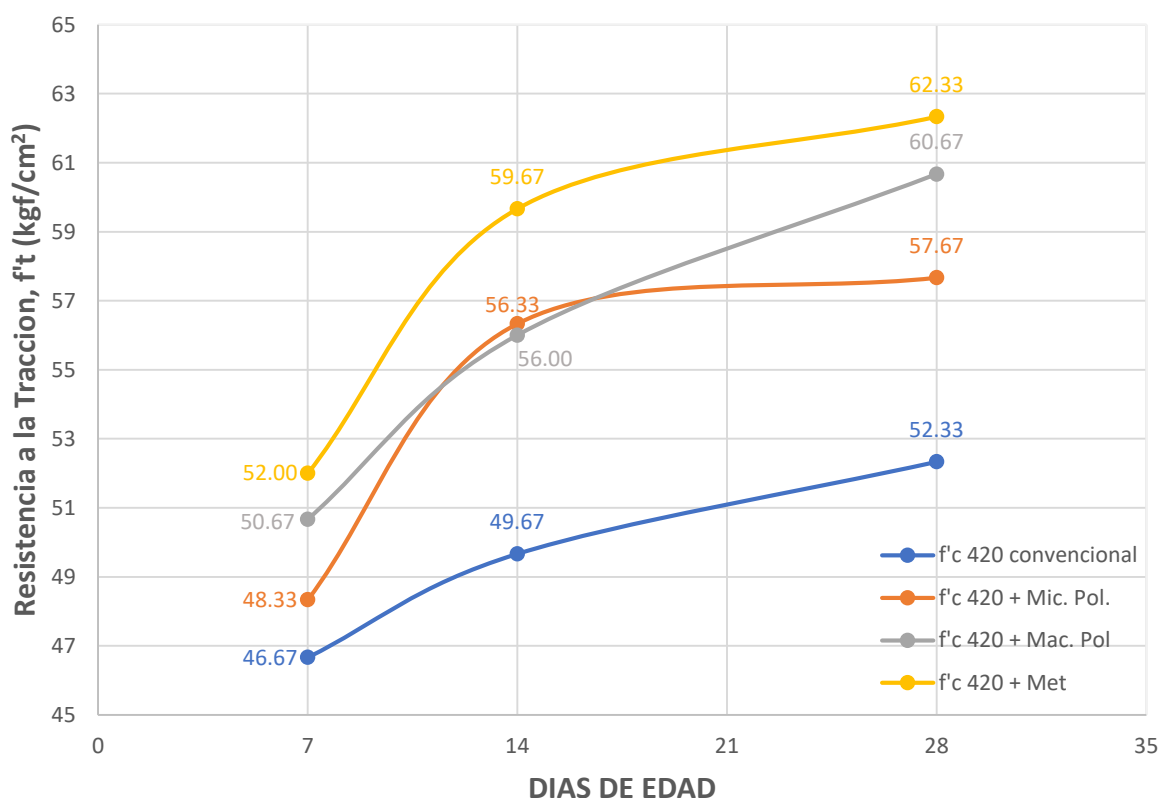
Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 105. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 52 | 52.33 | --- | 0.58 | 1.10% |
| | 52 | | | | |
| | 53 | | | | |
| MIC-POL | 59 | 57.67 | 10.19% | 1.53 | 2.65% |
| | 56 | | | | |
| | 58 | | | | |
| MAC-POL | 61 | 60.67 | 15.92% | 1.53 | 2.52% |
| | 62 | | | | |
| | 59 | | | | |
| MET | 65 | 62.33 | 19.11% | 2.52 | 4.04% |
| | 62 | | | | |
| | 60 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfica 11. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A TRACCIÓN INDIRECTA
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN CONCRETO SIMPLE

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo de la viga cargada en los tercios.

NORMATIVA: MTC E-709: Concreto. Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

a. Procedimiento:

- Las vigas deben ensayarse inmediatamente después de ser extraídas de su fosa de curado, ya que si se permite un secado prematuro cabe la posibilidad de obtener resistencias bajas en el ensayo.
- Se toman tres medidas de su ancho, alto y longitud (una en cada borde y en el centro), con una precisión de 1.3 mm.
- Se marca la viga a una distancia de 150 mm en la parte superior y 450 mm en la parte inferior para su posterior colocación en la máquina de flexión (MTC E-709: Concreto, 2016).

Ilustración 62. Marcación de la viga a dos tercios



Fuente: Elaboración Propia

- Se coloca la viga sobre los rodillos inferiores, verificando que tengan una separación de 450 mm, igualmente los rodillos superiores deben estar separados a 150 mm (MTC E-709: Concreto, 2016).

Ilustración 63. Viga simplemente apoyada a dos tercios



Fuente: Elaboración Propia

b. Criterios de selección:

- Vigas que no excedan ± 1.3 mm de variación en su ancho, alto y longitud.
- Las vigas deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%.
- Las superficies laterales de la viga deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior
- Todas las superficies en contacto con los rodillos de carga y de soporte deben estar libres de grietas, agujeros, etc.

c. Cálculos:

Si la fractura fue dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente manera:

$$MR = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

MR: Modulo de rotura (kgf/cm^2)

P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo (kgf)

l: Longitud libre entre apoyos (cm)

b: Ancho promedio de la viga (cm)

d: Altura promedio de la viga (cm)

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente manera:

$$MR = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Donde:

a: Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano (cm)

5.4.4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN CONCRETO FIBROREFORZADO

La resistencia a la flexión de concreto reforzado con fibra se determina de la misma manera que el ensayo anterior, el cual es con la viga cargada en los tercios.

NORMATIVA: ASTM C-1609: Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)

a. Procedimiento:

El procedimiento es similar al anterior ensayo, primero se marca el espécimen a una distancia de 150 mm en la parte superior y 450 mm en la parte inferior, luego se coloca una barra metálica, sujeta por ligas, en el tercio central.

Ilustración 64. Colocación de barra central



Fuente: Elaboración Propia.

Se coloca la viga y la barra metálica en la máquina de flexión, posteriormente se coloca un armazón metálico y debajo de la barra los sensores, los cuales medirán la deformación de la viga después de su falla.

Ilustración 65. Colocación de sensores

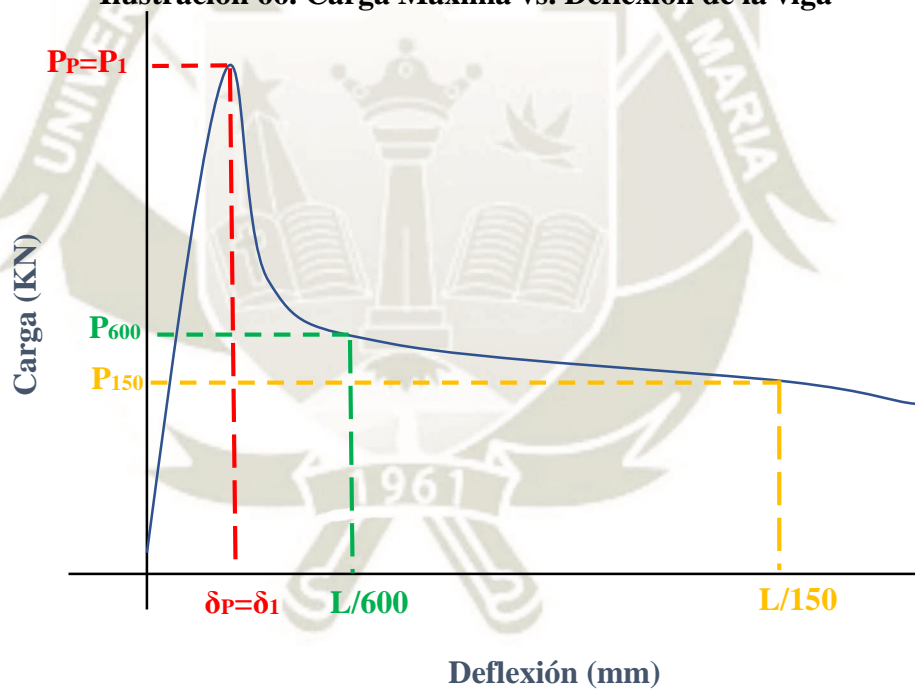


Fuente: Elaboración Propia.

b. Cálculos:

La máquina de flexión nos dará la siguiente gráfica:

Ilustración 66. Carga Máxima vs. Deflexión de la viga



Fuente: ASTM C 1609 y **Elaboración:** Propia.

Donde:

L = Longitud (mm)

$P_p = P_1$ = Primer pico de carga (KN)

$\delta_p = \delta_1$ = Deformación al primer pico de carga (mm)

P_{150} = Carga residual a la deflexión de $L/150$ (KN)

P_{600} = Carga residual a la deflexión de $L/150$ (KN)

c. Resultados:

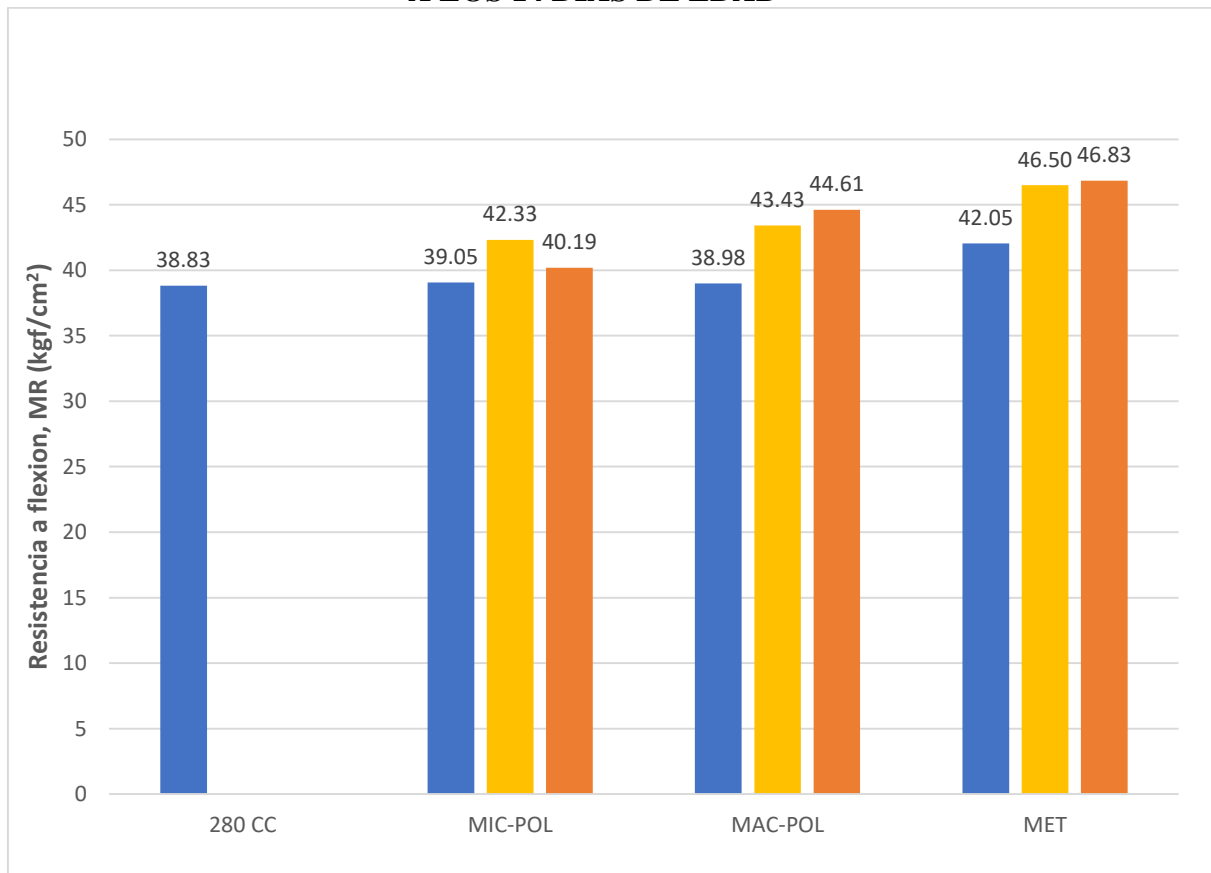
Se ensayaron vigas de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días edad para diferentes dosificaciones de fibras, con el objetivo de determinar la dosificación óptima. Los resultados para las pruebas de concreto con fibras son las siguientes:

TABLA 106. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PARA $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ PARA DIVERSAS DOSIFICACIONES

| Tipo de Concreto | Dosificación (kgf/m ³) | MR (kgf/cm ²) | MR prom | Desviación | Variación (%) | | |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|---------|------------|---------------|--------|-------|
| PATRÓN | - | 39.12 | 38.83 | 0.60 | - | | |
| | - | 39.23 | | | | | |
| | - | 38.14 | | | | | |
| MIC-POL | 0.5 | 39.49 | 39.05 | 0.69 | 0.57% | | |
| | 0.5 | 38.26 | | | | | |
| | 0.5 | 39.41 | | | | | |
| | 1 | 1 | 41.09 | 42.33 | 2.07 | 8.26% | |
| | | 1 | 41.17 | | | | |
| | | 1 | 44.72 | | | | |
| | | 1.5 | 1.5 | 40.62 | 40.19 | 0.56 | 3.38% |
| | | | 1.5 | 40.38 | | | |
| | | | 1.5 | 39.56 | | | |
| MAC-POL | 2 | 38.25 | 38.98 | 0.73 | 0.39% | | |
| | 2 | 39.70 | | | | | |
| | 2 | 39.00 | | | | | |
| | 4 | 4 | 36.94 | 43.43 | 5.75 | 10.58% | |
| | | 4 | 47.89 | | | | |
| | | 4 | 45.45 | | | | |
| | 6 | 6 | 45.80 | 44.61 | 1.07 | 12.95% | |
| | | 6 | 44.27 | | | | |
| | | 6 | 43.75 | | | | |
| MET | 20 | 43.49 | 42.05 | 1.30 | 7.65% | | |
| | 20 | 40.97 | | | | | |
| | 20 | 41.68 | | | | | |
| | 30 | 30 | 47.15 | 46.50 | 0.74 | 16.49% | |
| | | 30 | 45.70 | | | | |
| | | 30 | 46.65 | | | | |
| | 50 | 50 | 46.79 | 46.83 | 1.68 | 17.09% | |
| | | 50 | 48.53 | | | | |
| | | 50 | 45.18 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica 12. DOSIFICACIÓN DE FIBRAS $f'c$ 280 kgf/cm^2 A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

- En fibras de polipropileno la dosificación de $1 \text{ kgf}/\text{m}^3$ se mantiene como la mejor opción como en la resistencia a la compresión.
- En macro fibras hay un aumento significativo en la dosificación de $6 \text{ kgf}/\text{m}^3$, pero se eligió la dosificación de $4 \text{ kgf}/\text{m}^3$ ya que la consistencia y trabajabilidad de la mezcla no son las más óptimas.
- En fibras metálicas la dosificación de $50 \text{ kgf}/\text{m}^3$ se mantiene igual que la dosificación de $30 \text{ kgf}/\text{m}^3$, pero por una cuestión de costos se eligió la de $30 \text{ kgf}/\text{m}^3$.

Los resultados obtenidos a flexión para los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 107. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|--------|
| PATRÓN | 29.26 | 30.28 | --- | 1.12 | 3.70% |
| | 30.12 | | | | |
| | 31.48 | | | | |
| MIC-POL | 41.27 | 39.54 | 30.58% | 4.82 | 12.19% |
| | 34.09 | | | | |
| | 43.25 | | | | |
| MAC-POL | 36.9 | 36.3 | 19.88% | 1.16 | 3.20% |
| | 37.04 | | | | |
| | 34.96 | | | | |
| MET | 39.77 | 38.21 | 26.19% | 1.92 | 5.03% |
| | 38.79 | | | | |
| | 36.06 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 108. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|--------|
| PATRÓN | 40.12 | 39.17 | --- | 2.20 | 5.63% |
| | 40.74 | | | | |
| | 36.65 | | | | |
| MIC-POL | 39.21 | 42.04 | 7.33% | 4.62 | 10.99% |
| | 39.54 | | | | |
| | 47.37 | | | | |
| MAC-POL | 36.94 | 43.43 | 10.87% | 5.75 | 13.24% |
| | 47.89 | | | | |
| | 45.45 | | | | |
| MET | 47.66 | 47.35 | 20.87% | 0.61 | 1.30% |
| | 47.74 | | | | |
| | 46.64 | | | | |

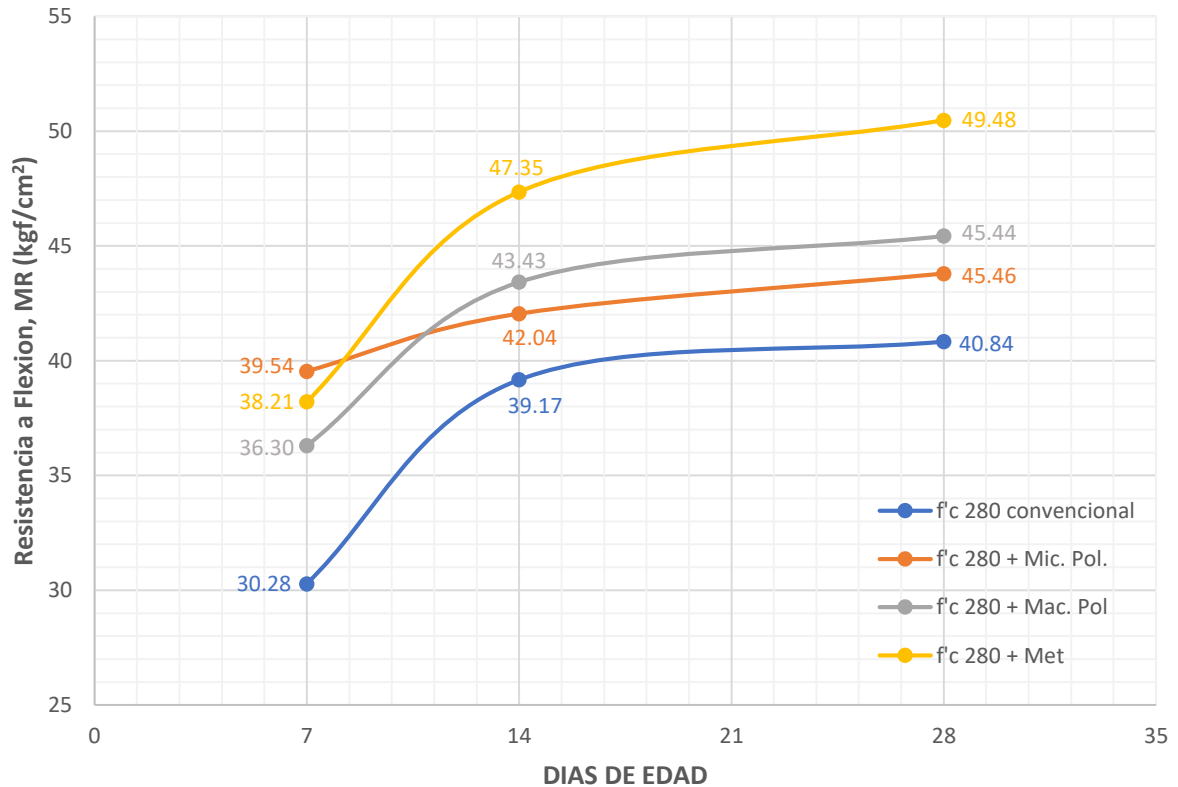
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 109. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 40.93 | 40.84 | --- | 0.11 | 0.26% |
| | 40.86 | | | | |
| | 40.72 | | | | |
| MIC-POL | 45.00 | 45.46 | 11.32% | 0.40 | 0.89% |
| | 45.63 | | | | |
| | 45.75 | | | | |
| MAC-POL | 45.9 | 45.44 | 11.26% | 0.49 | 1.07% |
| | 44.93 | | | | |
| | 45.48 | | | | |
| MET | 48.97 | 49.48 | 21.16% | 0.52 | 1.05% |
| | 49.45 | | | | |
| | 50.01 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 13. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos a flexión para los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 110. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 32.24 | 31.95 | --- | 0.41 | 1.27% |
| | 31.48 | | | | |
| | 32.11 | | | | |
| MIC-POL | 40.78 | 40.44 | 26.57% | 1.60 | 3.96% |
| | 41.85 | | | | |
| | 38.7 | | | | |
| MAC-POL | 42.51 | 38.52 | 20.56% | 3.82 | 9.92% |
| | 38.17 | | | | |
| | 34.89 | | | | |
| MET | 43.7 | 39.67 | 24.16% | 3.75 | 9.44% |
| | 39.03 | | | | |
| | 36.29 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 111. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 39.4 | 39.31 | --- | 0.19 | 0.48% |
| | 39.43 | | | | |
| | 39.09 | | | | |
| MIC-POL | 39.95 | 44.31 | 12.74% | 3.82 | 8.63% |
| | 47.08 | | | | |
| | 45.91 | | | | |
| MAC-POL | 44.83 | 46.92 | 19.36% | 2.89 | 6.17% |
| | 45.7 | | | | |
| | 50.22 | | | | |
| MET | 48.24 | 47.41 | 20.61% | 2.03 | 4.29% |
| | 48.89 | | | | |
| | 45.09 | | | | |

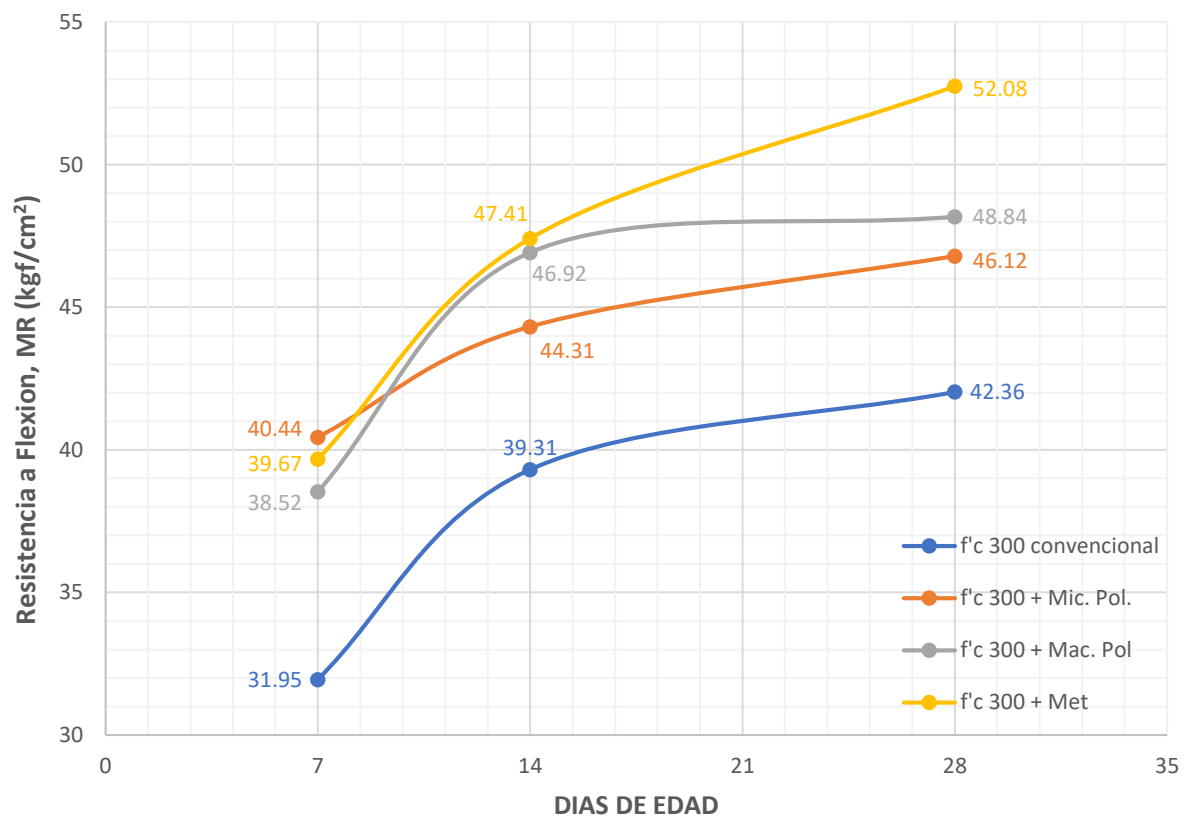
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 112. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 42.12 | 42.36 | --- | 0.39 | 0.92% |
| | 42.15 | | | | |
| | 42.81 | | | | |
| MIC-POL | 45.86 | 46.12 | 8.88% | 0.39 | 0.84% |
| | 45.94 | | | | |
| | 46.57 | | | | |
| MAC-POL | 48.19 | 48.84 | 15.31% | 0.62 | 1.27% |
| | 48.92 | | | | |
| | 49.42 | | | | |
| MET | 51.76 | 52.08 | 22.95% | 0.37 | 0.70% |
| | 52.01 | | | | |
| | 52.48 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 14. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN
 $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos a flexión para los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 113. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|--------|
| PATRÓN | 35.49 | 34.19 | --- | 1.36 | 3.97% |
| | 32.78 | | | | |
| | 34.31 | | | | |
| MIC-POL | 44.59 | 43.03 | 25.86% | 1.58 | 3.67% |
| | 43.08 | | | | |
| | 41.43 | | | | |
| MAC-POL | 43.51 | 41.19 | 20.47% | 4.28 | 10.39% |
| | 43.8 | | | | |
| | 36.25 | | | | |
| MET | 48.58 | 44.82 | 31.09% | 4.09 | 9.13% |
| | 45.40 | | | | |
| | 40.46 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 114. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 43.13 | 43.84 | --- | 0.67 | 1.52% |
| | 43.95 | | | | |
| | 44.45 | | | | |
| MIC-POL | 45.03 | 47.26 | 7.79% | 1.96 | 4.15% |
| | 48.02 | | | | |
| | 48.72 | | | | |
| MAC-POL | 49.8 | 50.77 | 15.81% | 1.69 | 3.32% |
| | 49.8 | | | | |
| | 52.72 | | | | |
| MET | 57.34 | 54.68 | 24.72% | 2.38 | 4.35% |
| | 53.94 | | | | |
| | 52.76 | | | | |

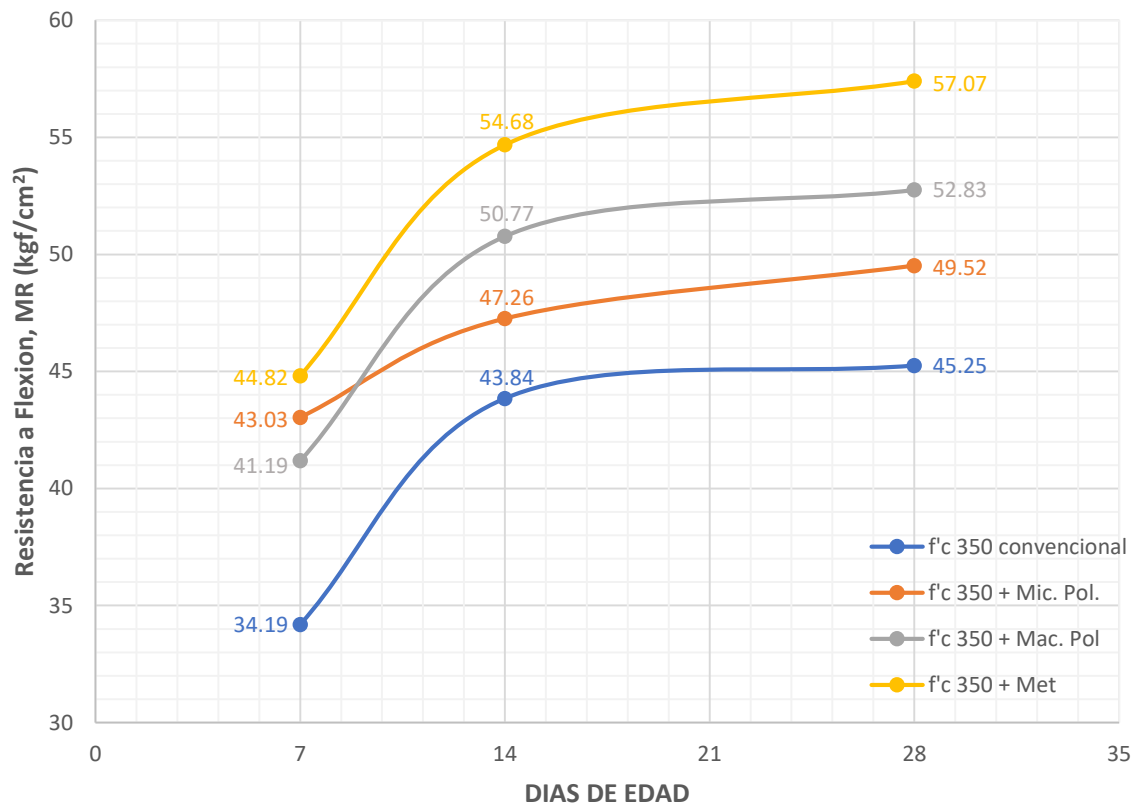
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 115. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 45.3 | 45.25 | --- | 0.50 | 1.11% |
| | 44.72 | | | | |
| | 45.72 | | | | |
| MIC-POL | 49.11 | 49.52 | 9.45% | 1.07 | 2.16% |
| | 50.74 | | | | |
| | 48.72 | | | | |
| MAC-POL | 52.52 | 52.83 | 16.76% | 0.36 | 0.68% |
| | 52.75 | | | | |
| | 53.22 | | | | |
| MET | 56.84 | 57.07 | 26.12% | 0.28 | 0.49% |
| | 56.98 | | | | |
| | 57.38 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 15. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos a flexión para los 7, 14 y 28 días de edad para el concreto $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ se detallan a continuación:

**TABLA 116. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 44.65 | 45.73 | --- | 1.04 | 2.28% |
| | 46.73 | | | | |
| | 45.81 | | | | |
| MIC-POL | 54.72 | 55.61 | 21.61% | 3.19 | 5.74% |
| | 52.97 | | | | |
| | 59.16 | | | | |
| MAC-POL | 54.05 | 52.9 | 15.68% | 1.95 | 3.69% |
| | 50.64 | | | | |
| | 54 | | | | |
| MET | 55.43 | 53.05 | 16.01% | 2.36 | 4.45% |
| | 53.02 | | | | |
| | 50.71 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 117. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm ²) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 54.78 | 53.57 | --- | 1.39 | 2.60% |
| | 53.89 | | | | |
| | 52.05 | | | | |
| MIC-POL | 58.05 | 57.04 | 6.46% | 1.05 | 1.83% |
| | 55.96 | | | | |
| | 57.1 | | | | |
| MAC-POL | 55.06 | 57.06 | 6.51% | 3.16 | 5.54% |
| | 60.71 | | | | |
| | 55.42 | | | | |
| MET | 63.04 | 60.94 | 13.74% | 3.06 | 5.02% |
| | 62.34 | | | | |
| | 57.43 | | | | |

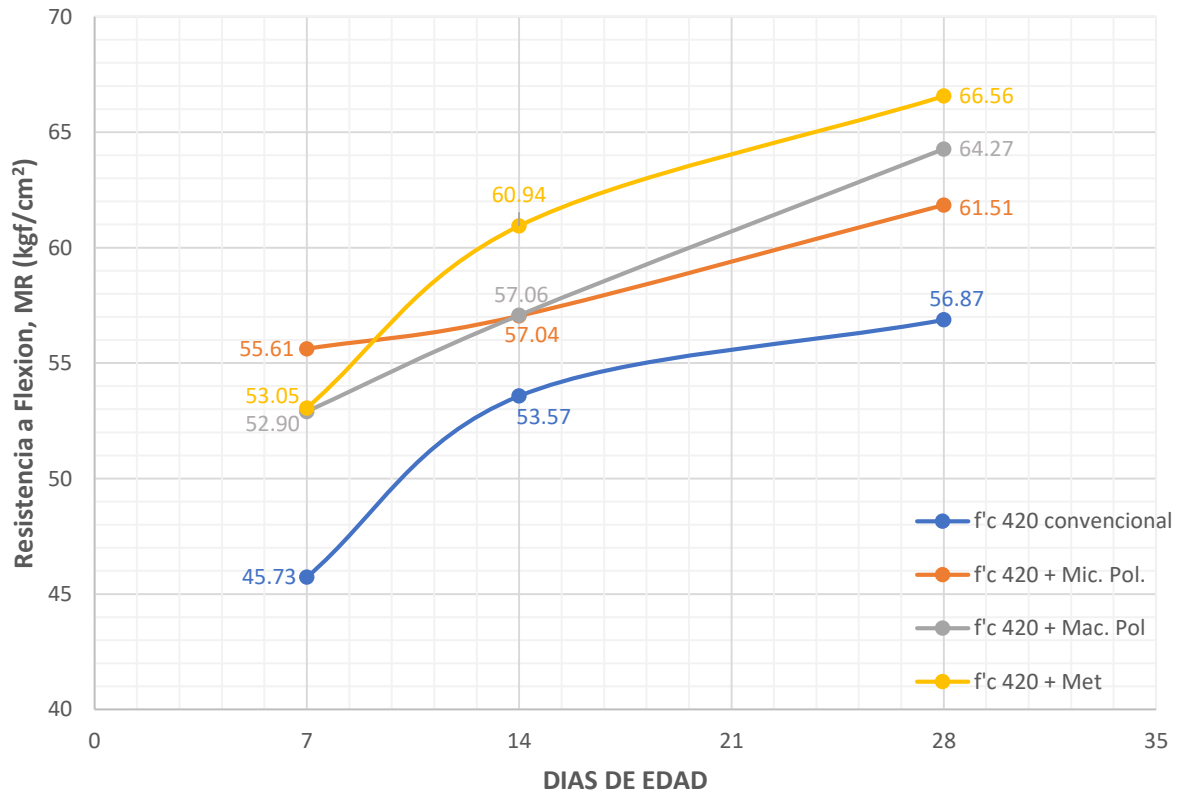
Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 118. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
A LOS 28 DÍAS DE EDAD**

| Tipo de Concreto | MR (kgf/cm^2) | MR Promedio | Variación | Desviación | C.V. |
|------------------|--------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| PATRÓN | 55.79 | 56.87 | --- | 1.35 | 2.37% |
| | 58.38 | | | | |
| | 56.44 | | | | |
| MIC-POL | 61.01 | 61.50 | 8.15% | 0.48 | 0.78% |
| | 61.53 | | | | |
| | 61.97 | | | | |
| MAC-POL | 64.36 | 64.26 | 13.00% | 0.57 | 0.89% |
| | 63.65 | | | | |
| | 64.78 | | | | |
| MET | 65.84 | 66.56 | 17.03% | 2.33 | 3.50% |
| | 69.16 | | | | |
| | 64.67 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 16. CURVA EVOLUTIVA DEL CONCRETO A FLEXIÓN
 $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración Propia

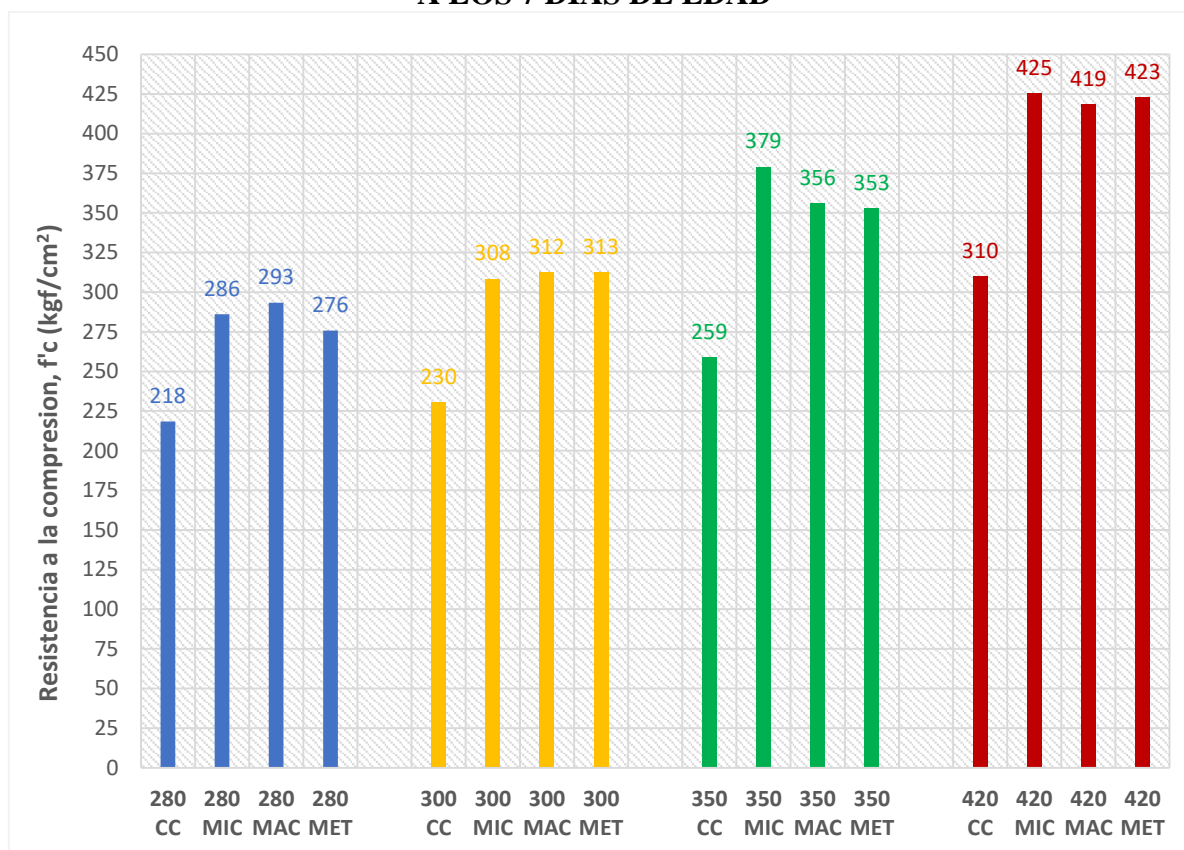
CAPITULO VI

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

6.1.1 ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

Gráfica 17. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

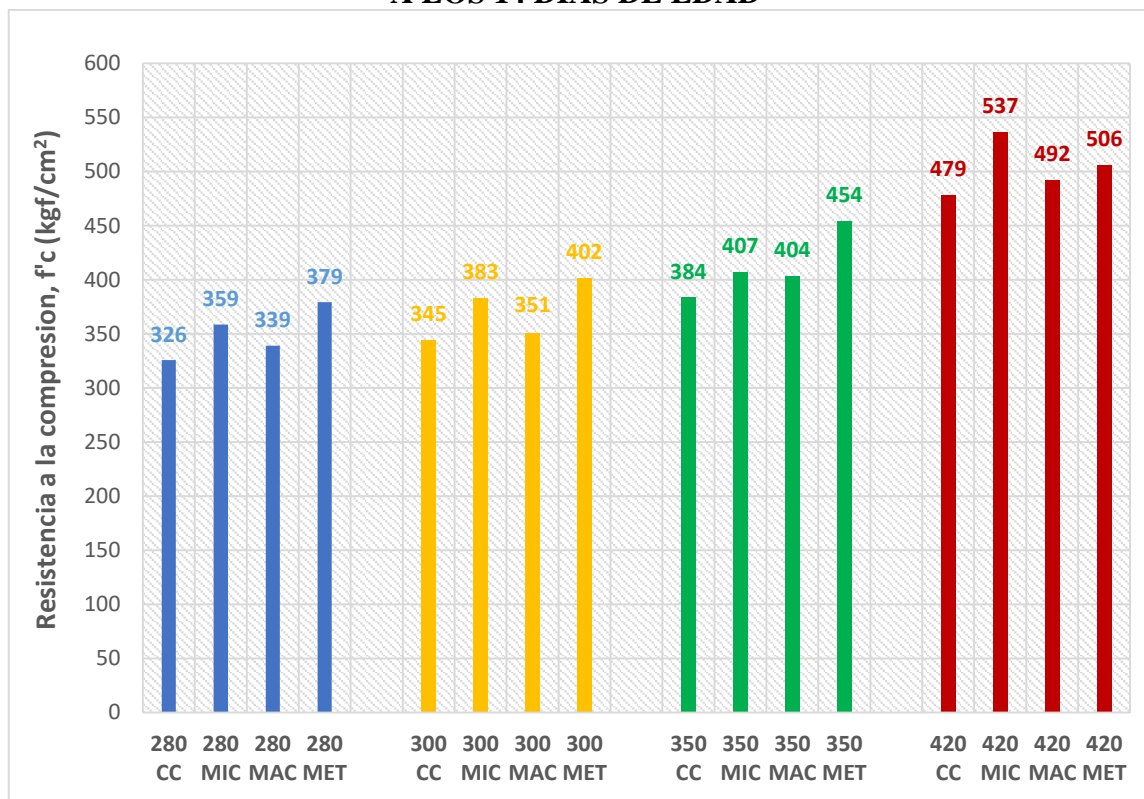
- Las fibras de polipropileno tienen una alta resistencia inicial en comparación a las fibras metálicas, ya que previenen la contracción plástica.
- Las fibras metálicas tienen un incremento bajo en su resistencia a compresión a comparación a las fibras de polipropileno los primeros días de edad.
- Los concretos convencionales llegaron al 60% de la resistencia de diseño f'_{cr} .
- Todos los concretos reforzados con fibras llegaron a cumplir la resistencia de diseño f'_{c} .

De las tablas vistas en el capítulo anterior:

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 30.99%, 34.35% y 26.26%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 33.86%, 35.60% y 35.75%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 46.33%, 37.32% y 36.17%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 37.35%, 35.20% y 36.60%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.49% y el más alto de 3.5%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.99% y el más alto de 2.78%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.81% y el más alto de 1.04%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 1.00% y el más alto de 1.51%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- La desviación estándar más baja fue 1.53 kgf/cm^2 para ambos $f'c = 300$ y $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ convencional, y la más alta fue de 7.94 kgf/cm^2 para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ más micro fibra de polipropileno.

6.1.2 ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

Gráfica 18. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

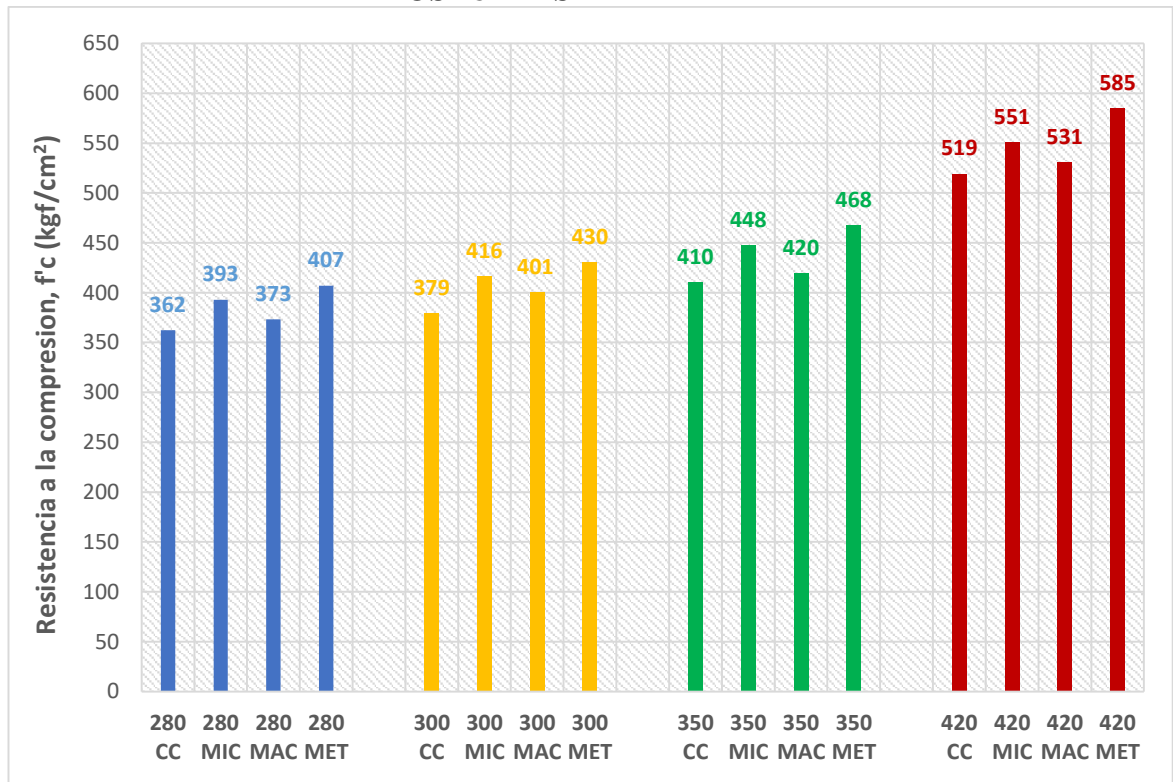
- Las macro fibras de polipropileno tienen un incremento bajo a comparación a las otras dos fibras.
- Las fibras metálicas tienen un incremento alto en comparación a las fibras de polipropileno a los 14 días edad. Esto es porque las macro fibras en general resisten la contracción plástica.
- Los concretos convencionales llegaron al 90% de la resistencia de diseño f'_{cr} .

De las tablas vistas en el capítulo anterior:

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 10.13%, 4.09% y 16.48%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 11.22%, 1.93% y 16.54%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 6.17%, 5.21% y 18.42%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 12.12%, 2.86% y 5.78%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.73% y el más alto de 2.84%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.78% y el más alto de 1.24%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.29% y el más alto de 2.17%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 0.34% y el más alto de 1.68%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- La desviación estándar más baja fue 1.00 kgf/cm^2 para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ más macro fibra de polipropileno, y la más alta fue de 13.58 kgf/cm^2 para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ convencional.

6.1.3 ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

Gráfica 19. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las fibras metálicas son las que mejor desempeño lograron a la compresión a los 28 días de edad, en comparación a las otras fibras.
- Las micro fibras presentan mejor desempeño a la compresión a los 28 días de edad, que las macro fibras de polipropileno.
- Las resistencias de concreto convencional llegaron al menos al 94.5%, en el caso de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, de la resistencia de diseño $f'cr$.
- Los concretos con fibras sobrepasaron la resistencia de diseño $f'cr$ en un 8.28%.

De tablas vistas en el capítulo anterior:

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 8.46%, 3.22% y 12.33%, respectivamente.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 9.85%, 5.72% y 13.54%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 9.10%, 2.28% y 13.97%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 6.17%, 2.25% y 12.72%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.51% y el más alto de 1.35%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.65% y el más alto de 1.12%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.53% y el más alto de 1.01%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 0.65% y el más alto de 0.97%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- La desviación más baja fue de 2 kgf/cm^2 para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ más macro fibra y la más alta de 7 kgf/cm^2 para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ convencional.

Comparación con los resultados de 7 días de edad:

- La resistencia a compresión en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 65.95%, 64.55%, 58.43% y 67.60% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 37.41%, 35.03%, 18.12% y 29.55% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 27.50%, 28.28%, 17.99% y 26.75% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 47.64%, 37.63%, 32.61% y 38.30% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

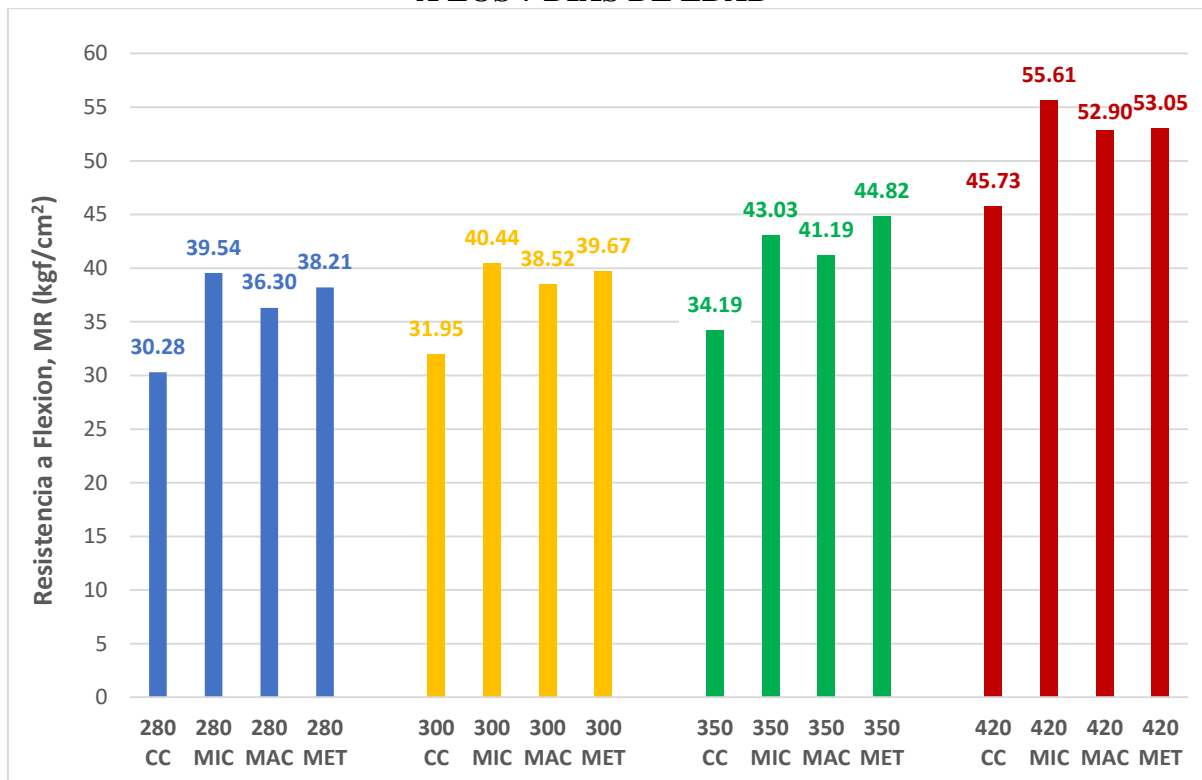
Comparación con los resultados de 14 días de edad:

- La resistencia a compresión en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 11.26%, 9.96%, 6.95% y 8.43% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 9.57%, 8.61%, 9.90% y 2.67% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de macro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 10.32%, 14.04%, 3.96% y 7.79% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a compresión en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 7.29%, 7.14%, 2.94% y 15.54% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

6.2 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

6.2.1 ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

Gráfica 20. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las micro fibras de polipropileno tienen una alta resistencia a la flexión inicialmente en comparación a las macro fibras de polipropileno y metálicas.
- Las macro fibras de polipropileno tienen un incremento bajo en comparación a las otras dos fibras.

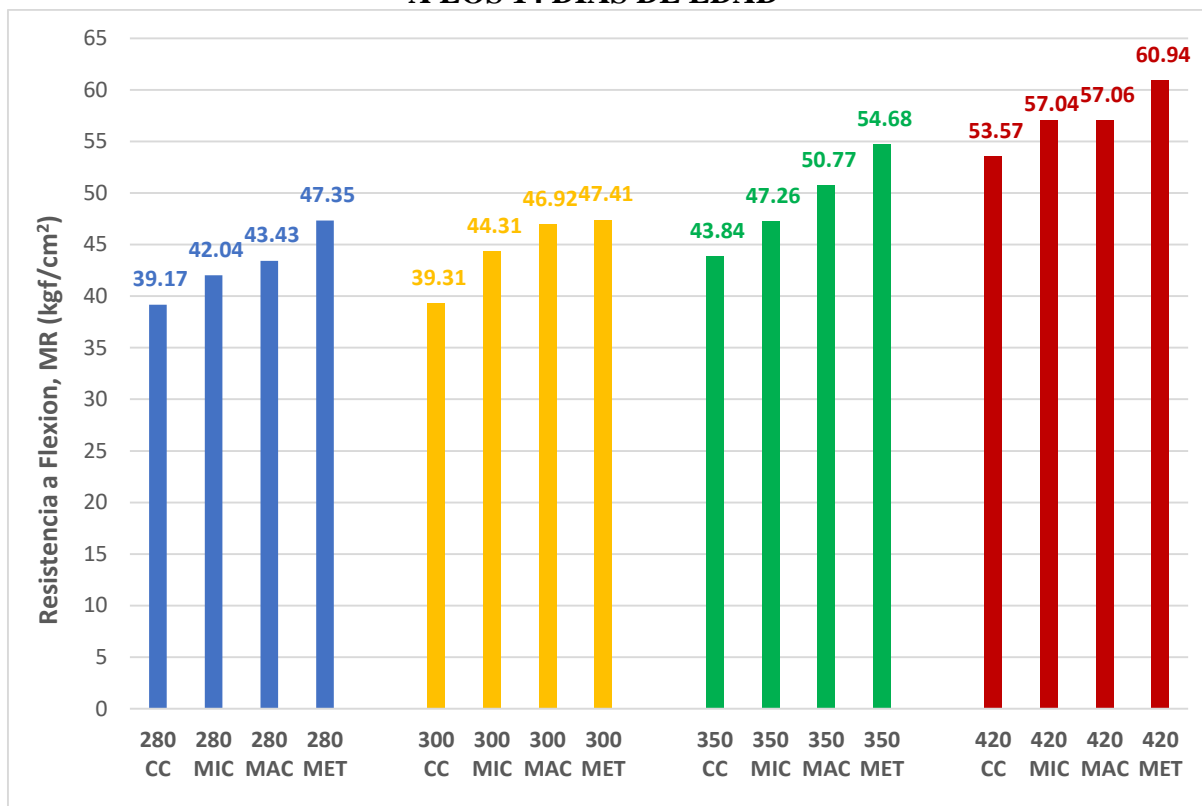
De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.41 y la más alta de 4.82, encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2).
- Los Módulos de Rotura de los concretos convencionales y con fibra llegaron al menos al 13% en promedio de sus respectivas resistencias a la compresión.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 30.58%, 19.88% y 26.19%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 26.57%, 20.56% y 24.16%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 25.86%, 20.47% y 31.09%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 21.61%, 15.68% y 16.01%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 1.27% y el más alto de 3.98%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 3.67% y el más alto de 12.19%, ubicándonos en una calificación de grado “buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25).
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 3.20% y el más alto de 10.39%, ubicándonos en una calificación de grado “buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25).
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 4.45% y el más alto de 9.44%, ubicándonos en una calificación de grado “muy buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25).

6.2.2 ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

**Gráfica 21. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
A LOS 14 DÍAS DE EDAD**



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las micro fibras de polipropileno no tuvieron un incremento alto en sus módulos de rotura en comparación a las otras dos fibras.
- Las macro fibras de polipropileno tienen un incremento alto en comparación a su resistencia inicial, siendo superado por las fibras metálicas.
- Se observa que la gráfica tiene un crecimiento exponencial dentro de sus propias resistencias.

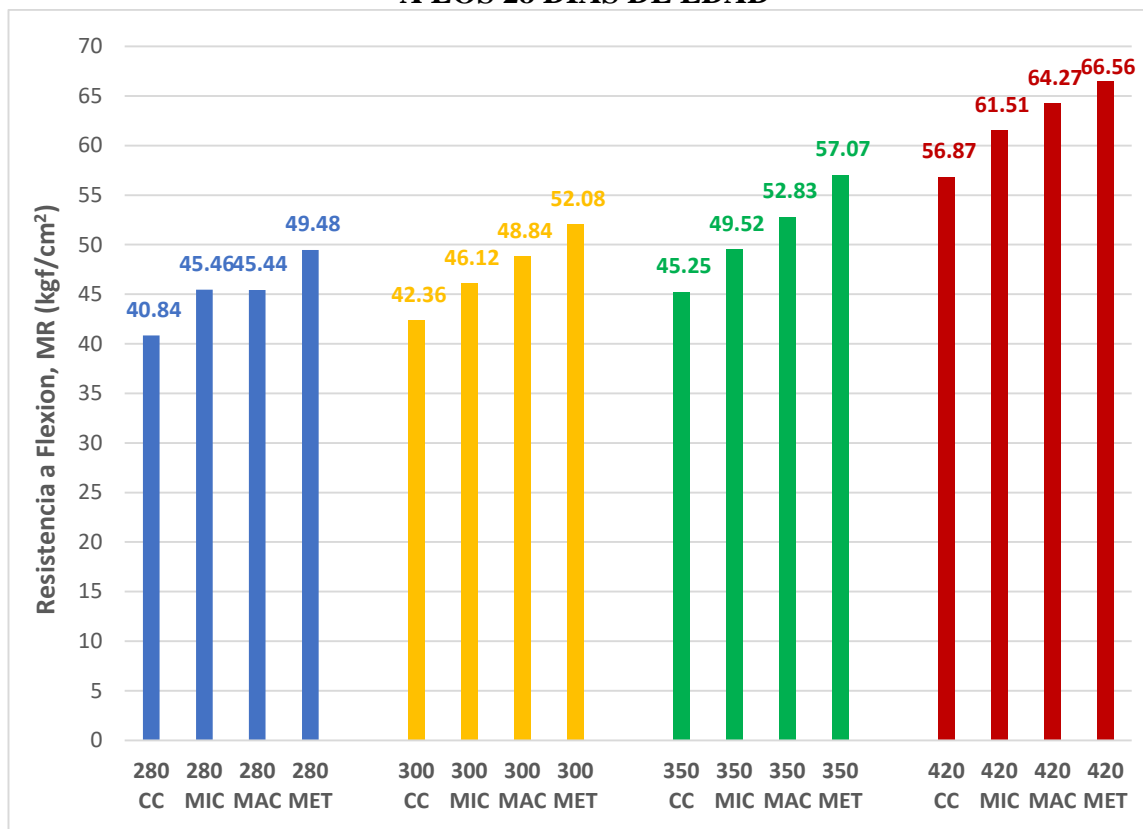
De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.19 kgf/cm², y la más alta de 5.75 kgf/cm², encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2).

- Los Módulos de Rotura de los concretos convencionales y con fibra llegaron al menos al 11.89% en promedio de sus respectivas resistencias a la compresión.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 7.33%, 10.87% y 20.87%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 12.74%, 19.36% y 20.61%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 7.79%, 15.81% y 24.72%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 6.46%, 6.51% y 13.74%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.48% y el más alto de 5.64%, ubicándonos en una calificación “muy buena” para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 1.83% y el más alto de 10.99%, ubicándonos en una calificación de grado “buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25).
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 3.32% y el más alto de 13.24%, ubicándonos en una calificación de grado “buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25).
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 1.30% y el más alto de 5.02%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)

6.2.3 ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

Gráfica 22. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las fibras metálicas tuvieron el mejor desempeño para la resistencia a la flexión, seguido de las macro y micro fibras de polipropileno, respectivamente.
- Las micro fibras de polipropileno tiene un buen desempeño a los 7 días, pero esta decrece en comparación a los 28 días.

De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.11 kgf/cm² y la más alta de 2.33 kgf/cm², encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2).
- Los Módulos de Rotura de los concretos convencionales y con fibra llegaron al menos al 11.64% en promedio de sus respectivas resistencias a la compresión.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 11.32%, 11.26% y 21.16%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 8.88%, 15.31% y 22.25%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 9.45%, 16.76% y 26.12% respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 8.15%, 13.00% y 17.03%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.26% y el más alto de 2.37%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.78% y el más alto de 2.16%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 0.68% y el más alto de 1.27%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 0.49% y el más alto de 3.50%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)

Comparación con los resultados de 7 días de edad:

- La resistencia a la flexión en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 34.86%, 32.58%, 32.34% y 24.36% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 14.97%, 14.05%, 15.09% y 10.60% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 25.17%, 26.80%, 28.26% y 21.48% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 29.49%, 31.29%, 27.32% y 25.46% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

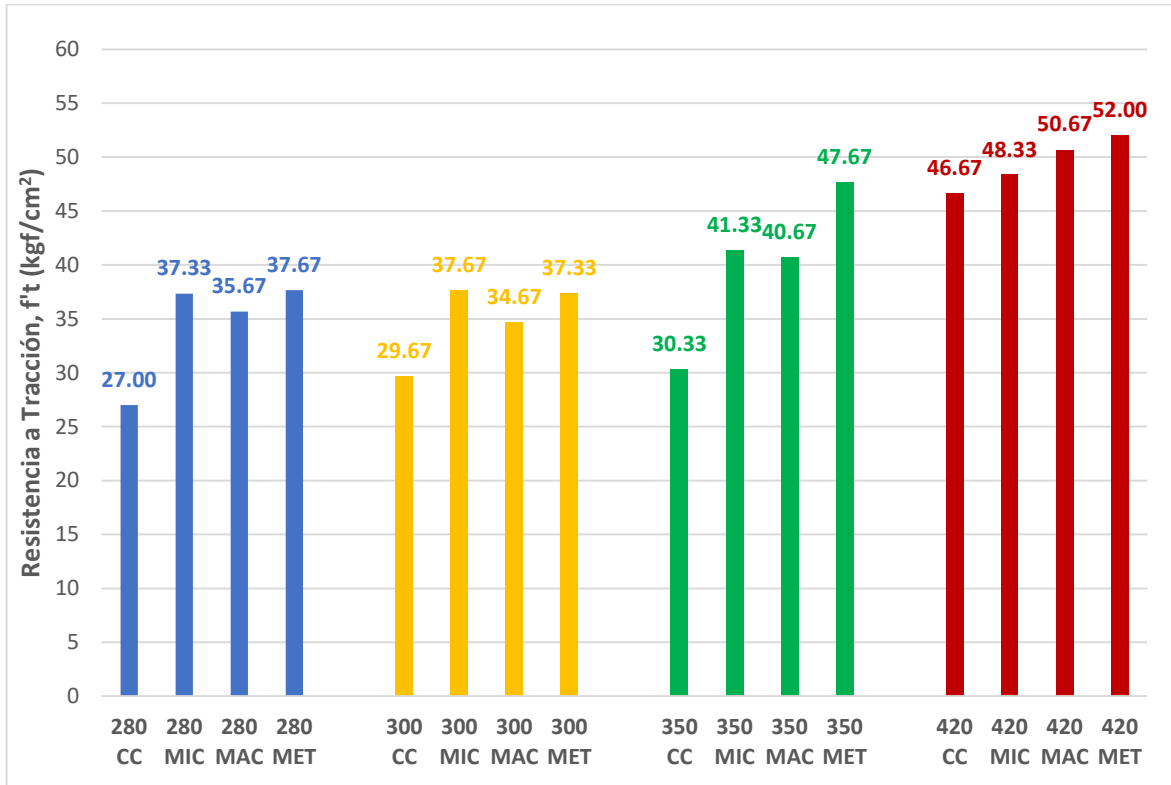
Comparación con los resultados de 14 días de edad:

- La resistencia a la flexión en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 4.25%, 7.76%, 3.21% y 6.16% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 8.14%, 4.09%, 4.079% y 7.82% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de macro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 4.62%, 4.10%, 4.06% y 12.62% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 4.49%, 9.86%, 4.36% y 9.22% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

6.1 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

6.1.1 ANÁLISIS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

Gráfica 23. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 7 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las fibras metálicas tienen el mejor desempeño a los 7 días de edad, seguido de las micro fibras de polipropileno.
- El crecimiento de la resistencia con fibras es similar en la resistencia de $f'_c = 280$ y 300 kgf/cm^2 . Esto puede estar relacionado con la dispersión de datos.

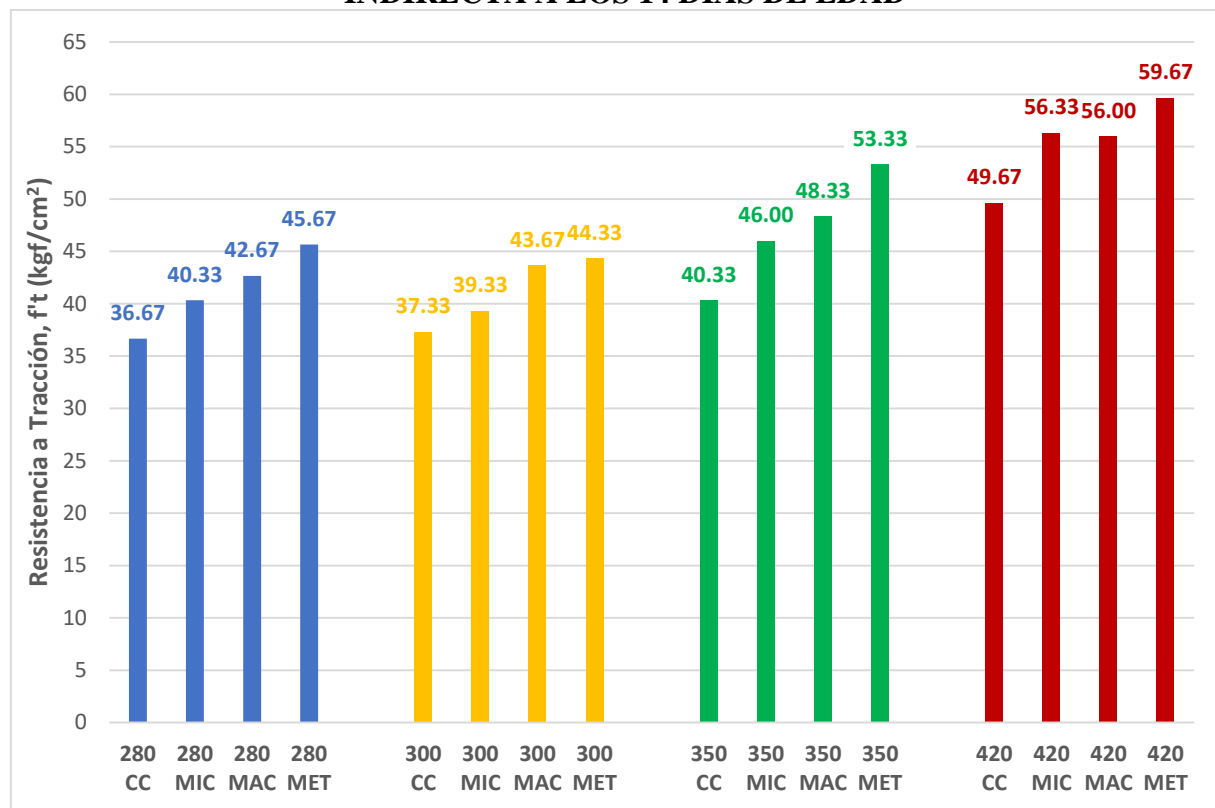
De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.58 kgf/cm^2 y la más alta de 3.61 kgf/cm^2 , encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2).
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 38.26%, 32.11% y 39.52%, respectivamente.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 26.96%, 16.85% y 25.85%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia 36.27%, 34.09% y 57.17%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 3.56%, 8.57% y 11.42%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 1.95% y el más alto de 3.81%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 1.40% y el más alto de 4.78%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 1.62% y el más alto de 8.81%, ubicándonos en una calificación de grado “muy buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 1.53% y el más alto de 6.93%, ubicándonos en una calificación de grado “muy buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25)

6.2.4 ANÁLISIS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

Gráfica 24. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las fibras metálicas tienen un crecimiento exponencial y siguen manteniendo un mejor desempeño a comparación de las otras dos fibras.
- Las macro fibras de polipropileno aumentaron su desempeño, en cambio las micro fibras bajaron su desempeño comparando con los 7 días de edad.

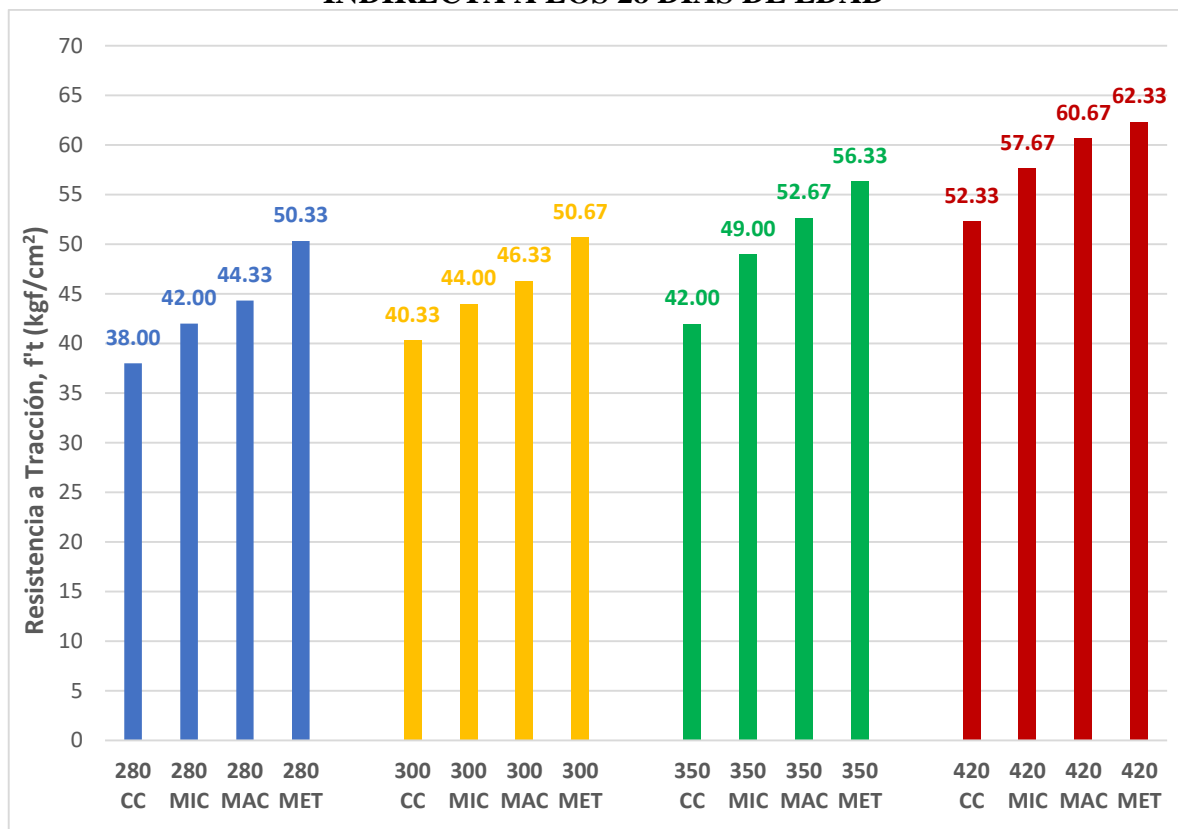
De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.58 kgf/cm² y la más alta de 2.31 kgf/cm², encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2).
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para f^c = 280 kgf/cm², tiene un aumento en su resistencia de 10.00%, 16.36% y 24.55%, respectivamente.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 5.36%, 16.96% y 18.75%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia 14.05%, 19.83% y 32.23%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 13.42%, 12.75% y 20.13%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 1.43% y el más alto de 4.09%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 2.17% y el más alto de 5.87%, ubicándonos en una calificación de grado “muy buena” para la uniformidad del concreto. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 1.19% y el más alto de 3.50%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 0.97% y el más alto de 4.56%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)

6.2.5 ANÁLISIS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

Gráfica 25. COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica podemos analizar que:

- Las fibras metálicas tienen el mejor desempeño a los 7, 14 y 28 días de edad. Seguido de las macro y micro fibras de polipropileno.

De las tablas del capítulo anterior:

- La desviación estándar más baja fue de 0.00 kgf/cm² y la más alta de 2.52 kgf/cm², encontrándonos dentro del rango permitido. (Ver Sección 2.8.2)
- Los f_t de los concretos convencionales y con fibra llegaron al menos al 11.15% en promedio de sus respectivas resistencias a la compresión.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f_c = 280$ kgf/cm², tiene un aumento en su resistencia de 10.53%, 16.67% y 32.46%, respectivamente.

- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 9.09%, 14.88% y 25.62%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia 16.67%, 25.40% y 34.13%, respectivamente.
- El concreto convencional con el uso de micro fibras, macro fibras y fibras metálicas para $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, tiene un aumento en su resistencia de 10.19%, 15.92% y 19.11%, respectivamente.
- El coeficiente de variación en concreto convencional más bajo fue de 0.00% y el más alto de 3.79%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con micro fibra de polipropileno más bajo fue de 2.04% y el más alto de 4.55%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con macro fibra de polipropileno más bajo fue de 1.30% y el más alto de 3.30%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)
- El coeficiente de variación en concreto con fibras metálicas más bajo fue de 2.29% y el más alto de 4.97%, ubicándonos en una calificación excelente para condiciones de laboratorio. (Ver Tabla 25)

Comparación con los resultados de 7 días de edad:

- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 40.74%, 35.93%, 38.48% y 12.13% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 12.51%, 16.80%, 18.56% y 19.33% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 24.28%, 33.63%, 29.51% y 19.74% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 7 días edad en 33.61%, 35.74%, 18.17% y 19.87% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

Comparación con los resultados de 14 días de edad:

- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto convencional aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 3.63%, 8.04%, 4.14% y 5.36% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto con el uso de micro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 4.14%, 8.04%, 6.52% y 2.38% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto con el uso de macro fibras de polipropileno aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 3.89%, 6.09%, 8.98% y 8.34% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la tracción indirecta en el concreto con el uso de fibras metálicas aumenta a los 28 días con respecto a los 14 días edad en 10.20%, 14.30%, 5.63% y 4.46% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente.

6.3 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MR VS. f'_{cr}

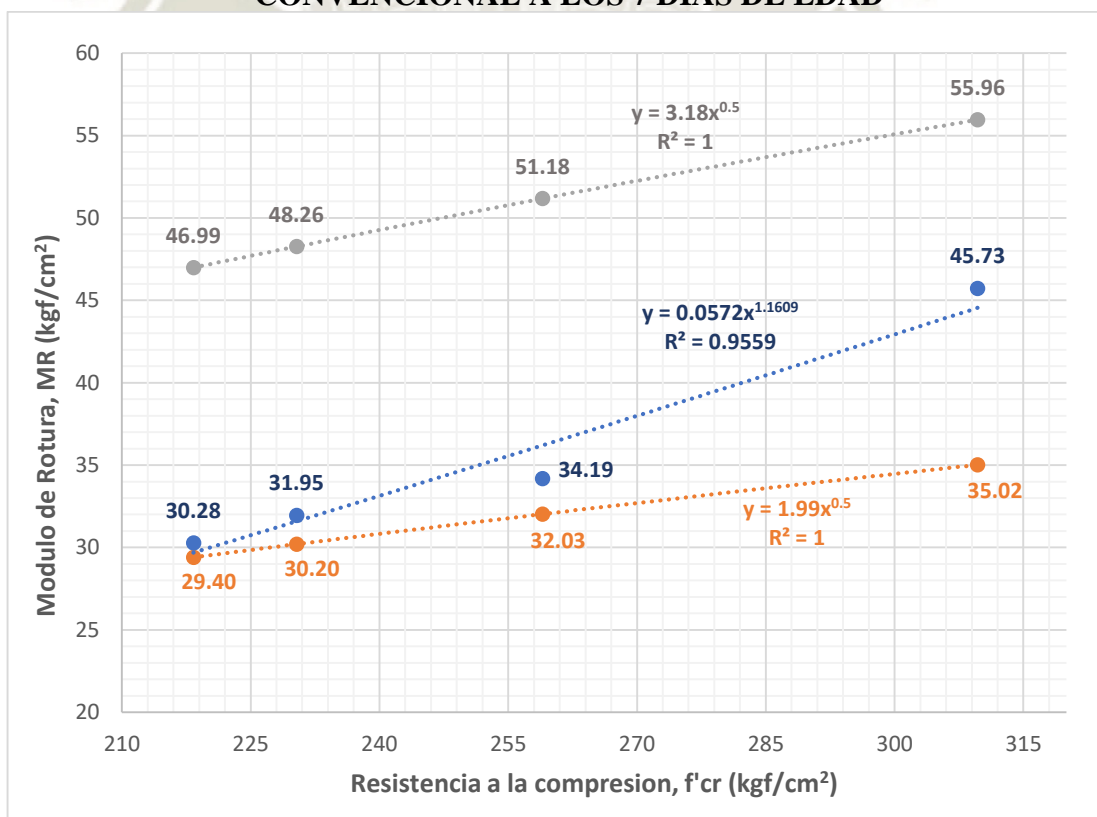
6.3.1 CORRELACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL

TABLA 119. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| 280 CC | 210 | 218.33 | 29.26 | 30.28 | 29.40 | 46.99 |
| | 220 | | 30.12 | | | |
| | 225 | | 31.48 | | | |
| 300 CC | 229 | 230.33 | 32.24 | 31.95 | 30.20 | 48.26 |
| | 230 | | 31.48 | | | |
| | 232 | | 32.11 | | | |
| 350 CC | 259 | 259.00 | 35.49 | 34.19 | 32.03 | 51.18 |
| | 261 | | 32.78 | | | |
| | 257 | | 34.31 | | | |
| 420 CC | 310 | 309.67 | 44.65 | 45.73 | 35.02 | 55.96 |
| | 311 | | 46.73 | | | |
| | 308 | | 45.81 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 26. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD



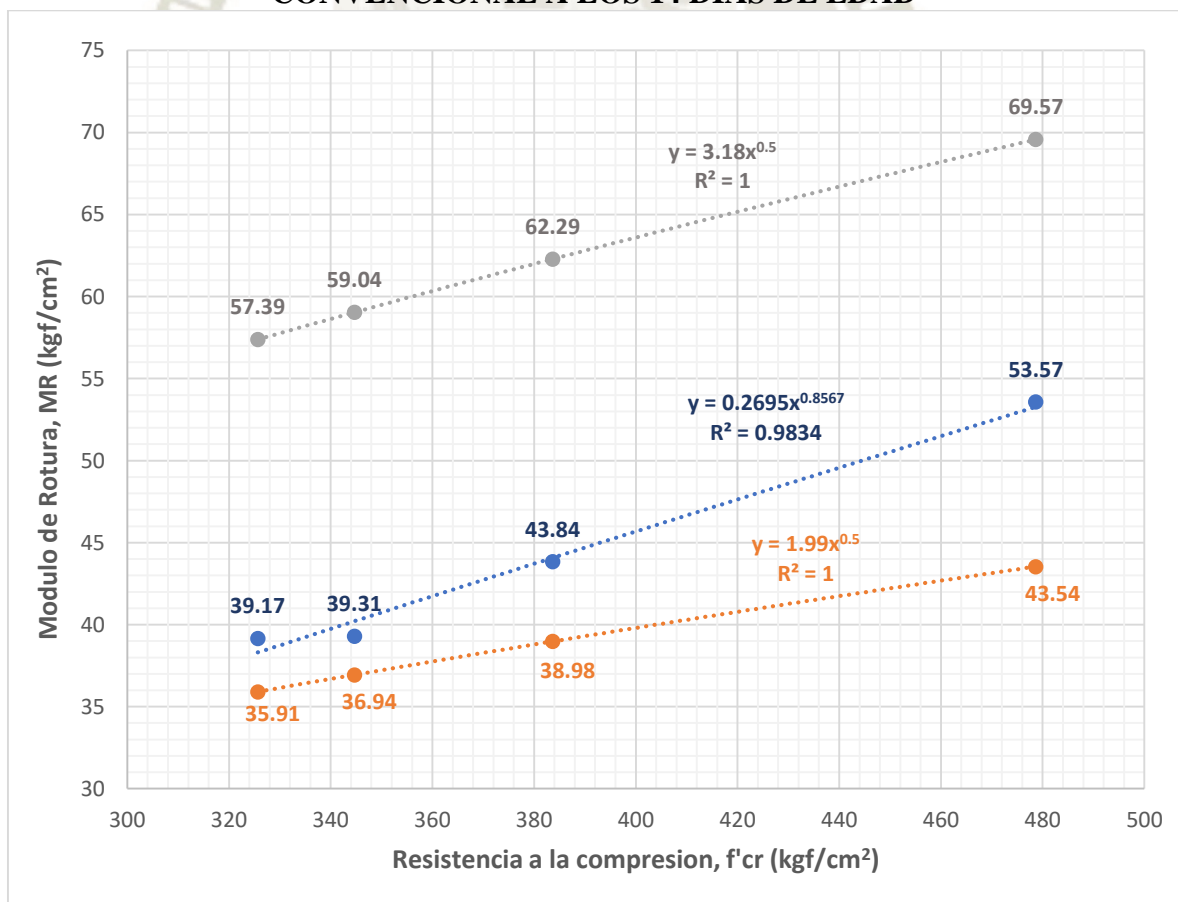
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 120. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| 280 CC | 321 | 325.67 | 40.12 | 39.17 | 35.91 | 57.39 |
| | 330 | | 40.74 | | | |
| | 326 | | 36.65 | | | |
| 300 CC | 342 | 344.67 | 39.40 | 39.31 | 36.94 | 59.04 |
| | 345 | | 39.43 | | | |
| | 347 | | 39.09 | | | |
| 350 CC | 386 | 383.67 | 43.13 | 43.84 | 38.98 | 62.29 |
| | 389 | | 43.95 | | | |
| | 376 | | 44.45 | | | |
| 420 CC | 463 | 478.67 | 54.78 | 53.57 | 43.54 | 69.57 |
| | 486 | | 53.89 | | | |
| | 487 | | 52.05 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 27. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD



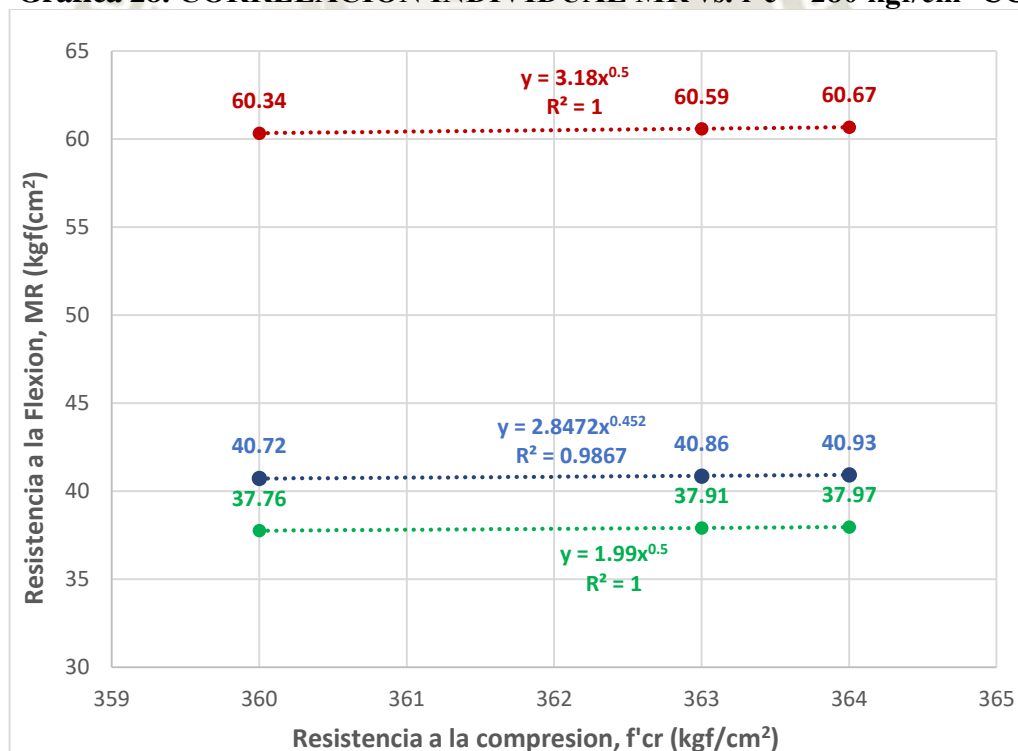
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 121. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| 280 CC | 360 | 362.33 | 40.72 | 40.84 | 37.88 | 60.53 |
| | 364 | | 40.86 | | | |
| | 363 | | 40.93 | | | |
| 300 CC | 382 | 379.00 | 42.12 | 42.36 | 38.74 | 61.91 |
| | 377 | | 42.15 | | | |
| | 378 | | 42.81 | | | |
| 350 CC | 408 | 410.33 | 44.72 | 45.25 | 40.31 | 64.42 |
| | 411 | | 45.30 | | | |
| | 412 | | 45.72 | | | |
| 420 CC | 514 | 519.00 | 55.79 | 56.87 | 45.34 | 72.45 |
| | 516 | | 56.44 | | | |
| | 527 | | 58.38 | | | |

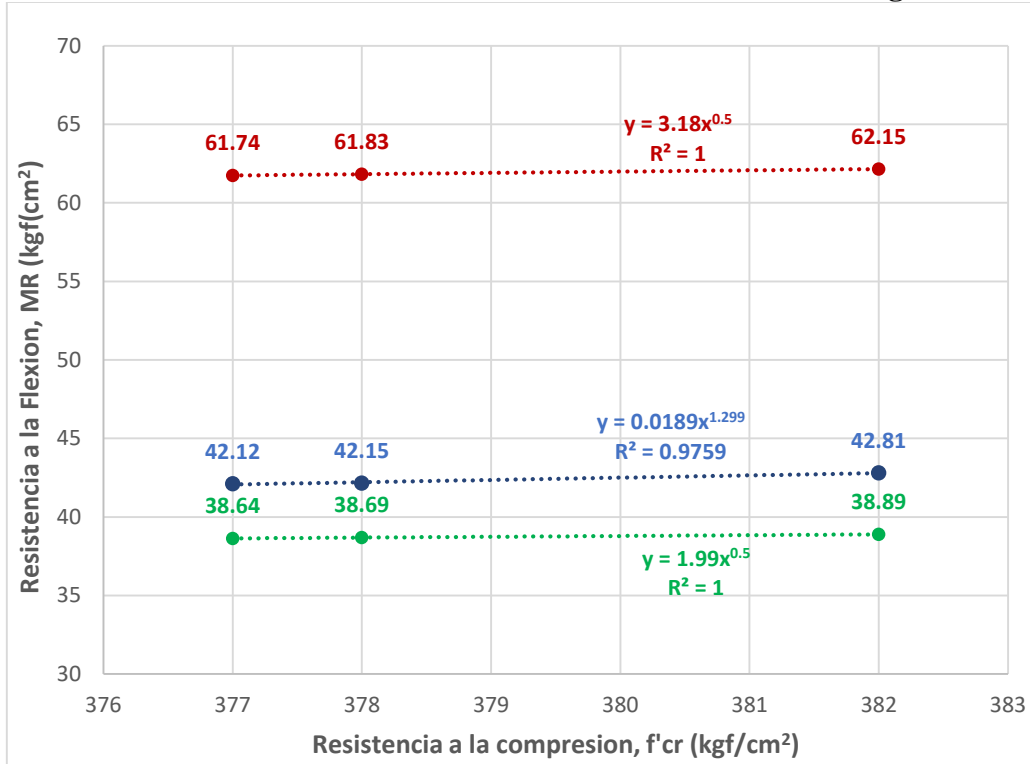
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 28. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_c = 280$ kgf/cm² CC



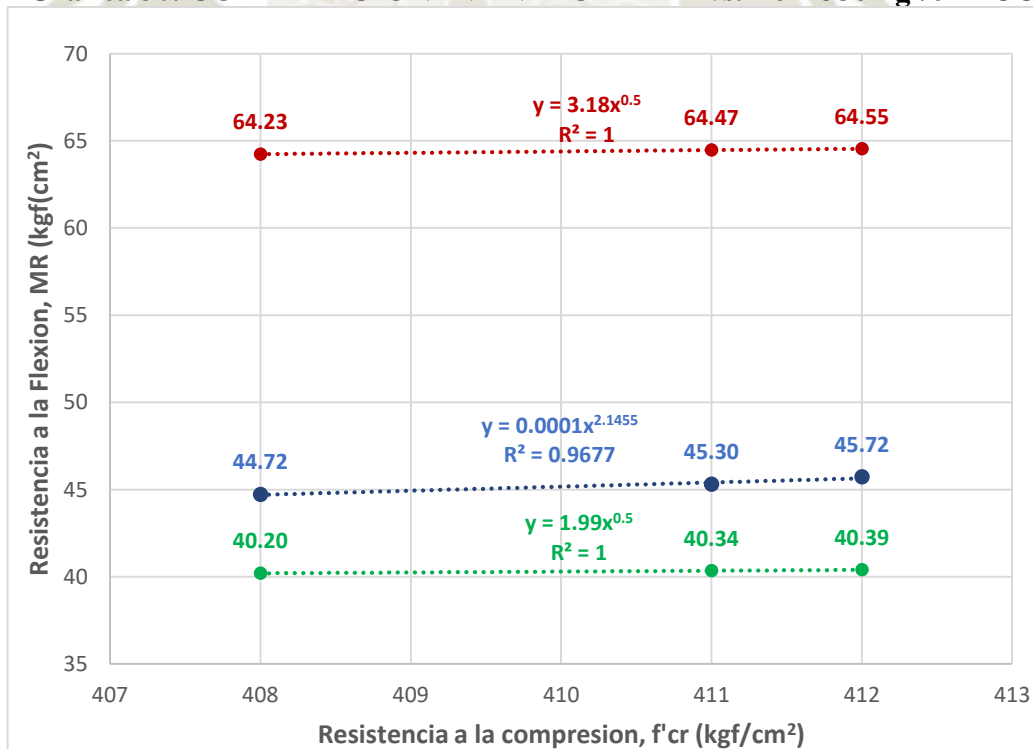
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 29. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CC



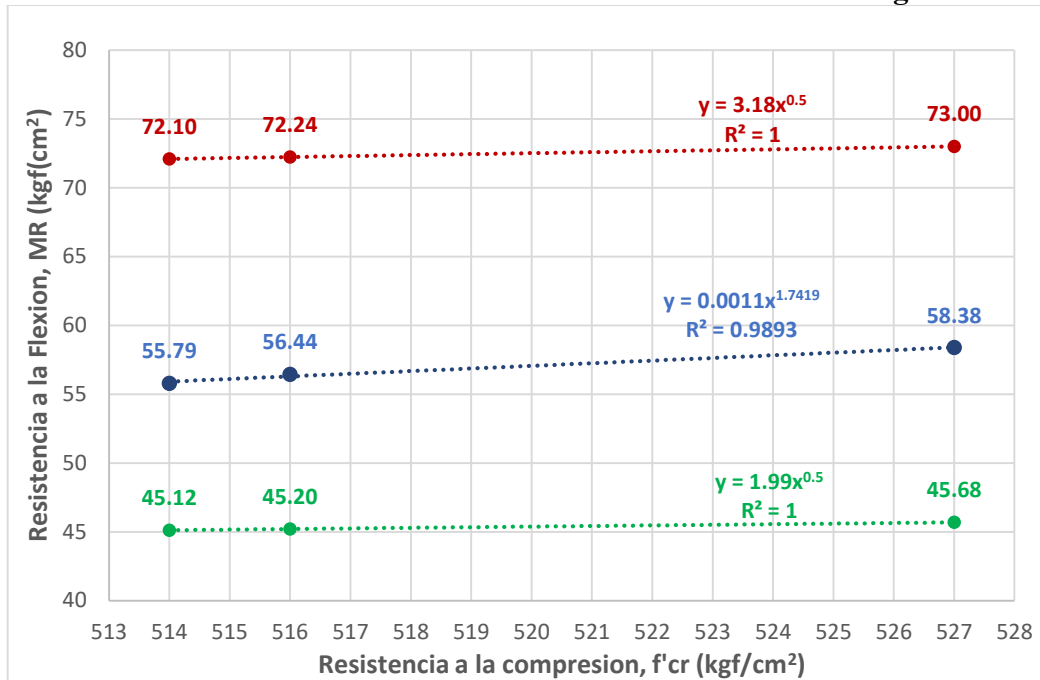
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 30. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CC



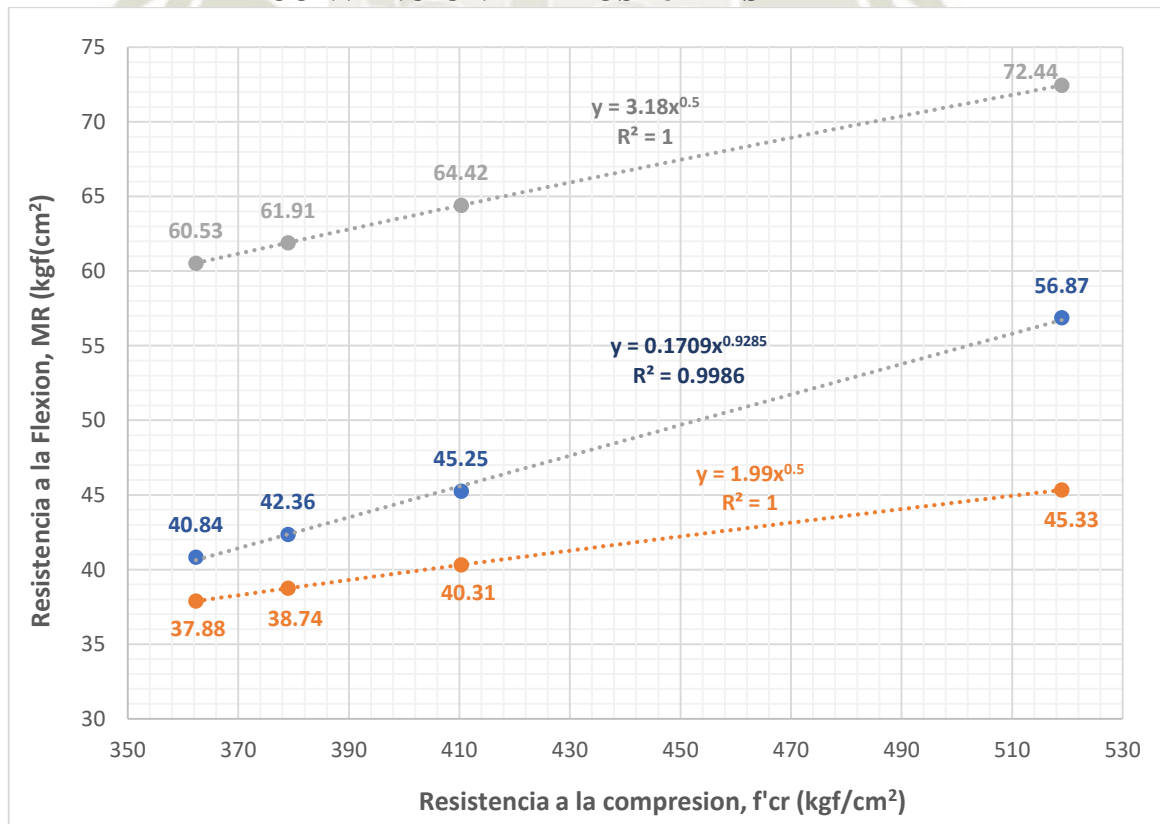
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 31. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CC



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 32. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. $f'c$ DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión potencial individual y global a los 7, 14 y 28 días de edad para concreto convencional, no se asemejan a las rectas de los límites superior e inferior del ACI 363, sin embargo, están dentro estos límites.
- Las curvas obtenidas se pueden asemejar a los límites aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 2.8472x^{0.452}$, $y = 0.0189x^{1.299}$, $y = 0.0001x^{2.1455}$, $y = 0.0011x^{1.7419}$ para $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional.
- Las ecuaciones globales obtenidas son: $y = 0.0572x^{1.1609}$ a los 7 días, $y = 0.2695x^{0.8567}$ a los 14 días, $y = 0.1709x^{0.9285}$ a los 28 días de edad para concreto convencional.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.9559 a los 7 días, 0.9834 a los 14 días y 0.9986 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables $f'cr$ y MR, por lo tanto, se recomienda el uso de las ecuaciones anteriores.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9986 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.

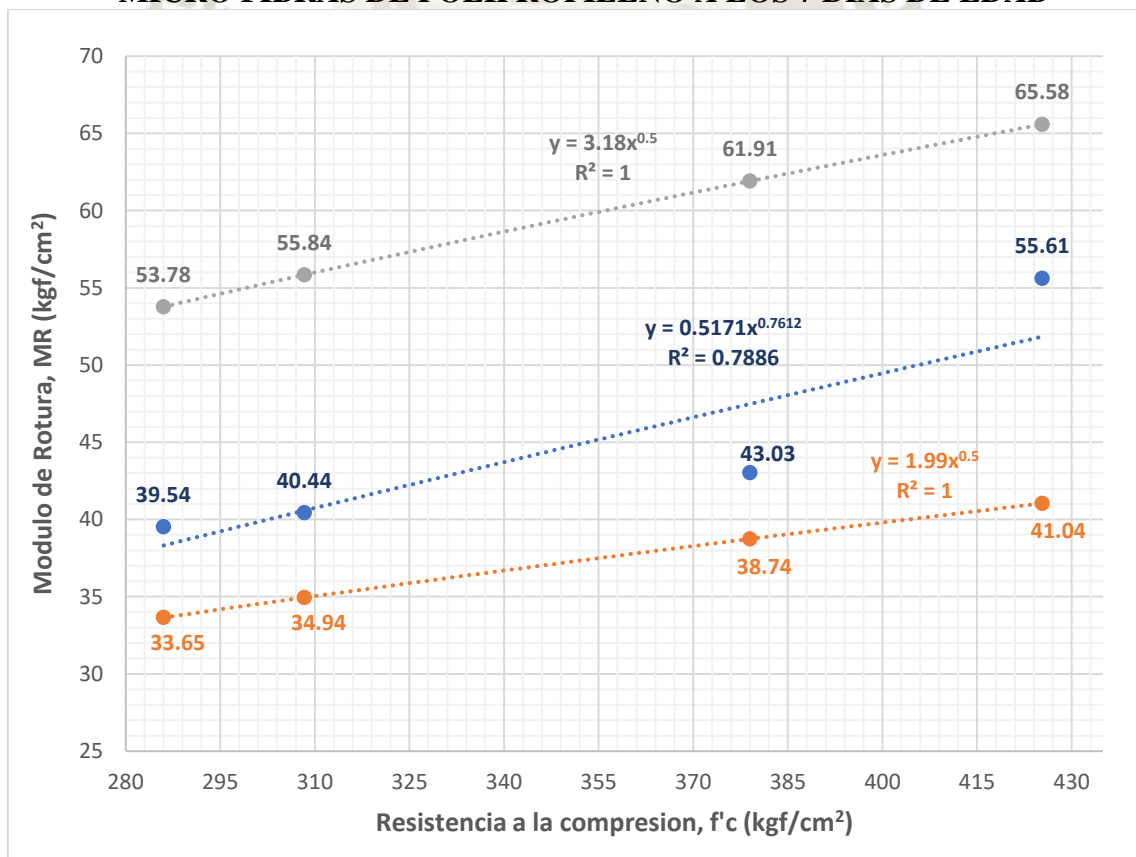
6.3.2 CORRELACIÓN CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

TABLA 122. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MIC-POL 280 | 280 | 286.00 | 41.27 | 39.54 | 33.65 | 53.78 |
| | 283 | | 34.09 | | | |
| | 295 | | 43.25 | | | |
| MIC-POL 300 | 305 | 308.33 | 40.78 | 40.44 | 34.94 | 55.84 |
| | 309 | | 41.85 | | | |
| | 311 | | 38.70 | | | |
| MIC-POL 350 | 379 | 379.00 | 44.59 | 43.03 | 38.74 | 61.91 |
| | 372 | | 43.08 | | | |
| | 386 | | 41.43 | | | |
| MIC-POL 420 | 425 | 425.33 | 54.72 | 55.61 | 41.04 | 65.58 |
| | 430 | | 52.97 | | | |
| | 421 | | 59.16 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 33. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD



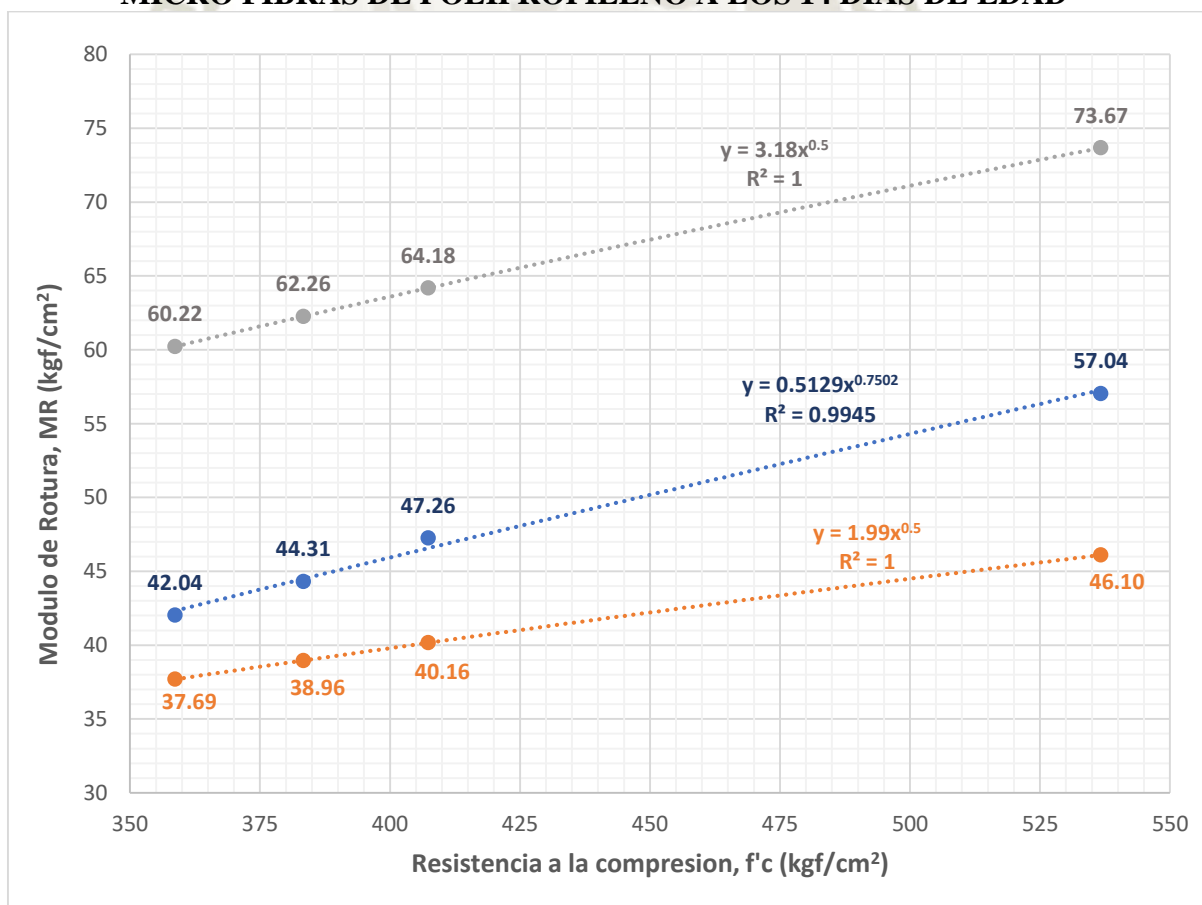
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 123. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MIC-POL 280 | 361 | 358.67 | 39.21 | 42.04 | 37.69 | 60.22 |
| | 361 | | 39.54 | | | |
| | 354 | | 47.37 | | | |
| MIC-POL 300 | 387 | 383.33 | 39.95 | 44.31 | 38.96 | 62.26 |
| | 383 | | 47.08 | | | |
| | 380 | | 45.91 | | | |
| MIC-POL 350 | 412 | 407.33 | 45.03 | 47.26 | 40.16 | 64.18 |
| | 408 | | 48.02 | | | |
| | 402 | | 48.72 | | | |
| MIC-POL 420 | 538 | 536.67 | 58.05 | 57.04 | 46.10 | 73.67 |
| | 532 | | 55.96 | | | |
| | 540 | | 57.10 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 34. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD



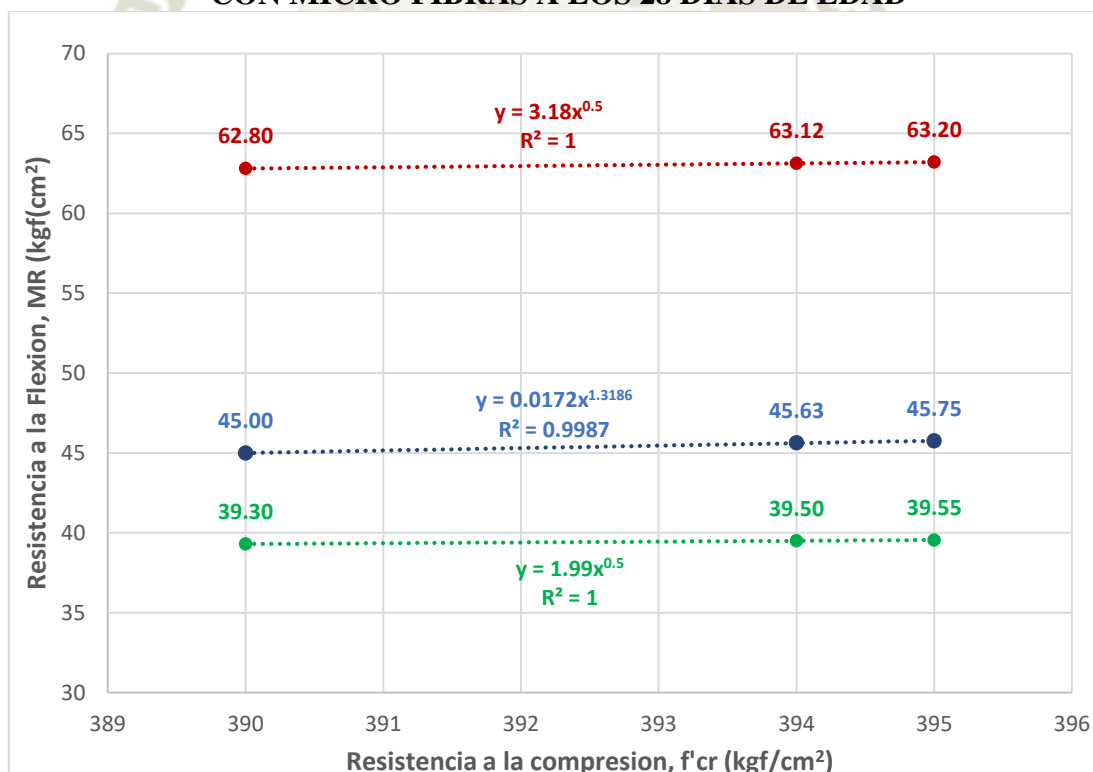
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 124. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MIC-POL 280 | 390 | 393.00 | 45.00 | 45.46 | 39.45 | 63.04 |
| | 394 | | 45.63 | | | |
| | 395 | | 45.75 | | | |
| MIC-POL 300 | 414 | 416.33 | 45.86 | 46.12 | 40.60 | 64.89 |
| | 415 | | 45.94 | | | |
| | 420 | | 46.57 | | | |
| MIC-POL 350 | 443 | 447.67 | 48.72 | 49.52 | 42.10 | 67.28 |
| | 447 | | 49.11 | | | |
| | 453 | | 50.74 | | | |
| MIC-POL 420 | 548 | 551.00 | 61.01 | 61.51 | 46.71 | 74.65 |
| | 550 | | 61.53 | | | |
| | 555 | | 61.97 | | | |

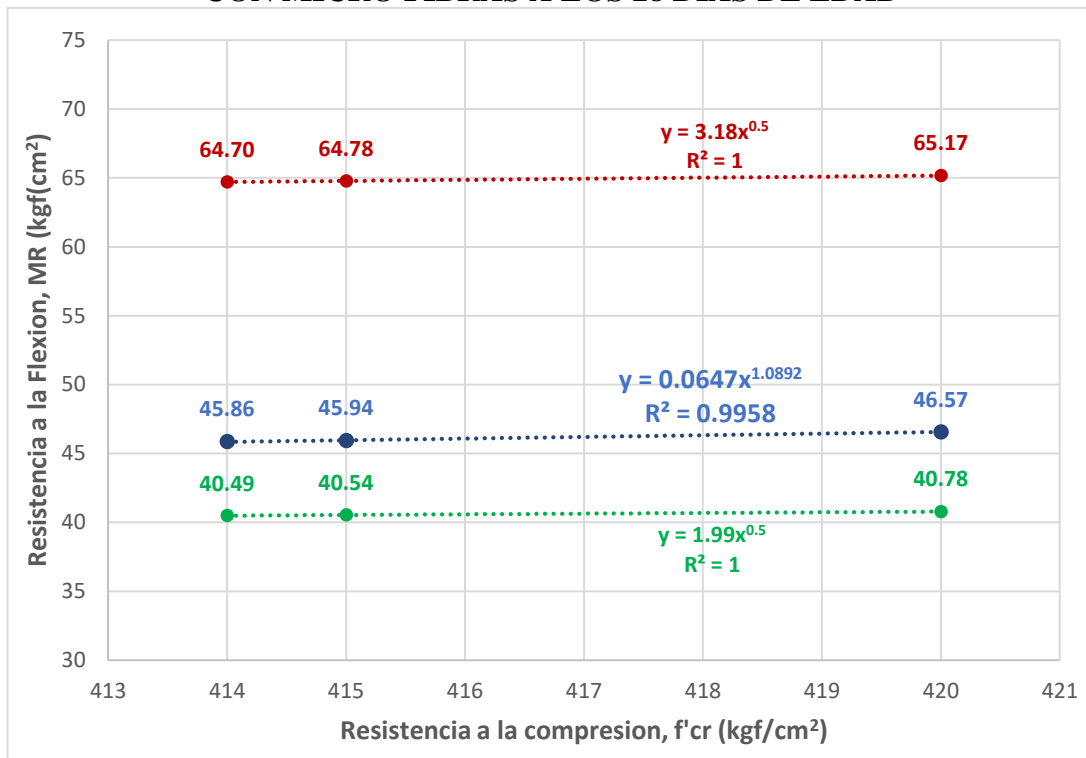
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 35. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 280$ kgf/cm² CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



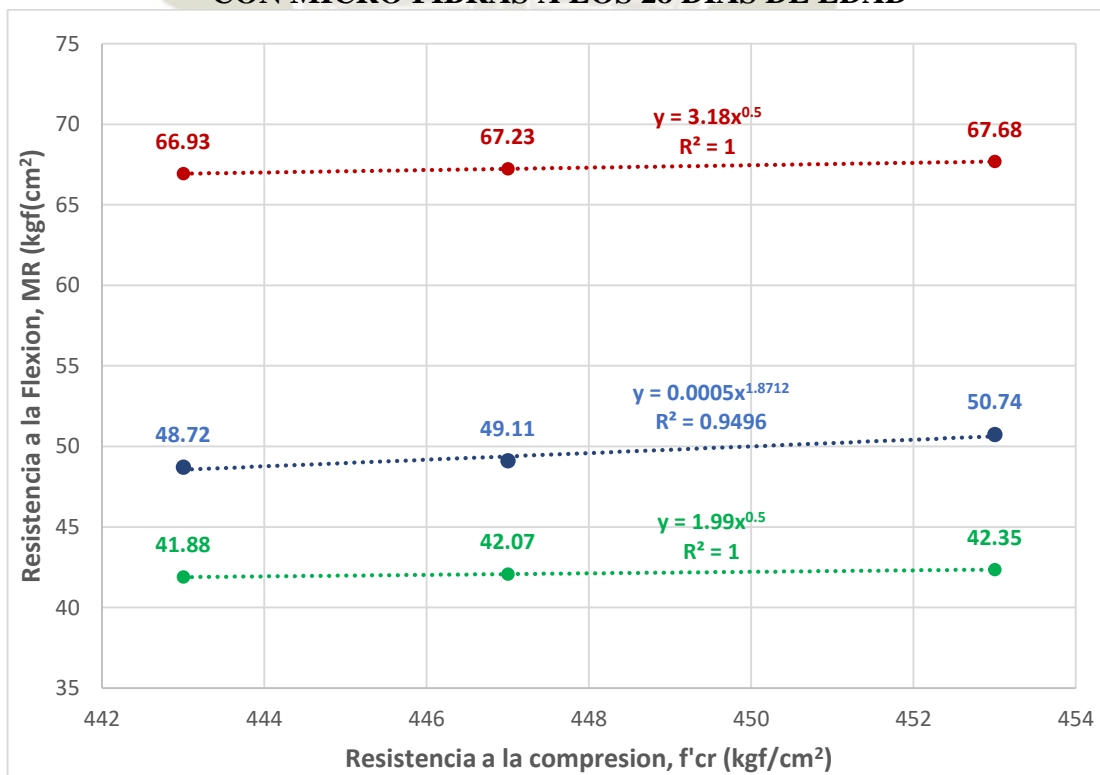
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 36. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



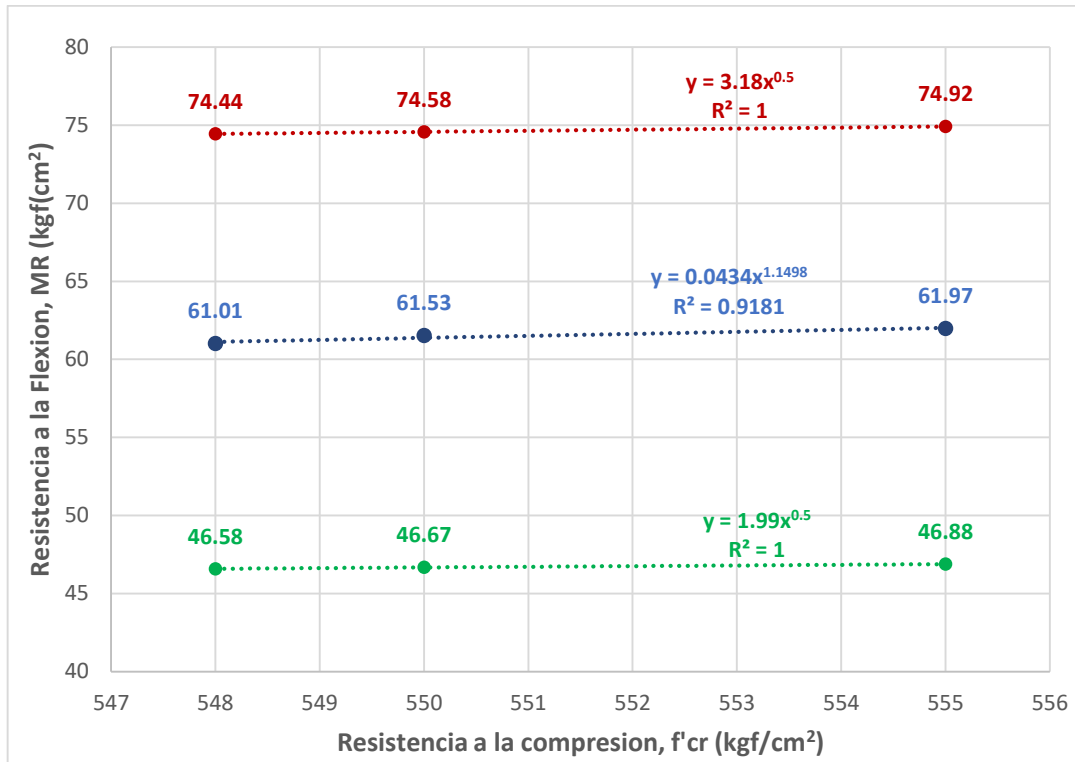
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 37. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



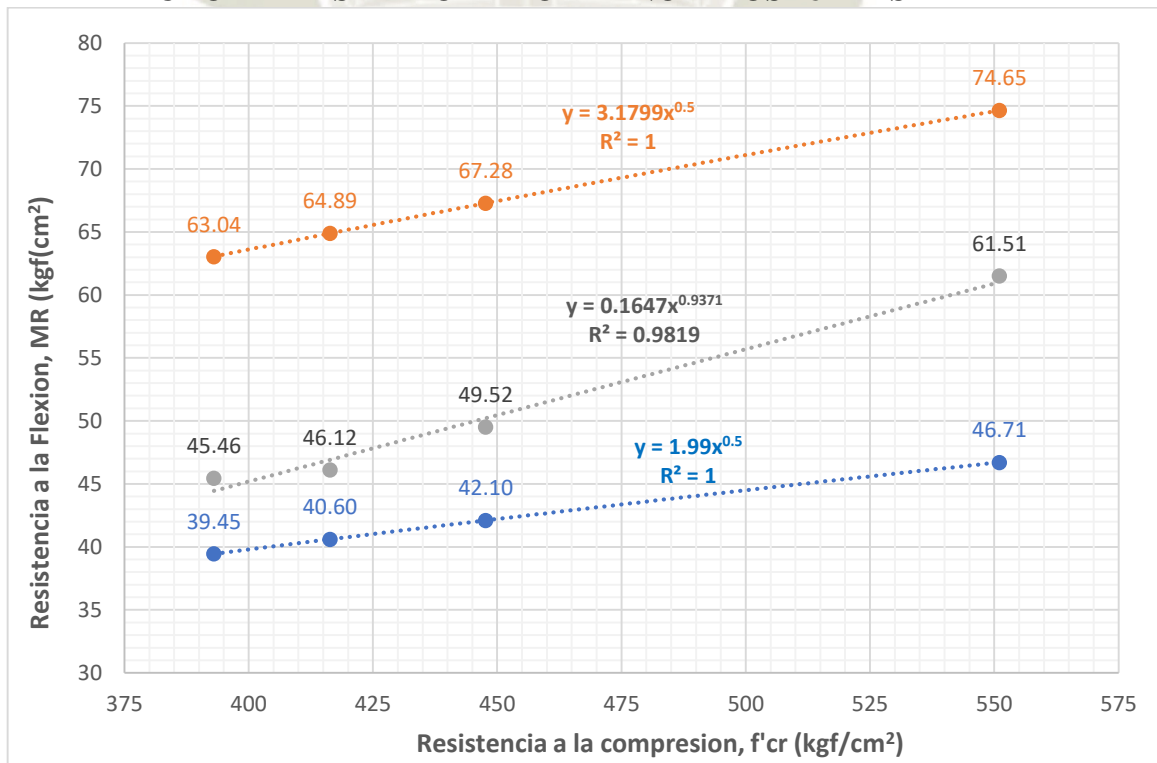
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 38. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 39. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. $f'c$ DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión potencial individual y global a los 7, 14 y 28 días de edad para concreto convencional, no se asemejan a las rectas de los límites superior e inferior del ACI 363, sin embargo, están dentro estos límites.
- Las curvas obtenidas se pueden asemejar a los límites aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 0.0172x^{1.3186}$, $y = 0.0647x^{1.0892}$, $y = 0.0005x^{1.8712}$, $y = 0.0434x^{1.1498}$ para $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional.
- Las ecuaciones globales obtenidas son: $y = 0.5171x^{0.7612}$ a los 7 días, $y = 0.5129x^{0.7502}$ a los 14 días, $y = 0.1647x^{0.9371}$ a los 28 días de edad para concreto convencional.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.7886 a los 7 días, 0.9945 a los 14 días y 0.9819 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables $f'cr$ y MR, por lo tanto, se recomienda el uso de las ecuaciones anteriores.
- El tener un coeficiente de determinación significativo de 0.7886 no significa que el modelo sea deficiente, esto se debe a la dispersión de datos a los 7 días de edad. Por otro lado, el tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9945 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.

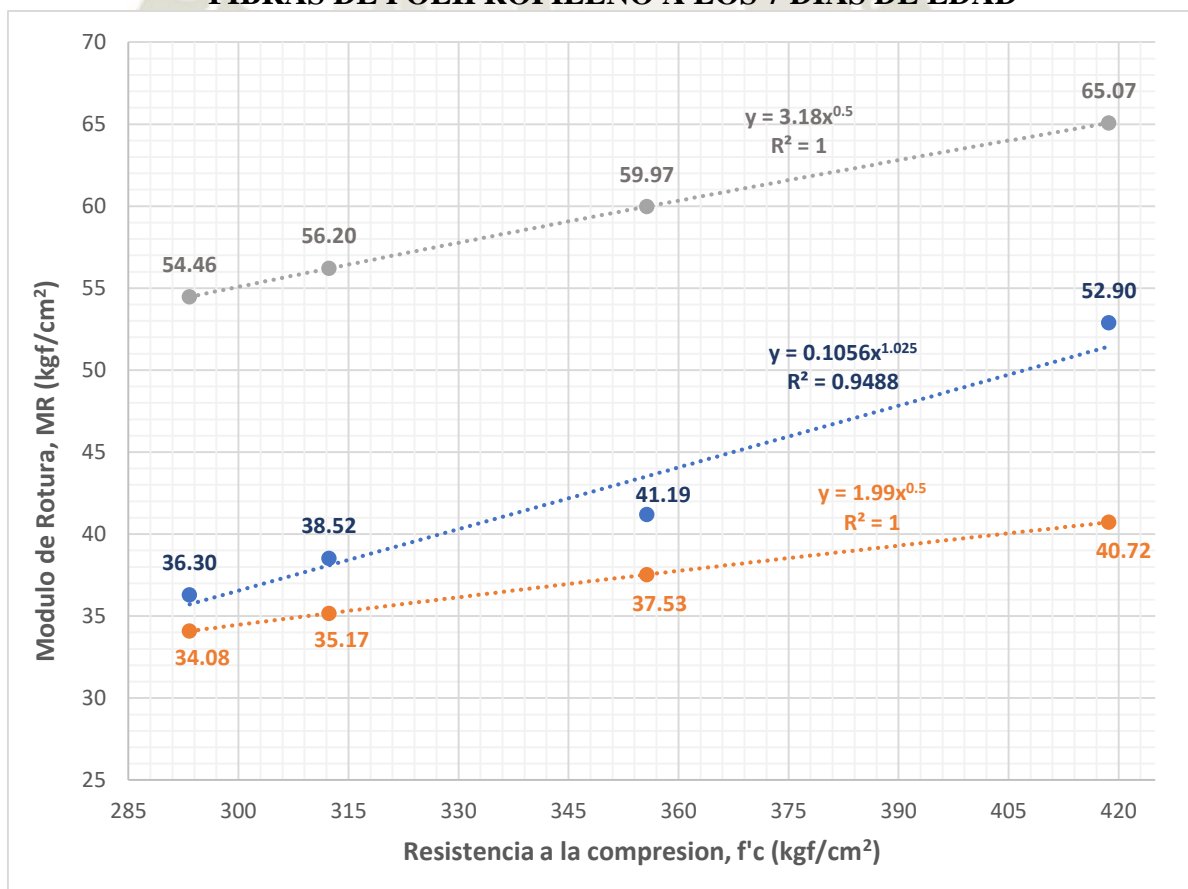
6.3.3 CORRELACIÓN CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

TABLA 125. CORRELACIÓN MR VS. f'c DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'cr (kgf/cm ²) | f'cr prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | y = 1.99x ^{0.5} | y = 3.18x ^{0.5} |
|------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|
| MAC-POL 280 | 290 | 293.33 | 36.90 | 36.30 | 34.08 | 54.46 |
| | 294 | | 37.04 | | | |
| | 296 | | 34.96 | | | |
| MAC-POL 300 | 312 | 312.33 | 42.51 | 38.52 | 35.17 | 56.20 |
| | 310 | | 38.17 | | | |
| | 315 | | 34.89 | | | |
| MAC-POL 350 | 356 | 355.67 | 43.51 | 41.19 | 37.53 | 59.97 |
| | 359 | | 43.80 | | | |
| | 352 | | 36.25 | | | |
| MAC-POL 420 | 419 | 418.67 | 54.05 | 52.90 | 40.72 | 65.07 |
| | 415 | | 50.64 | | | |
| | 422 | | 54.00 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 40. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'cr DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD



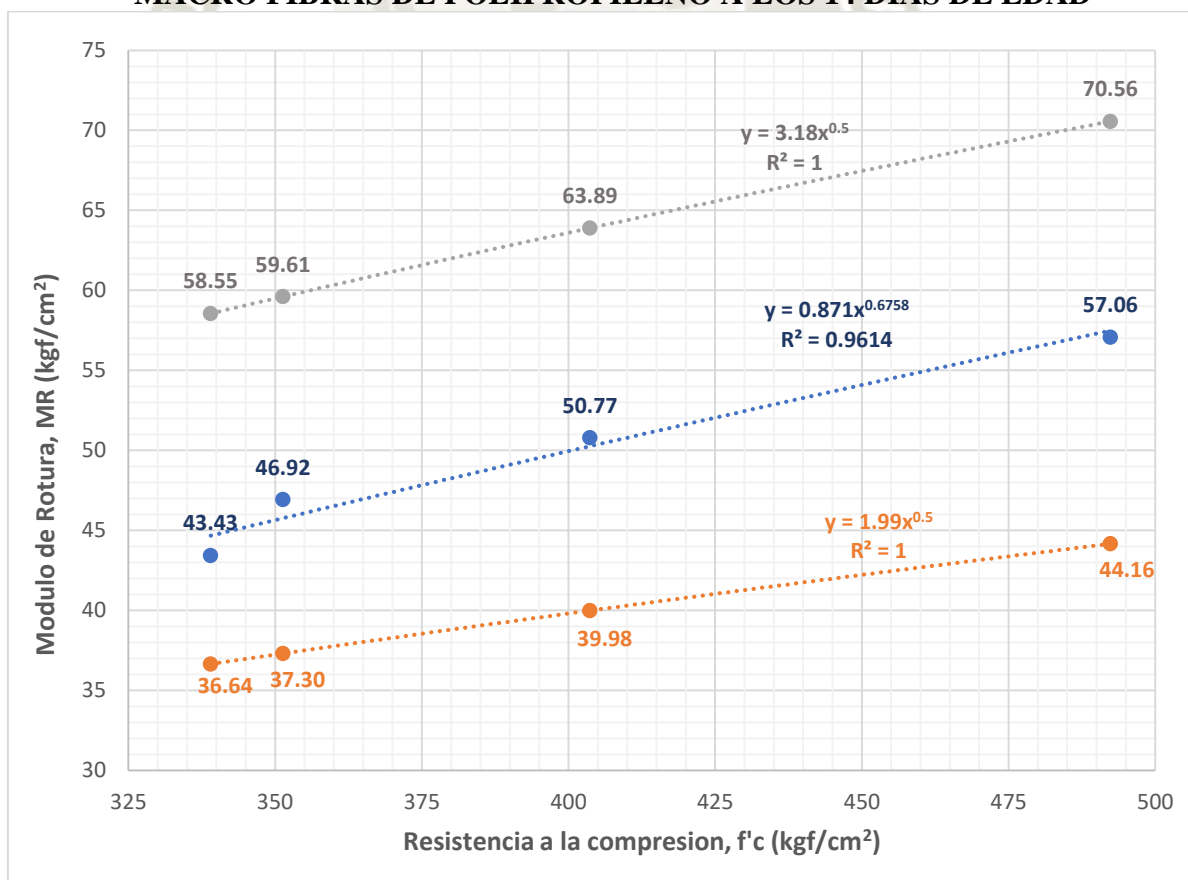
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 126. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MAC-POL 280 | 340 | 339.00 | 36.94 | 43.43 | 36.64 | 58.55 |
| | 338 | | 47.89 | | | |
| | 339 | | 45.45 | | | |
| MAC-POL 300 | 343 | 351.33 | 44.83 | 46.92 | 37.30 | 59.61 |
| | 353 | | 45.70 | | | |
| | 358 | | 50.22 | | | |
| MAC-POL 350 | 399 | 403.67 | 49.80 | 50.77 | 39.98 | 63.89 |
| | 405 | | 49.80 | | | |
| | 407 | | 52.72 | | | |
| MAC-POL 420 | 496 | 492.33 | 55.06 | 57.06 | 44.16 | 70.56 |
| | 493 | | 60.71 | | | |
| | 488 | | 55.42 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 41. CORRELACIÓN GLOBAL MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD



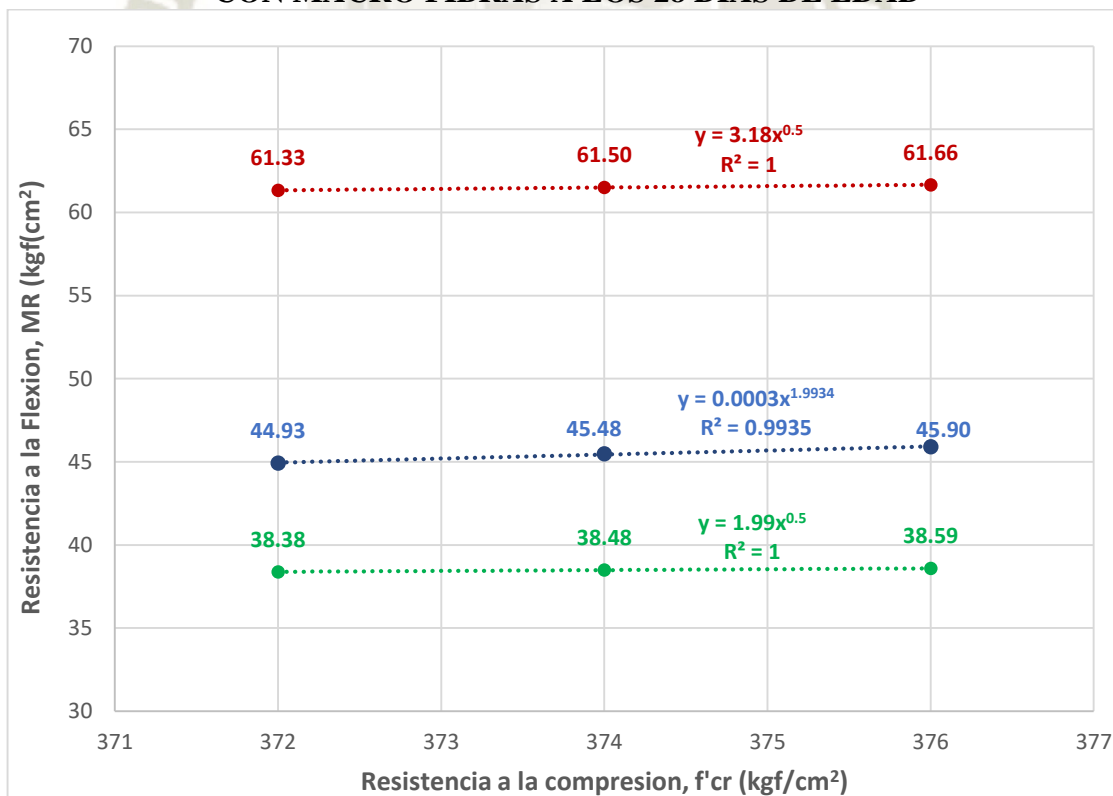
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 127. CORRELACIÓN MR VS. f'cr DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'cr (kgf/cm ²) | f'cr prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MAC-POL 280 | 372 | 374.00 | 44.93 | 45.44 | 38.45 | 61.44 |
| | 374 | | 45.48 | | | |
| | 376 | | 45.90 | | | |
| MAC-POL 300 | 397 | 400.67 | 48.19 | 48.84 | 39.83 | 63.65 |
| | 400 | | 48.92 | | | |
| | 405 | | 49.42 | | | |
| MAC-POL 350 | 417 | 419.67 | 52.52 | 52.83 | 40.77 | 65.14 |
| | 420 | | 52.75 | | | |
| | 422 | | 53.22 | | | |
| MAC-POL 420 | 528 | 530.67 | 63.65 | 64.27 | 45.84 | 73.26 |
| | 530 | | 64.36 | | | |
| | 534 | | 64.78 | | | |

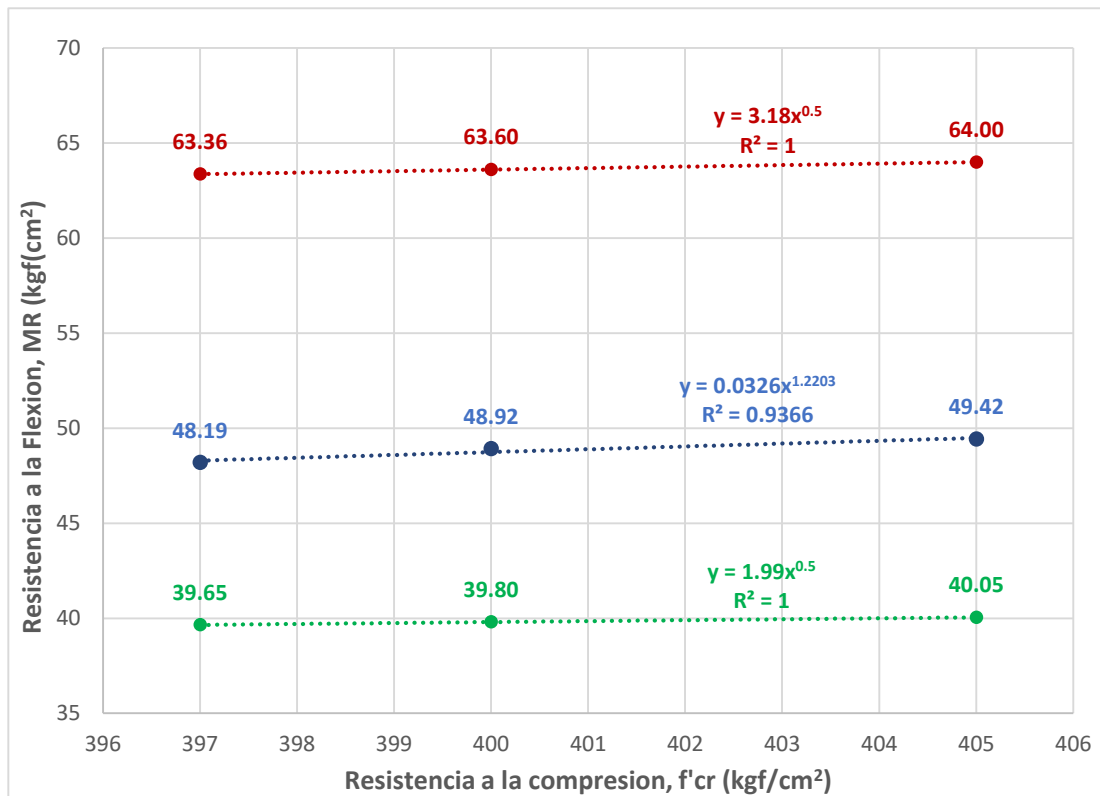
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 42. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. f'c = 280 kgf/cm² CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



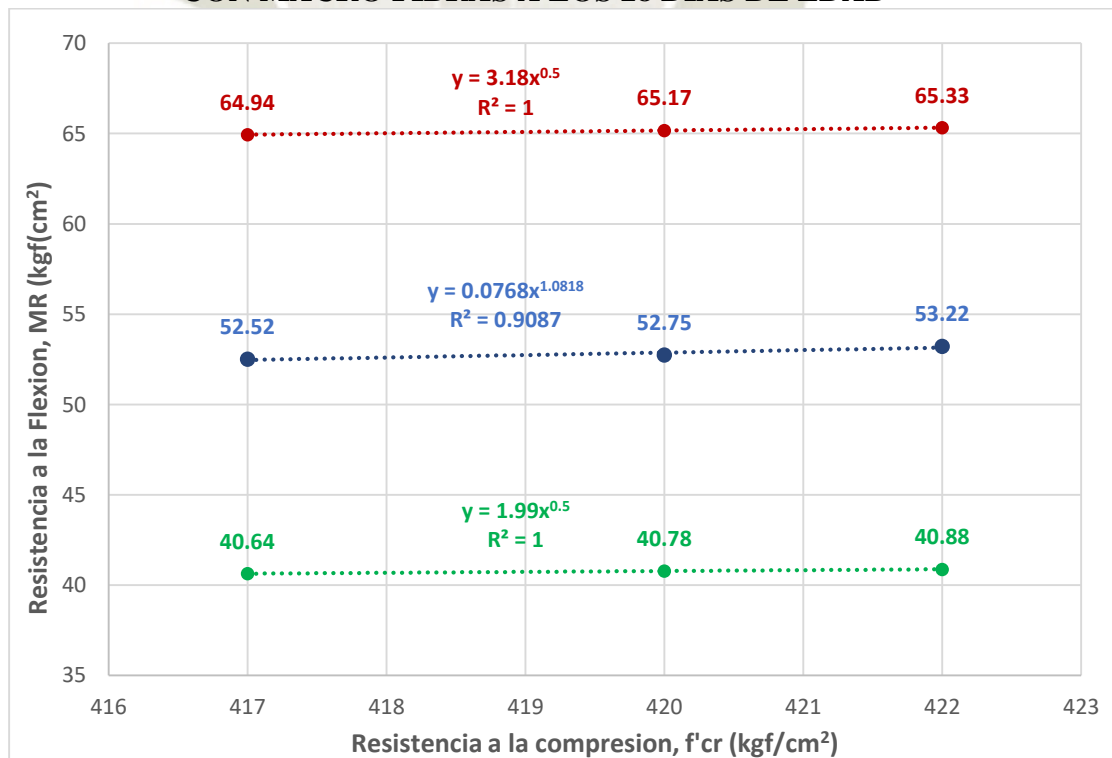
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 43. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



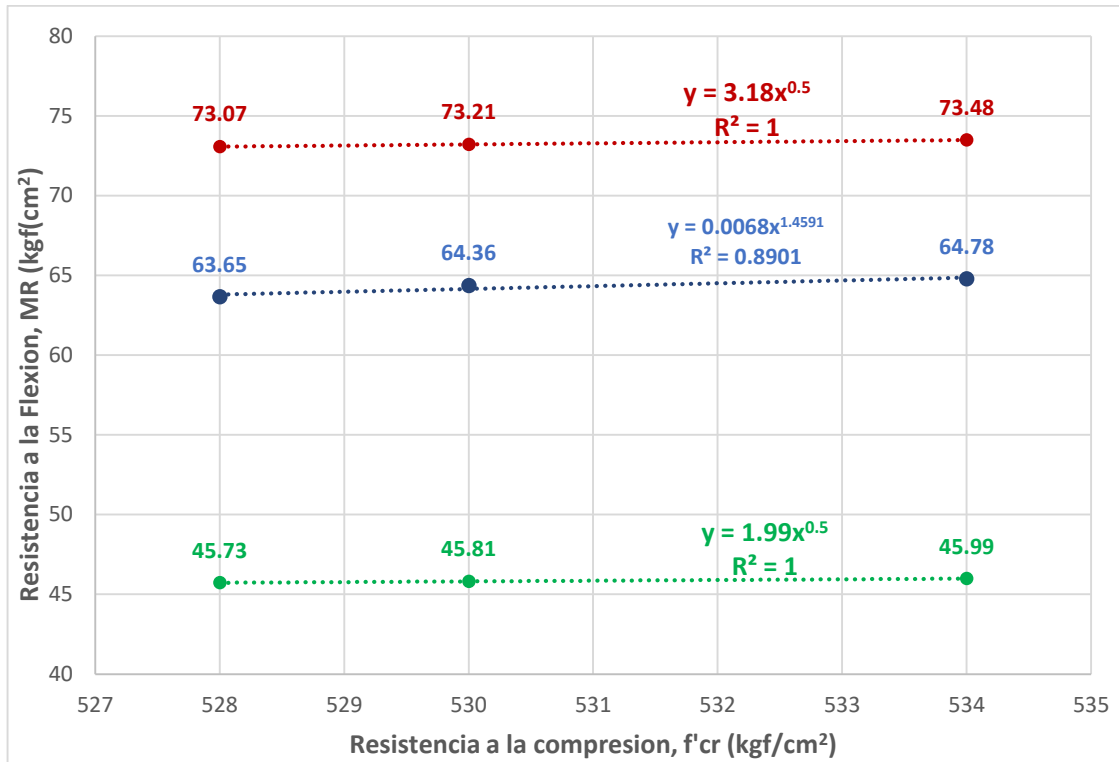
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 44. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



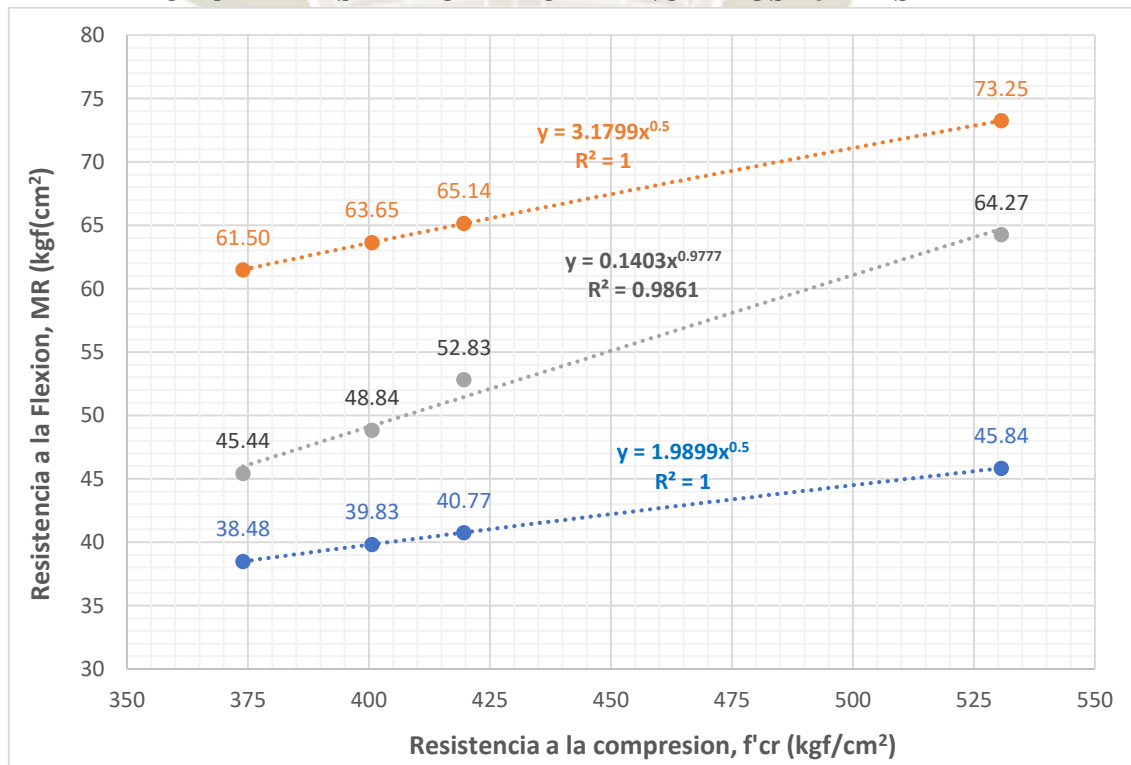
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 45. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 46. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. $f'c$ DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión potencial individual y global a los 7, 14 y 28 días de edad para concreto convencional, no se asemejan a las rectas de los límites superior e inferior del ACI 363, sin embargo, están dentro estos límites.
- Las curvas obtenidas se pueden asemejar a los límites aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 0.0003x^{1.9934}$, $y = 0.0326x^{1.2203}$, $y = 0.0768x^{1.0818}$, $y = 0.0068x^{1.4591}$ para $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional.
- Las ecuaciones obtenidas son: $y = 0.1056x^{1.025}$ a los 7 días, $y = 0.871x^{0.6758}$ a los 14 días, $y = 0.1403x^{0.9777}$ a los 28 días de edad para concreto más macro fibras.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.9488 a los 7 días, 0.9614 a los 14 días y 0.9861 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables $f'cr$ y MR , siendo a los 28 días casi perfecta.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9861 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.

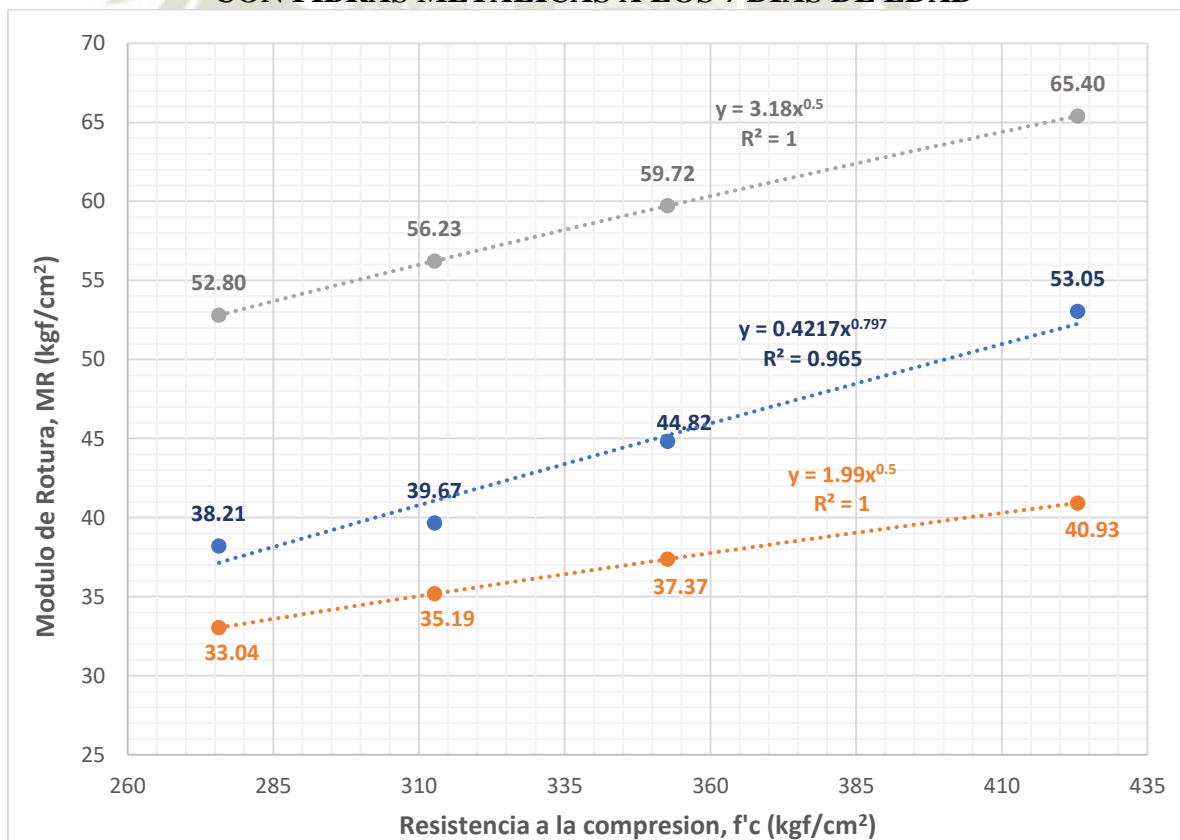
6.3.4 CORRELACIÓN CON FIBRAS METÁLICAS

TABLA 128. CORRELACIÓN MR VS. f'cr DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'cr (kgf/cm ²) | f'cr prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MET 280 | 275 | 275.67 | 39.77 | 38.21 | 33.04 | 52.80 |
| | 280 | | 38.79 | | | |
| | 272 | | 36.06 | | | |
| MET 300 | 311 | 312.67 | 43.70 | 39.67 | 35.19 | 56.23 |
| | 309 | | 39.03 | | | |
| | 318 | | 36.29 | | | |
| MET 350 | 349 | 352.67 | 48.58 | 44.82 | 37.37 | 59.72 |
| | 353 | | 45.40 | | | |
| | 356 | | 40.46 | | | |
| MET 420 | 430 | 423.00 | 55.43 | 53.05 | 40.93 | 65.40 |
| | 419 | | 53.02 | | | |
| | 420 | | 50.71 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 47. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. f'cr DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD



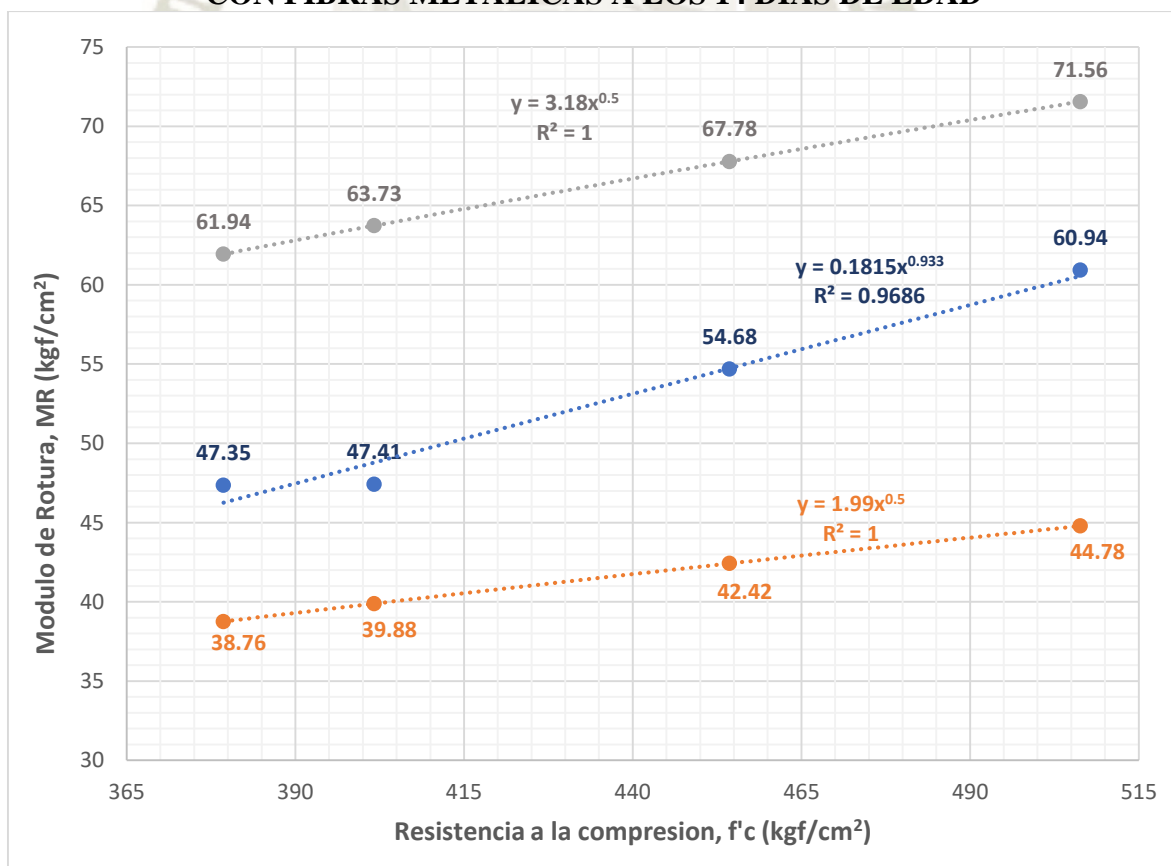
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 129. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MET 280 | 380 | 379.33 | 47.66 | 47.35 | 38.76 | 61.94 |
| | 381 | | 47.74 | | | |
| | 377 | | 46.64 | | | |
| MET 300 | 398 | 401.67 | 48.24 | 47.41 | 39.88 | 63.73 |
| | 405 | | 48.89 | | | |
| | 402 | | 45.09 | | | |
| MET 350 | 453 | 454.33 | 57.34 | 54.68 | 42.42 | 67.78 |
| | 454 | | 53.94 | | | |
| | 456 | | 52.76 | | | |
| MET 420 | 506 | 506.33 | 63.04 | 60.94 | 44.78 | 71.56 |
| | 515 | | 62.34 | | | |
| | 498 | | 57.43 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 48. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD



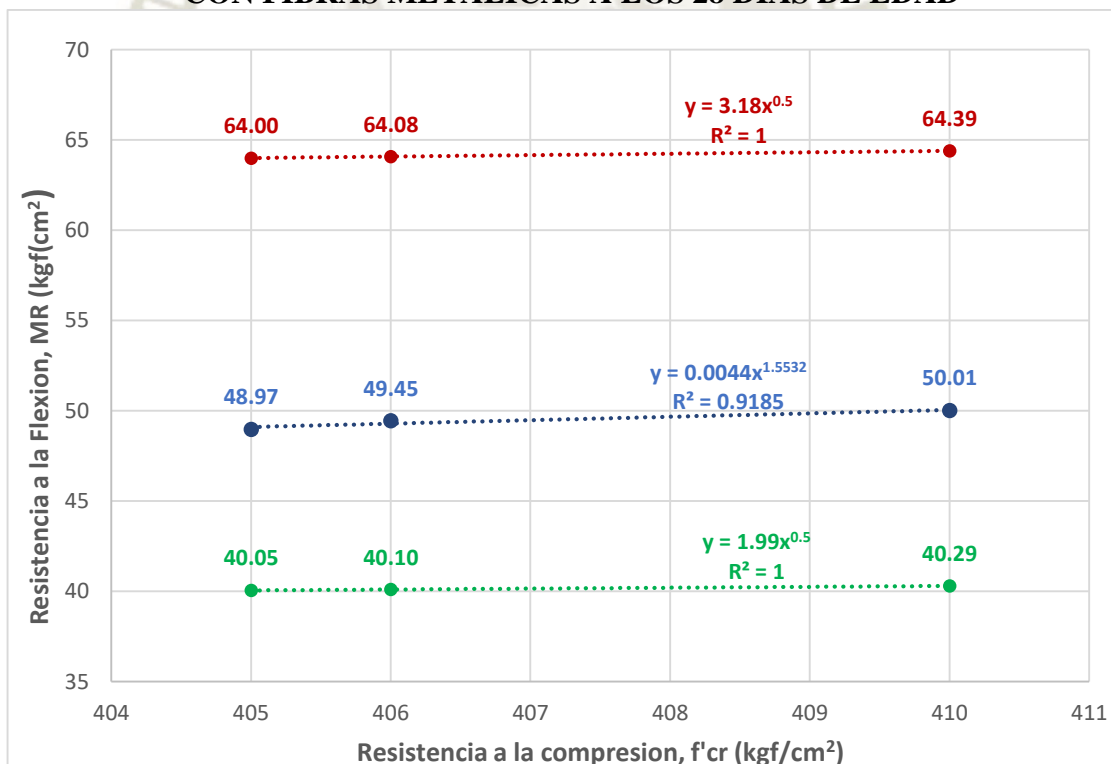
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 130. CORRELACIÓN MR VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom | MR (kgf/cm ²) | MR prom | $y = 1.99x^{0.5}$ | $y = 3.18x^{0.5}$ |
|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|-------------------|
| MET 280 | 410 | 407.00 | 48.97 | 49.48 | 40.15 | 64.15 |
| | 405 | | 49.45 | | | |
| | 406 | | 50.01 | | | |
| MET 300 | 429 | 430.33 | 51.76 | 52.08 | 41.28 | 65.97 |
| | 435 | | 52.01 | | | |
| | 427 | | 52.48 | | | |
| MET 350 | 466 | 467.67 | 56.84 | 57.07 | 43.03 | 68.77 |
| | 465 | | 56.98 | | | |
| | 472 | | 57.38 | | | |
| MET 420 | 580 | 585.00 | 65.16 | 65.56 | 48.13 | 76.91 |
| | 588 | | 65.67 | | | |
| | 587 | | 65.84 | | | |

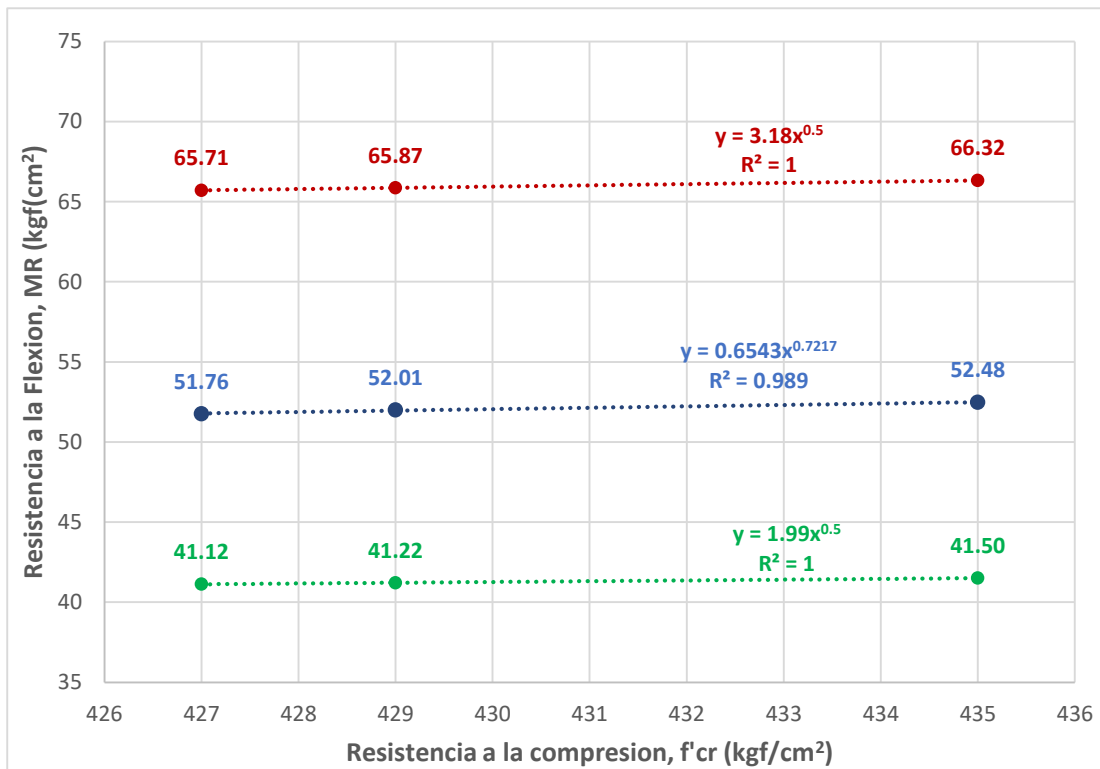
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 49. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'_{c} = 280$ kgf/cm² CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



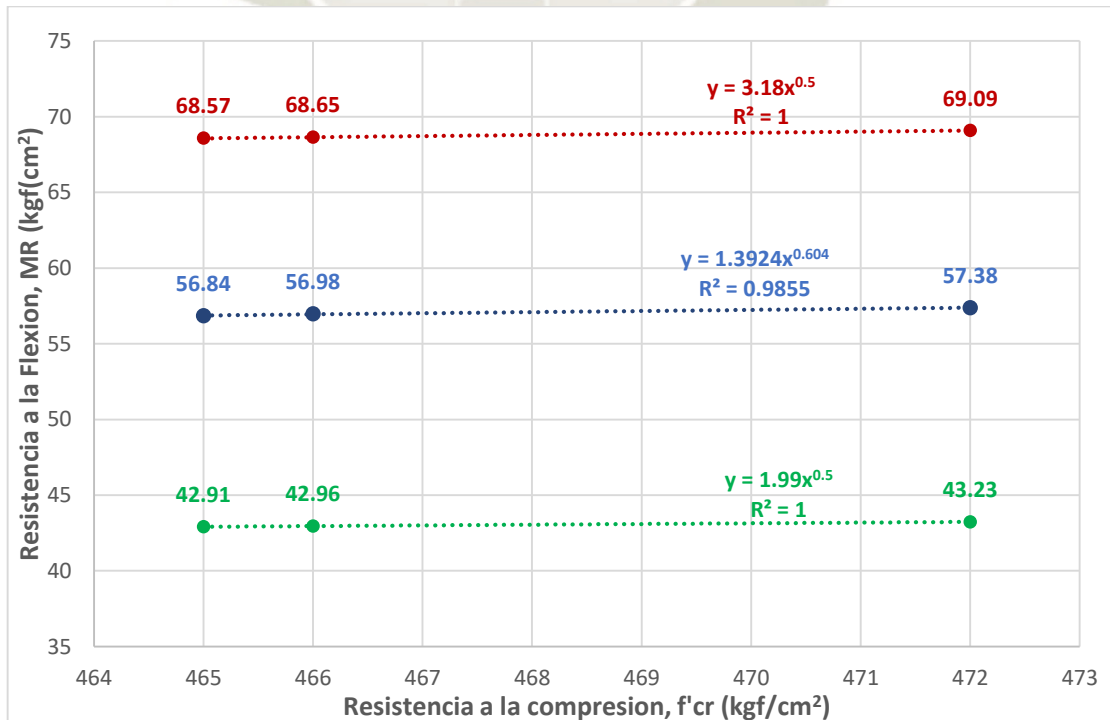
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 50. CORRELACIÓN INDIVIDUAL A MR vs. $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



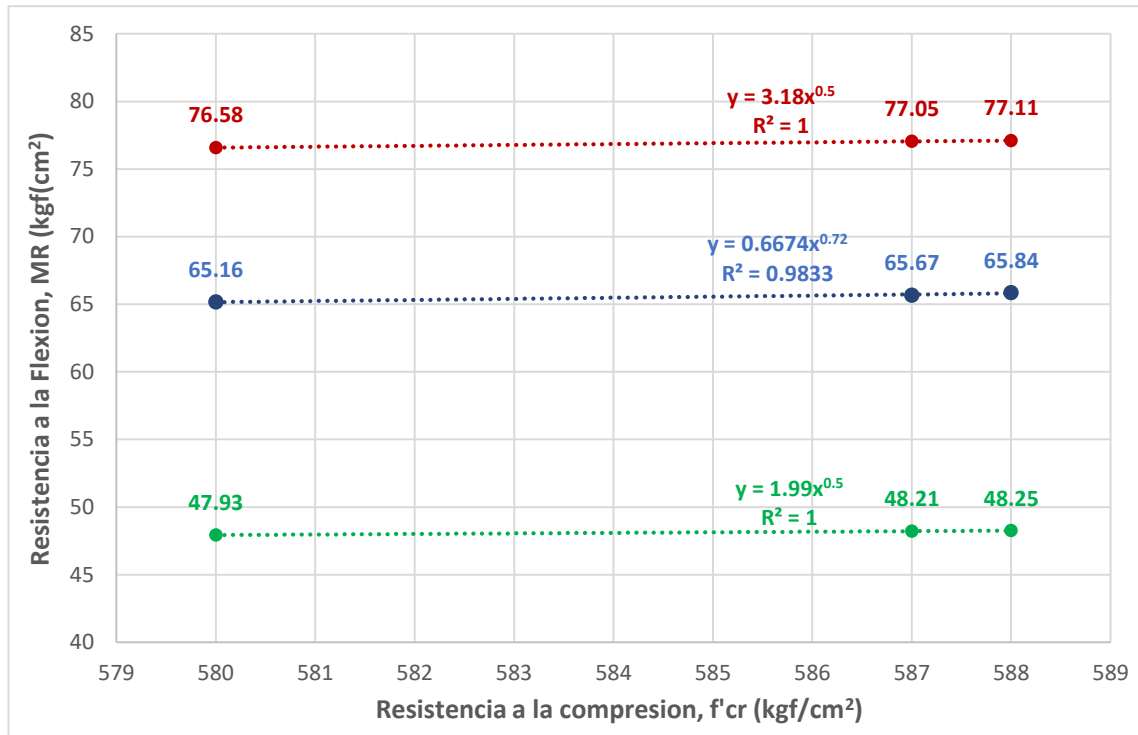
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 51. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



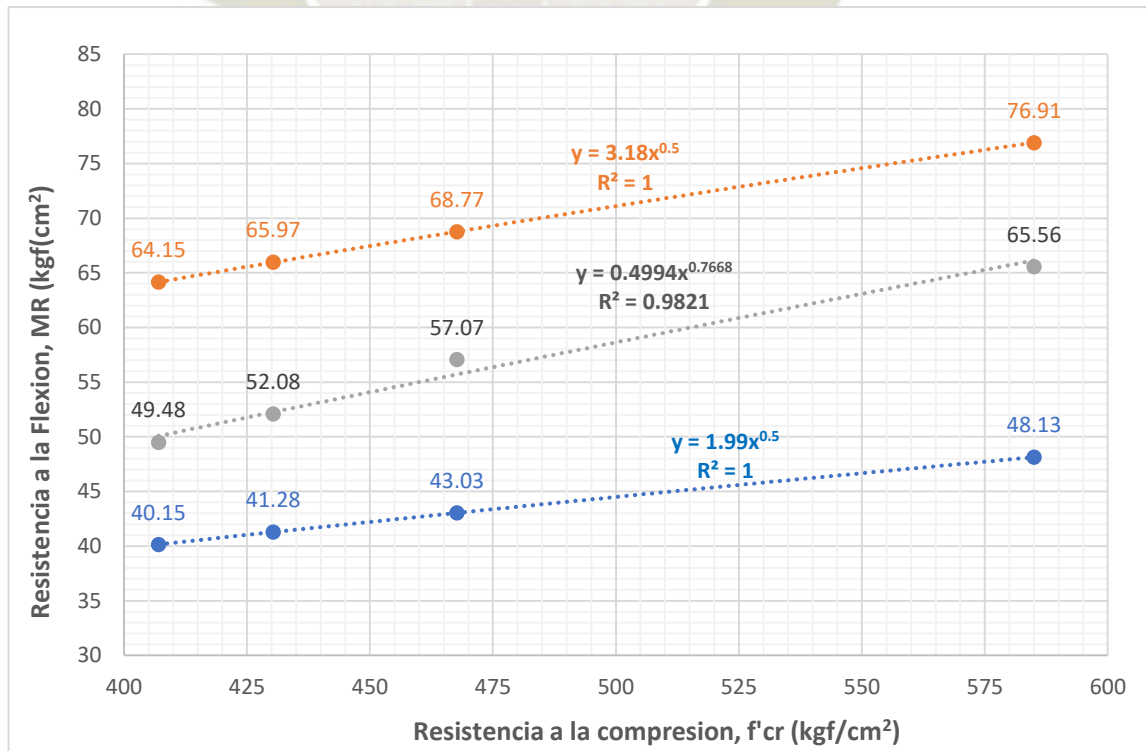
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 52. CORRELACIÓN INDIVIDUAL MR vs. $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 53. CORRELACIÓN GLOBAL MR vs. $f'cr$ DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión potencial individual y global a los 7, 14 y 28 días de edad para concreto convencional, no se asemejan a las rectas de los límites superior e inferior del ACI 363, sin embargo, están dentro estos límites.
- Las curvas obtenidas se pueden asemejar a los límites aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 0.0044x^{1.5532}$, $y = 0.6543x^{0.7217}$, $y = 0.604x^{1.3924}$, $y = 0.6674x^{0.72}$ para $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kg/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional.
- Las ecuaciones obtenidas son: $y = 0.4217x^{0.797}$ a los 7 días, $y = 0.1815x^{0.933}$ a los 14 días, $y = 0.49943x^{0.7668}$ a los 28 días de edad para concreto más macro fibras.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.965 a los 7 días, 0.9686 a los 14 días y 0.9821 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables $f'cr$ y MR, siendo a los 28 días casi perfecta.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9821 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.

6.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE “a”

La ecuación del ACI-363 para la predicción del Módulo de Rotura (MR), presentada en la sección 2.9.1 es de la forma: $MR = a\sqrt{f'c}$, despejando “a” se obtiene:

$$a = \frac{MR}{\sqrt{f'c}}$$

Como se sabe los valores de “a” deben estar entre 1.99 y 3.18, es por ello que se despejo “a” para nuestros $f'c$ y MR hallados en el Capítulo V.

6.4.1 VALORES DE “a” PARA CONCRETO CONVENCIONAL

- $f'_{cr} = 364 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{40.84}{\sqrt{362.33}} = 2.15$$

$$1.99 < 2.15 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 384 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{42.36}{\sqrt{379}} = 2.18$$

$$1.99 < 2.18 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 434 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{45.25}{\sqrt{410.33}} = 2.23$$

$$1.99 < 2.23 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 514 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{56.87}{\sqrt{519}} = 2.50$$

$$1.99 < 2.50 < 3.18$$

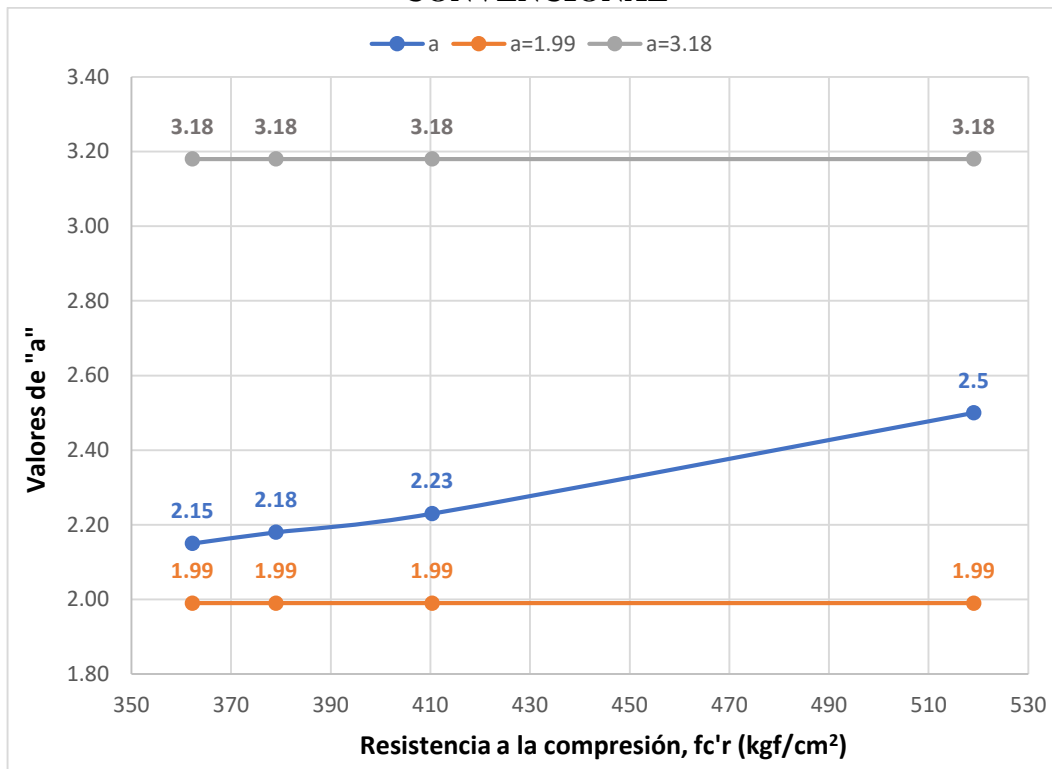
Los valores hallados de “a” para concreto convencional se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 131. VALORES DE "a" CONCRETO CONVENCIONAL

| Tipo de Concreto | f'_c prom | MR prom | a |
|------------------|-------------|---------|------|
| 280 CC | 362.23 | 40.84 | 2.15 |
| 300 CC | 379 | 42.36 | 2.18 |
| 350 CC | 410.33 | 45.25 | 2.23 |
| 420 CC | 519 | 56.87 | 2.5 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 54. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CONVENCIONAL



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la gráfica anterior los valores de "a" para concreto convencional son de forma ascendente, se recomiendan estos rangos de "a" para los siguientes f'_{cr} , de la siguiente forma:

TABLA 132. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA CONCRETO CONVENCIONAL

| f'_{cr} | a |
|-----------|-------------|
| 362 | ≤ 2.15 |
| 362 - 379 | 2.15 - 2.18 |
| 379 - 410 | 2.18 - 2.23 |
| 410 - 519 | 2.23 - 2.5 |
| 519 | ≥ 2.5 |

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de sensibilidad realizado en la ecuación $MR = a\sqrt{f'_{c}}$ para "a" en concretos convencionales sugiere usar valores menores a 2.15 para $f'_{cr} = 362$ kgf/cm², de 2.15 a 2.18 para $f'_{cr} = 362$ a 379 kgf/cm², de 2.18 a 2.23 para $f'_{cr} = 379$ a 410 kgf/cm², de 2.23 a 2.5 para $f'_{cr} = 410$ a 519 kgf/cm² y mayores a 2.5 para $f'_{cr} = 519$ kgf/cm².

6.4.2 VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON MICRO FIBRA DE POLIPROPILENO

- $f'_{cr} = 364 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{45.46}{\sqrt{393}} = 2.26$$

$$1.99 < 2.26 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 384 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{46.12}{\sqrt{416.33}} = 2.29$$

$$1.99 < 2.29 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 434 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{49.52}{\sqrt{447.67}} = 2.34$$

$$1.99 < 2.34 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 514 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{61.51}{\sqrt{551}} = 2.62$$

$$10.99 < 2.62 < 3.18$$

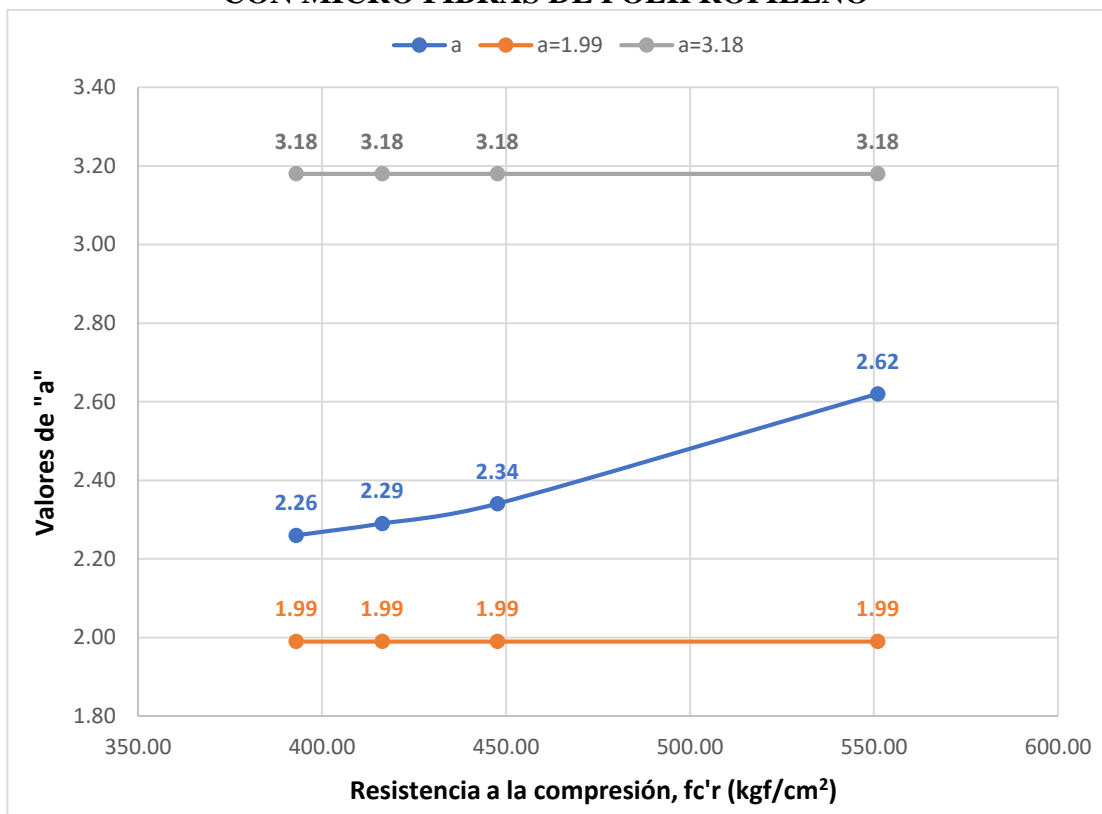
Los valores hallados de “a” para concreto con micro fibras de polipropileno se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 133. VALORES DE "a" CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| Tipo de Concreto | f'c prom | MR prom | a |
|------------------|----------|---------|------|
| MIC-POL 280 | 393 | 45.46 | 2.20 |
| MIC-POL 300 | 416.33 | 46.12 | 2.29 |
| MIC-POL 350 | 447.67 | 49.52 | 2.34 |
| MIC-POL 420 | 551 | 61.51 | 2.62 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 55. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la gráfica anterior los valores de “a” para concreto con micro fibras de polipropileno son de forma ascendente, se recomiendan estos rangos de “a” para los siguientes f'_{cr} , de la siguiente forma:

TABLA 134. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| f'_{cr} | a |
|-----------|-------------|
| 393 | ≤ 2.20 |
| 393 - 416 | 2.20 - 2.29 |
| 416 - 448 | 2.29 - 2.34 |
| 448 - 551 | 2.34 - 2.62 |
| 551 | ≥ 2.62 |

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de sensibilidad realizado en la ecuación $MR = a\sqrt{f'_{cr}}$ para "a" en concretos con micro fibras de polipropileno sugiere usar valores menores a 2.20 para $f'_{cr} = 393$ kgf/cm², de 2.20 a 2.29 para $f'_{cr} = 393$ a 416 kgf/cm², de 2.29 a 2.34 para $f'_{cr} = 416$ a 448 kgf/cm², de 2.34 a 2.62 para $f'_{cr} = 448$ a 551 kgf/cm² y mayores a 2.62 para $f'_{cr} = 551$ kgf/cm².

6.4.3 VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON MACRO FIBRA DE POLIPROPILENO

- $f'_{cr} = 364 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{45.44}{\sqrt{374}} = 2.26$$

$$1.99 < 2.26 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 384 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{48.84}{\sqrt{400.67}} = 2.29$$

$$1.99 < 2.29 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 434 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{52.83}{\sqrt{419.67}} = 2.34$$

$$1.99 < 2.34 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 514 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{64.27}{\sqrt{530.67}} = 2.62$$

$$1.99 < 2.62 < 3.18$$

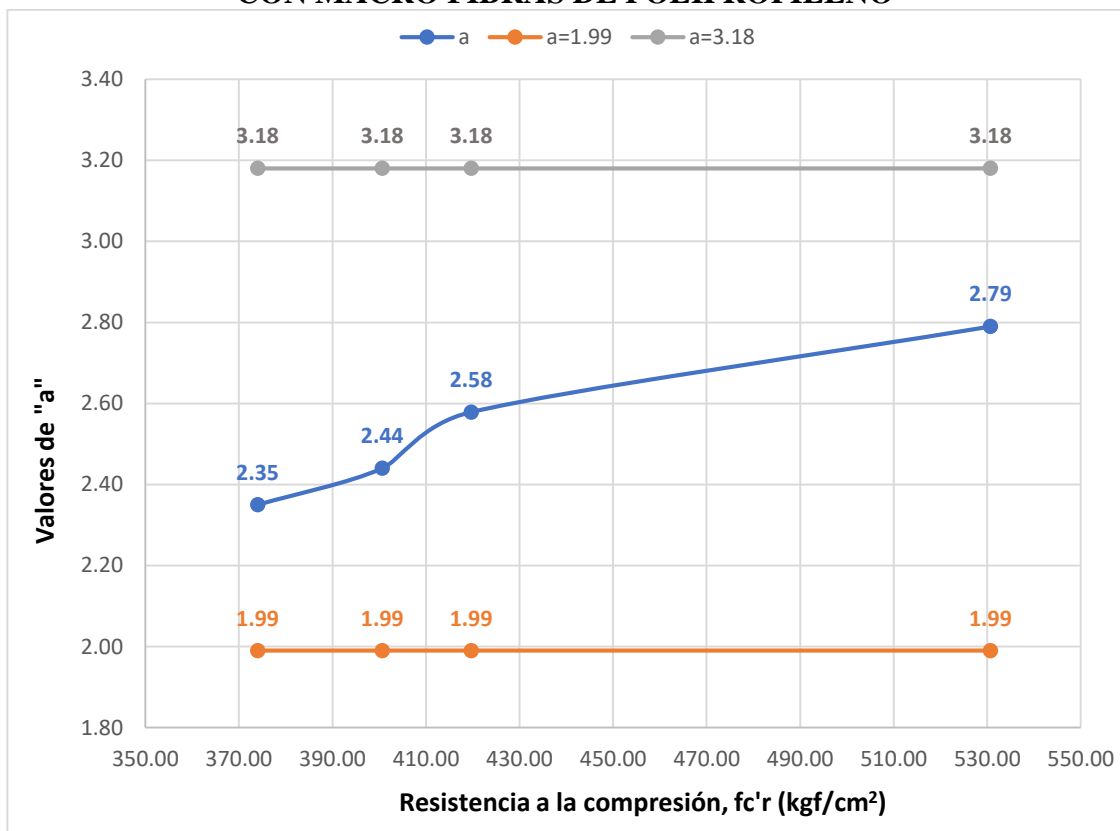
Los valores hallados de “a” para concreto con macro fibras de polipropileno se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 135. VALORES DE "a" CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| Tipo de Concreto | f'c prom | MR prom | a |
|------------------|----------|---------|------|
| MAC-POL 280 | 374 | 45.44 | 2.35 |
| MAC-POL 300 | 400.67 | 48.84 | 2.44 |
| MAC-POL 350 | 419.67 | 52.83 | 2.58 |
| MAC-POL 420 | 530.67 | 64.27 | 2.79 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 56. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la gráfica anterior los valores de “a” para concreto con macro fibras de polipropileno son de forma ascendente, se recomiendan estos rangos de “a” para los siguientes f'_{cr} , de la siguiente forma:

TABLA 136. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| f'_{cr} | a |
|-----------|-------------|
| 374 | < 2.35 |
| 374 - 400 | 2.35 - 2.44 |
| 400 - 419 | 2.44 - 2.58 |
| 419 - 530 | 2.58 - 2.79 |
| 530 | > 2.79 |

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de sensibilidad realizado en la ecuación $MR = a\sqrt{f'_{c}}$ para "a" en concretos con macro fibras de polipropileno sugiere usar valores menores a 2.35 para $f'_{cr} = 374$ kgf/cm², de 2.35 a 2.44 para $f'_{cr} = 374$ a 400 kgf/cm², de 2.44 a 2.58 para $f'_{cr} = 400$ a 419 kgf/cm², de 2.58 a 2.79 para $f'_{cr} = 419$ a 530 kgf/cm² y mayores a 2.79 para $f'_{cr} = 530$ kgf/cm².

6.4.4 VALORES DE “a” PARA CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS

- $f'_{cr} = 364 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{45.44}{\sqrt{374}} = 2.26$$

$$1.99 < 2.26 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 384 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{48.84}{\sqrt{400.67}} = 2.29$$

$$1.99 < 2.29 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 434 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{52.83}{\sqrt{419.67}} = 2.34$$

$$1.99 < 2.34 < 3.18$$

- $f'_{cr} = 514 \text{ kgf/cm}^2$

$$a = \frac{64.27}{\sqrt{530.67}} = 2.62$$

$$10.100 < 2.62 < 3.18$$

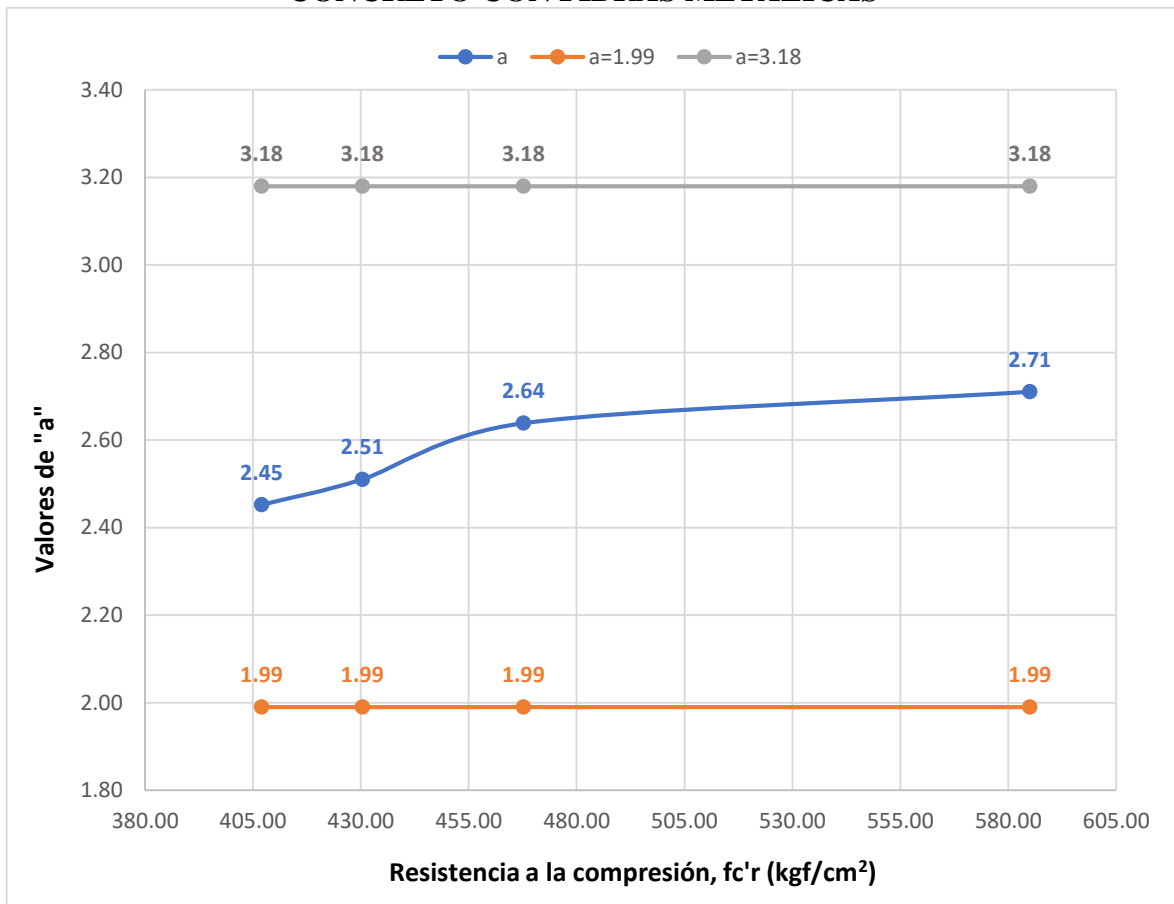
Los valores hallados de “a” para concreto con micro fibras de polipropileno se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA 137. VALORES DE "a" CONCRETO
CON FIBRAS METÁLICAS**

| Tipo de Concreto | f'c prom | MR prom | a |
|------------------|----------|---------|------|
| MET 280 | 407 | 49.48 | 2.45 |
| MET 300 | 430.33 | 52.08 | 2.51 |
| MET 350 | 467.67 | 57.07 | 2.64 |
| MET 420 | 585 | 65.56 | 2.71 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 57. VALORES RECOMENDADAS DE "a" PARA CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la gráfica anterior los valores de "a" para concreto con fibras metálicas son de forma ascendente, se recomiendan estos rangos de "a" para los siguientes $f_c'r$, de la siguiente forma:

TABLA 138. VALORES DE "a" RECOMENDADOS PARA FIBRAS METÁLICAS

| $f_c'r$ | a |
|-----------|-------------|
| 407 | < 2.45 |
| 407 - 430 | 2.45 - 2.51 |
| 430 - 467 | 2.51 - 2.64 |
| 467 - 585 | 2.64 - 2.71 |
| 585 | > 2.71 |

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de sensibilidad realizado en la ecuación $MR = a\sqrt{f_c}$ para "a" en concretos con fibras metálicas sugiere usar valores menores a 2.45 para $f_c'r = 407$ kgf/cm², de 2.45 a 2.51 para $f_c'r = 407$ a 430 kgf/cm², de 2.51 a 2.64 para $f_c'r = 430$ a 467 kgf/cm², de 2.64 a 2.71 para $f_c'r = 467$ a 585 kgf/cm² y mayores a 2.71 para $f_c'r = 585$ kgf/cm².

6.5 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE $f't$ VS. $f'cr$

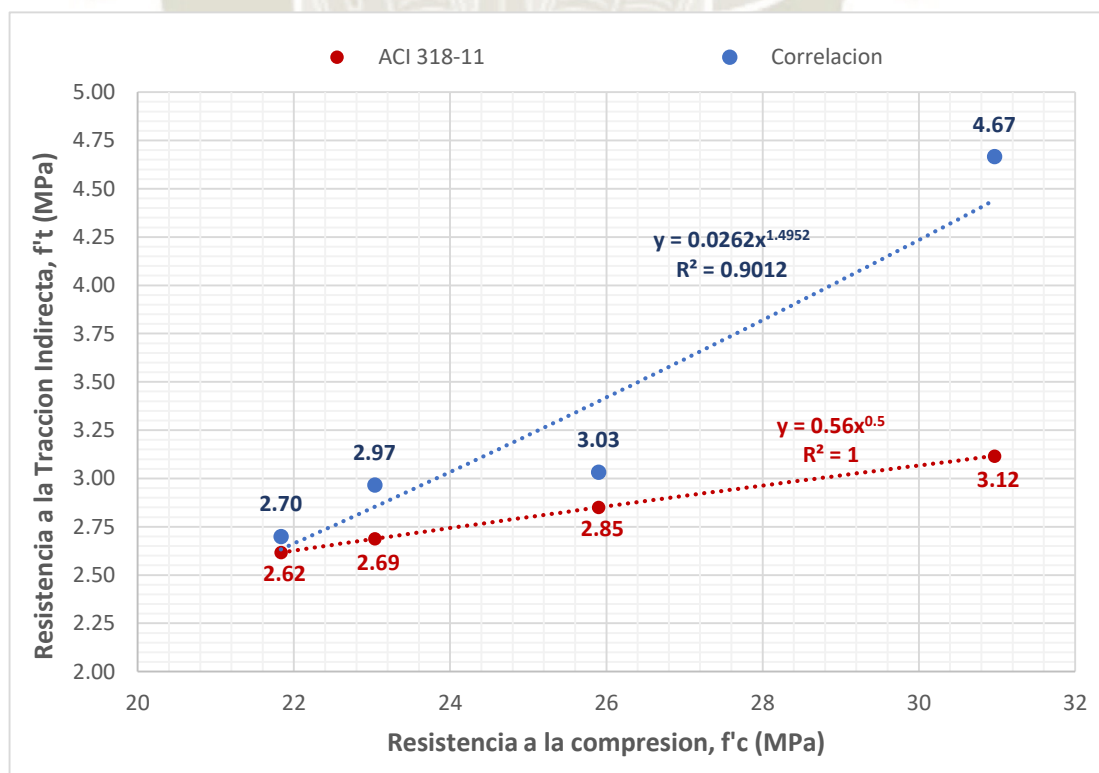
6.5.1 CORRELACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL

TABLA 139. CORRELACIÓN $f't$ VS. $f'cr$ DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | $f'cr$ (kgf/cm ²) | $f'cr$ prom (MPa) | $f't$ (kgf/cm ²) | $f't$ prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------|------------|
| 280 CC | 210 | 21.83 | 27.00 | 2.70 | 2.62 |
| | 220 | | 28.00 | | |
| | 225 | | 26.00 | | |
| 300 CC | 229 | 23.03 | 30.00 | 2.97 | 2.69 |
| | 230 | | 30.00 | | |
| | 232 | | 29.00 | | |
| 350 CC | 259 | 25.90 | 29.00 | 3.03 | 2.85 |
| | 261 | | 31.00 | | |
| | 257 | | 31.00 | | |
| 420 CC | 310 | 30.97 | 46.00 | 4.67 | 3.12 |
| | 311 | | 46.00 | | |
| | 308 | | 48.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 58. CORRELACIÓN GLOBAL $f't$ VS. $f'cr$ DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD



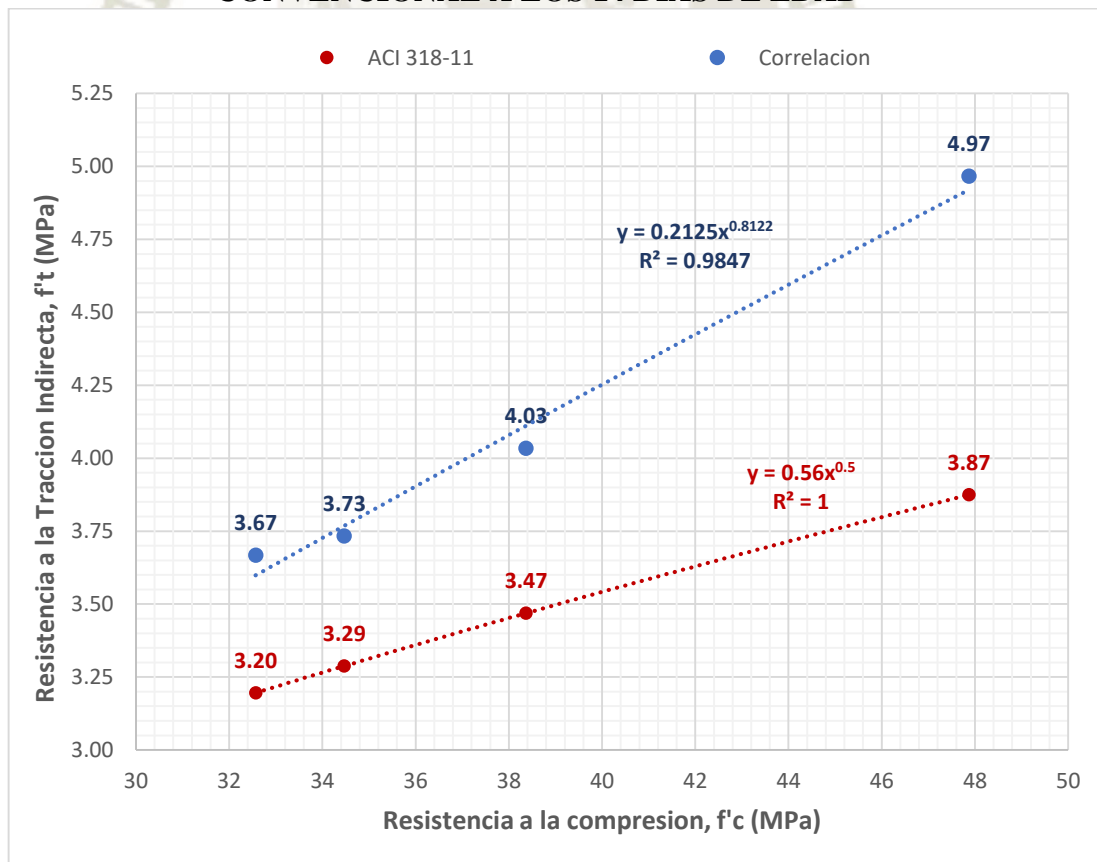
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 140. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| 280 CC | 321 | 32.57 | 36.00 | 3.67 | 3.20 |
| | 330 | | 38.00 | | |
| | 326 | | 36.00 | | |
| 300 CC | 342 | 34.47 | 39.00 | 3.73 | 3.29 |
| | 345 | | 37.00 | | |
| | 347 | | 36.00 | | |
| 350 CC | 386 | 38.37 | 40.00 | 4.03 | 3.47 |
| | 389 | | 40.00 | | |
| | 376 | | 41.00 | | |
| 420 CC | 463 | 47.87 | 50.00 | 4.97 | 3.87 |
| | 486 | | 51.00 | | |
| | 487 | | 48.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 59. CORRELACIÓN GLOBAL f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD



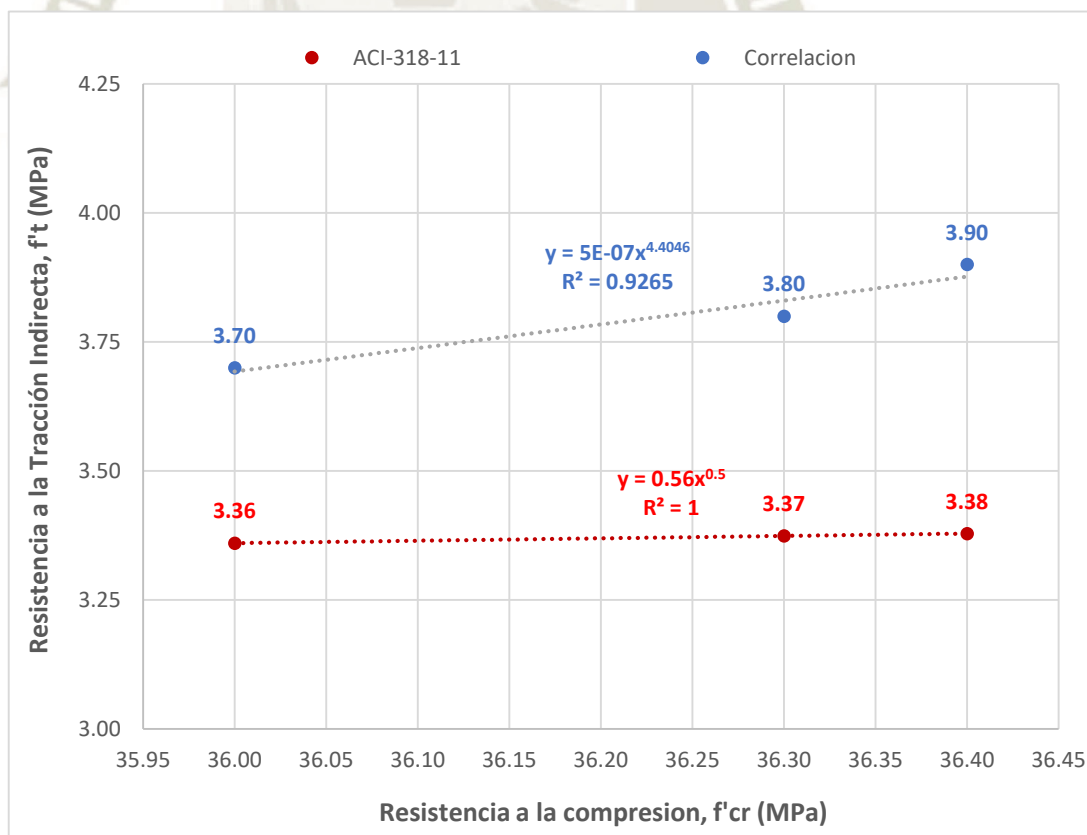
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 141. CORRELACIÓN f_t VS. f_{cr} DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f_{cr} (kgf/cm ²) | f_{cr} prom (MPa) | f_t (kgf/cm ²) | f_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------|------------|
| 280 CC | 360 | 36.23 | 4.09 | 4.08 | 3.37 |
| | 364 | | 4.09 | | |
| | 363 | | 4.07 | | |
| 300 CC | 382 | 37.90 | 4.56 | 4.38 | 3.45 |
| | 377 | | 4.18 | | |
| | 378 | | 4.40 | | |
| 350 CC | 408 | 41.03 | 4.59 | 4.54 | 3.59 |
| | 411 | | 4.49 | | |
| | 412 | | 4.55 | | |
| 420 CC | 514 | 51.90 | 5.30 | 5.05 | 4.03 |
| | 516 | | 4.84 | | |
| | 527 | | 5.00 | | |

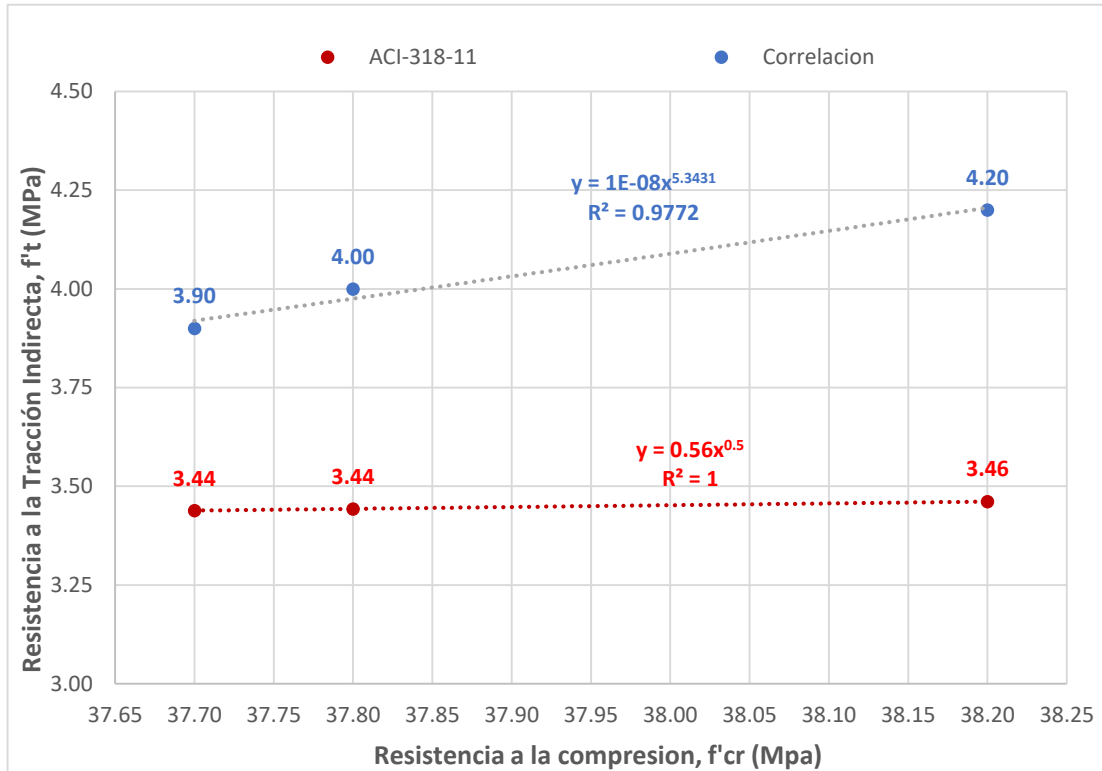
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 60. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 280$ kgf/cm² CC



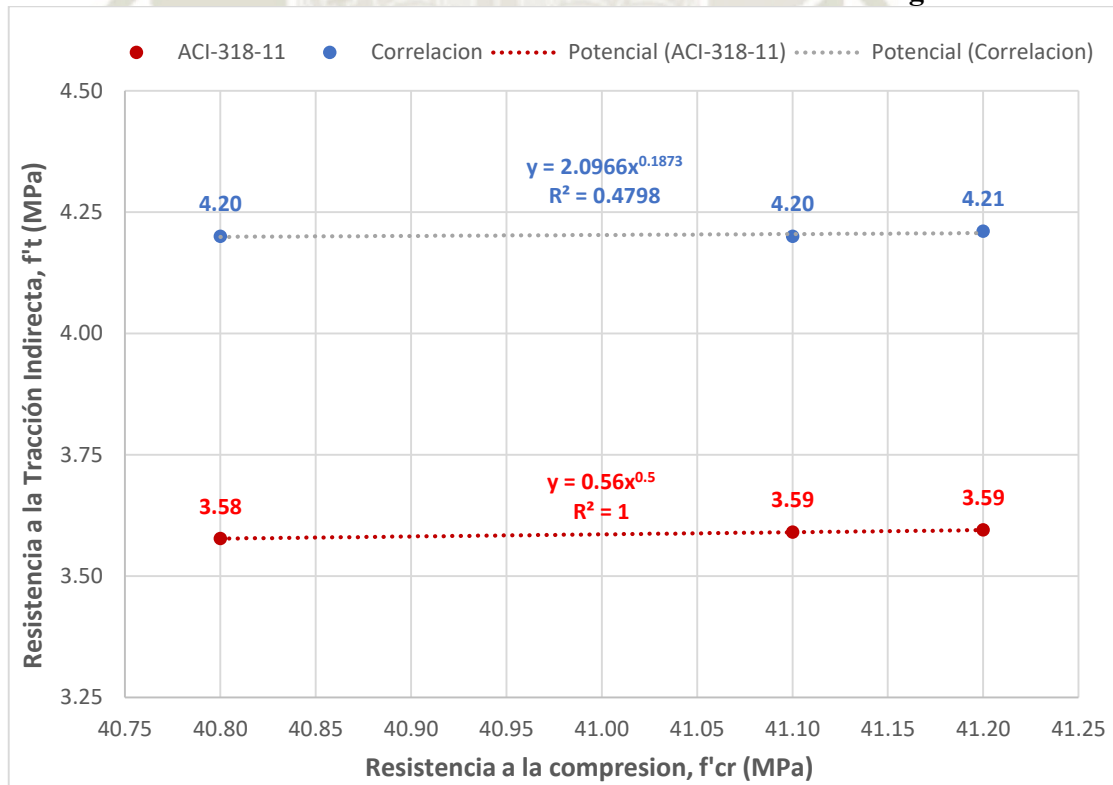
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 61. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2 \text{ CC}$



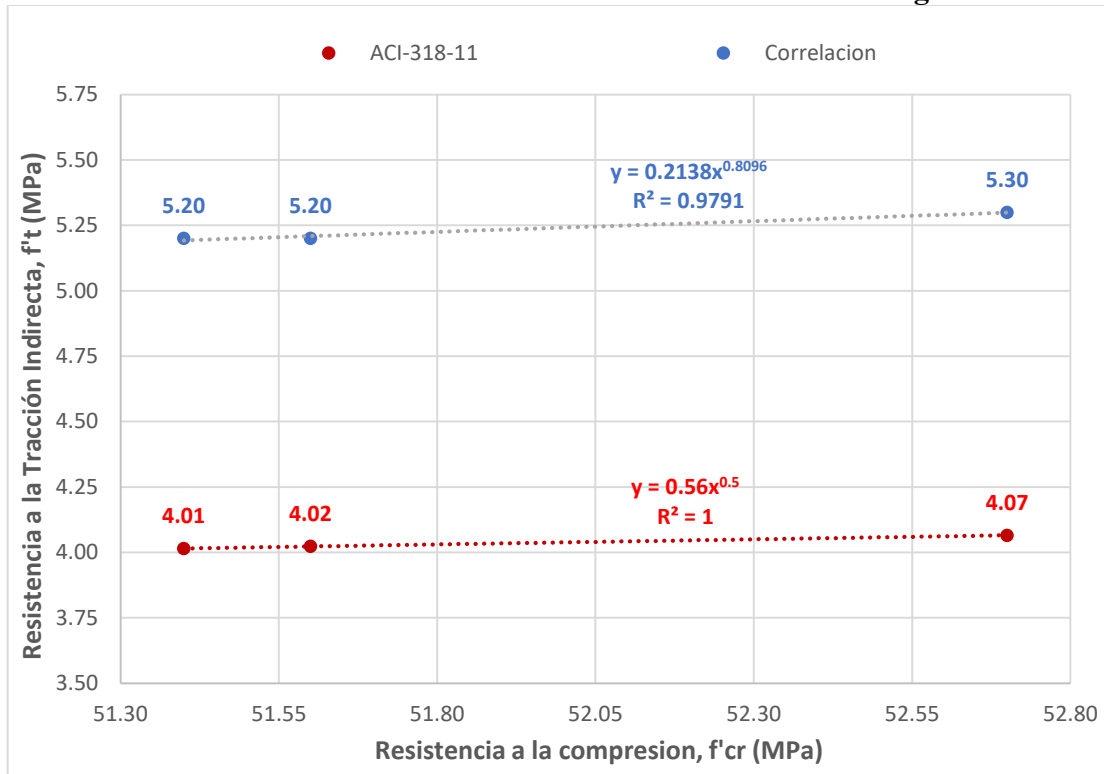
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 62. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ CC}$



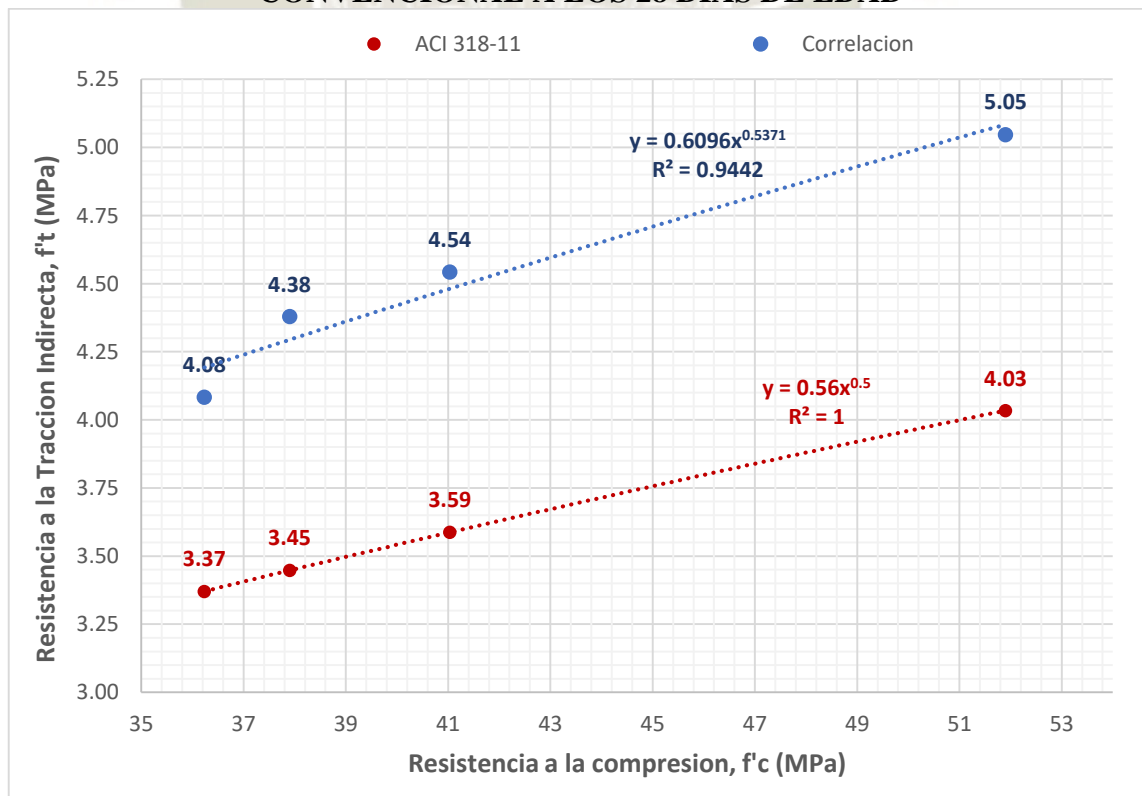
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 63. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 420 \text{ kg/cm}^2 \text{ CC}$



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 64. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f_c DE CONCRETO CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión potencial a los 28 días de edad para concreto convencional, se asemeja a la ecuación del ACI 318-11, mientras que a los 14 días intenta asemejarse, pero se desajusta por la resistencia $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$. Siento la recta de regresión a los 7 días la que menos se asemeja, desajustada por la resistencia $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$.
- Las curvas obtenidas tanto globales como individuales se encuentran por encima de las rectas graficadas por la ecuación del ACI 318-11, es decir que la calidad de los materiales tiene un mejor desempeño.
- Las curvas obtenidas se pueden mejorar en relación de variables, aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.9012 a los 7 días, 0.9847 a los 14 días y 0.9442 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables $f'cr$ y MR, siendo a los 14 días casi perfecta o la que más se acerca a 1.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9847 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.
- Las ecuaciones globales obtenidas son: $y = 0.0262x^{1.4952}$ a los 7 días, $y = 0.2125x^{0.8122}$ a los 14 días, $y = 0.6096x^{0.5371}$ a los 28 días de edad para concreto convencional. Ya que todas tienen un coeficiente de determinación R^2 casi 1, se recomienda su uso.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 5E-07x^{4.4046}$, $y = 1E-08x^{5.3431}$, $y = 2.0966x^{0.1873}$, $y = 0.2138x^{0.8096}$ para $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional. Sin embargo, la ecuación generada por $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ tiene un coeficiente de determinación R^2 menor a 0.50, por lo tanto, no se recomienda usar esta ecuación.

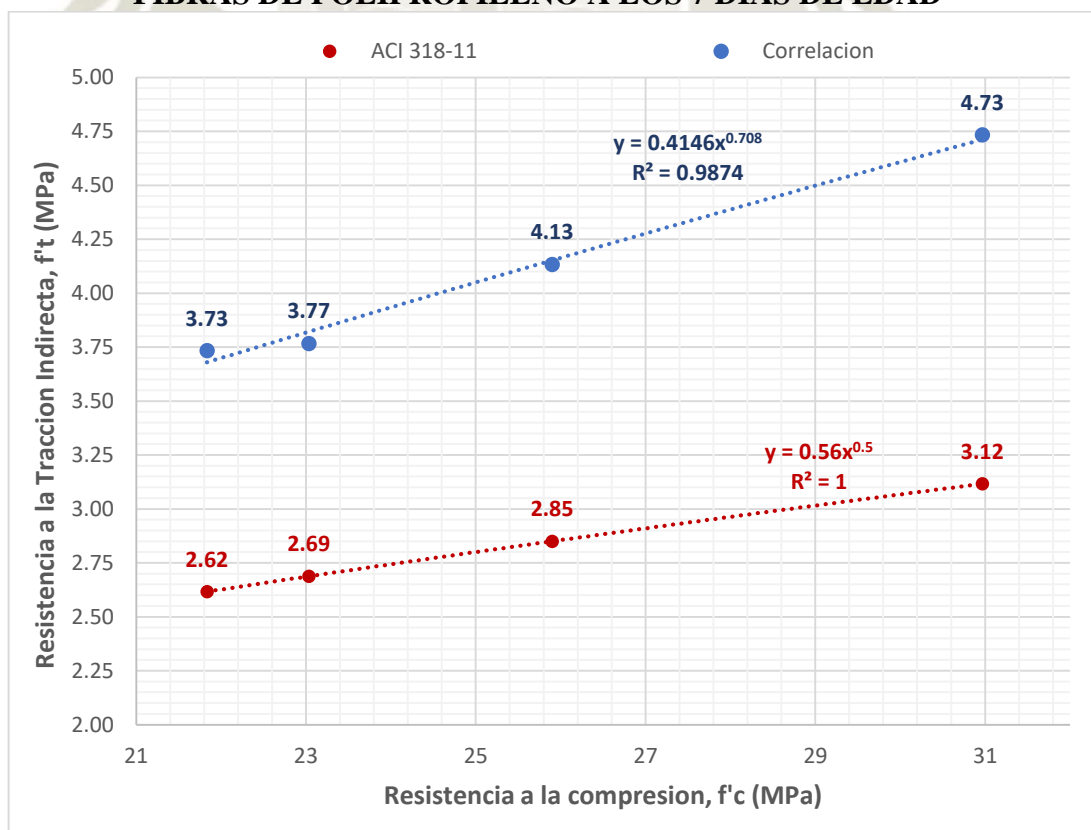
6.5.2 CORRELACIÓN CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

TABLA 142. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MIC-POL 280 | 210 | 21.83 | 38.00 | 3.73 | 2.62 |
| | 220 | | 37.00 | | |
| | 225 | | 37.00 | | |
| MIC-POL 300 | 229 | 23.03 | 38.00 | 3.77 | 2.69 |
| | 230 | | 39.00 | | |
| | 232 | | 36.00 | | |
| MIC-POL 350 | 259 | 25.90 | 41.00 | 4.13 | 2.85 |
| | 261 | | 42.00 | | |
| | 257 | | 41.00 | | |
| MIC-POL 420 | 310 | 30.97 | 48.00 | 4.73 | 3.12 |
| | 311 | | 47.00 | | |
| | 308 | | 47.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 65. CORRELACIÓN GLOBAL f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD



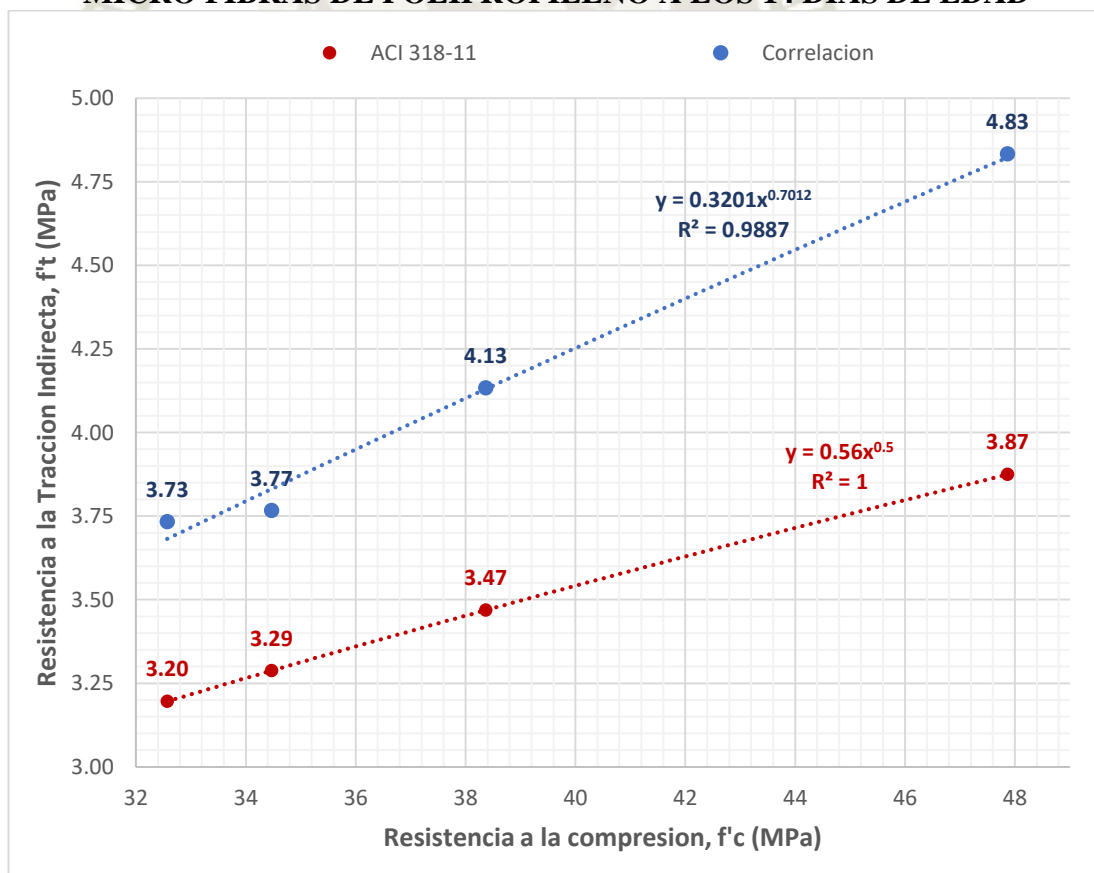
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 143. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MIC-POL 280 | 321 | 32.57 | 38.00 | 3.73 | 3.20 |
| | 330 | | 37.00 | | |
| | 326 | | 37.00 | | |
| MIC-POL 300 | 342 | 34.47 | 38.00 | 3.77 | 3.29 |
| | 345 | | 39.00 | | |
| | 347 | | 36.00 | | |
| MIC-POL 350 | 386 | 38.37 | 41.00 | 4.13 | 3.47 |
| | 389 | | 42.00 | | |
| | 376 | | 41.00 | | |
| MIC-POL 420 | 463 | 47.87 | 47.00 | 4.83 | 3.87 |
| | 486 | | 47.00 | | |
| | 487 | | 51.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 66. CORRELACIÓN GLOBAL f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD



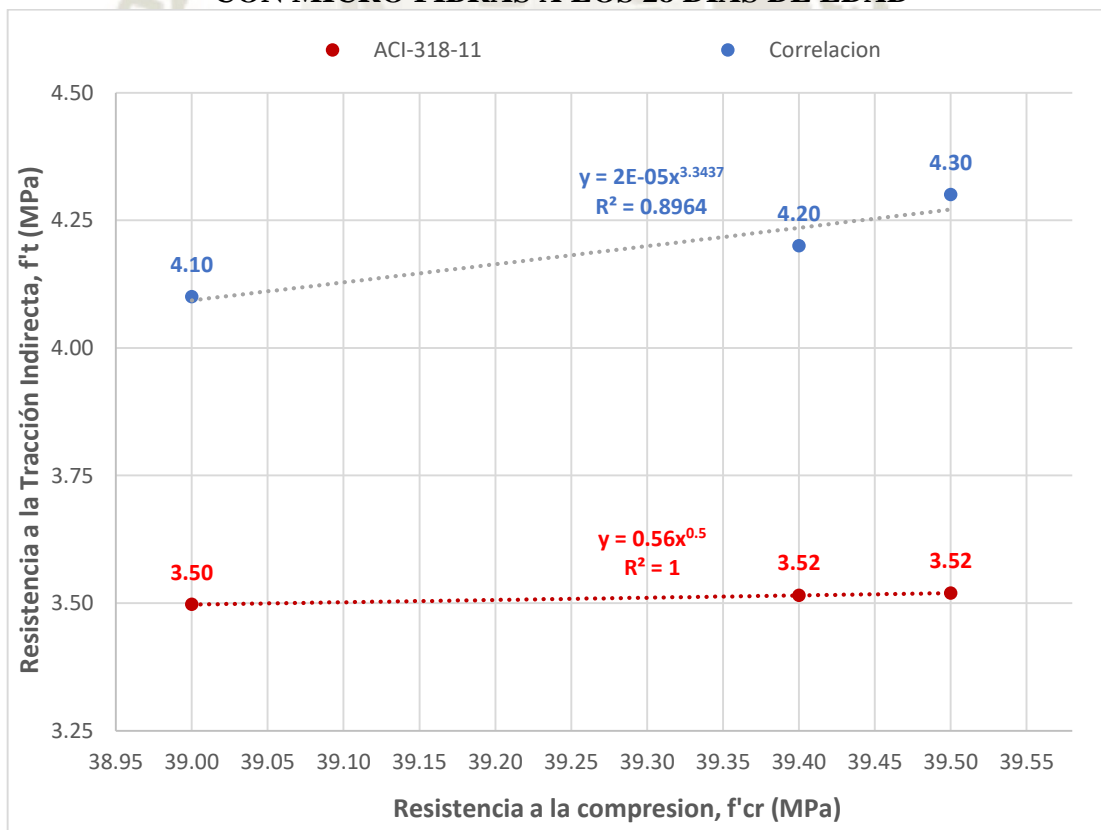
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 144. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f_t (kgf/cm ²) | f_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|------------|
| MIC-POL 280 | 360 | 36.23 | 41.00 | 4.20 | 3.37 |
| | 364 | | 43.00 | | |
| | 363 | | 42.00 | | |
| MIC-POL 300 | 382 | 37.90 | 42.00 | 4.40 | 3.45 |
| | 377 | | 44.00 | | |
| | 378 | | 46.00 | | |
| MIC-POL 350 | 408 | 41.03 | 48.00 | 4.90 | 3.59 |
| | 411 | | 50.00 | | |
| | 412 | | 49.00 | | |
| MIC-POL 420 | 514 | 51.90 | 59.00 | 5.77 | 4.03 |
| | 516 | | 56.00 | | |
| | 527 | | 58.00 | | |

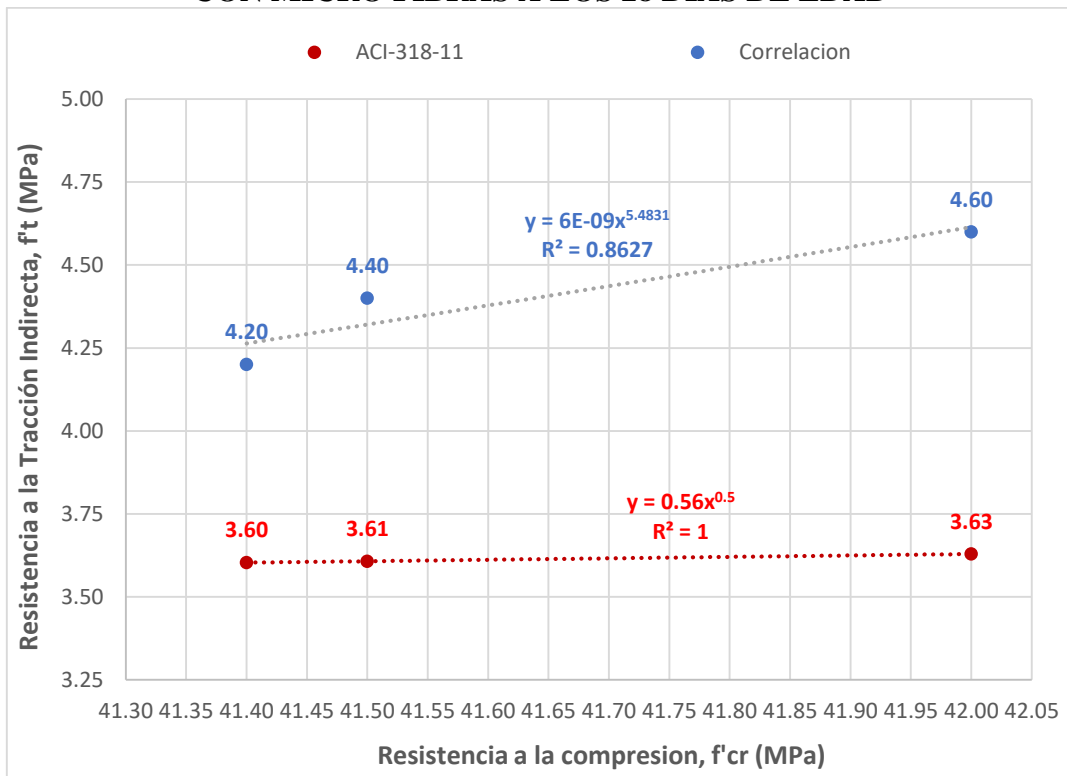
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 67. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f'_{c} = 280$ kgf/cm² CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



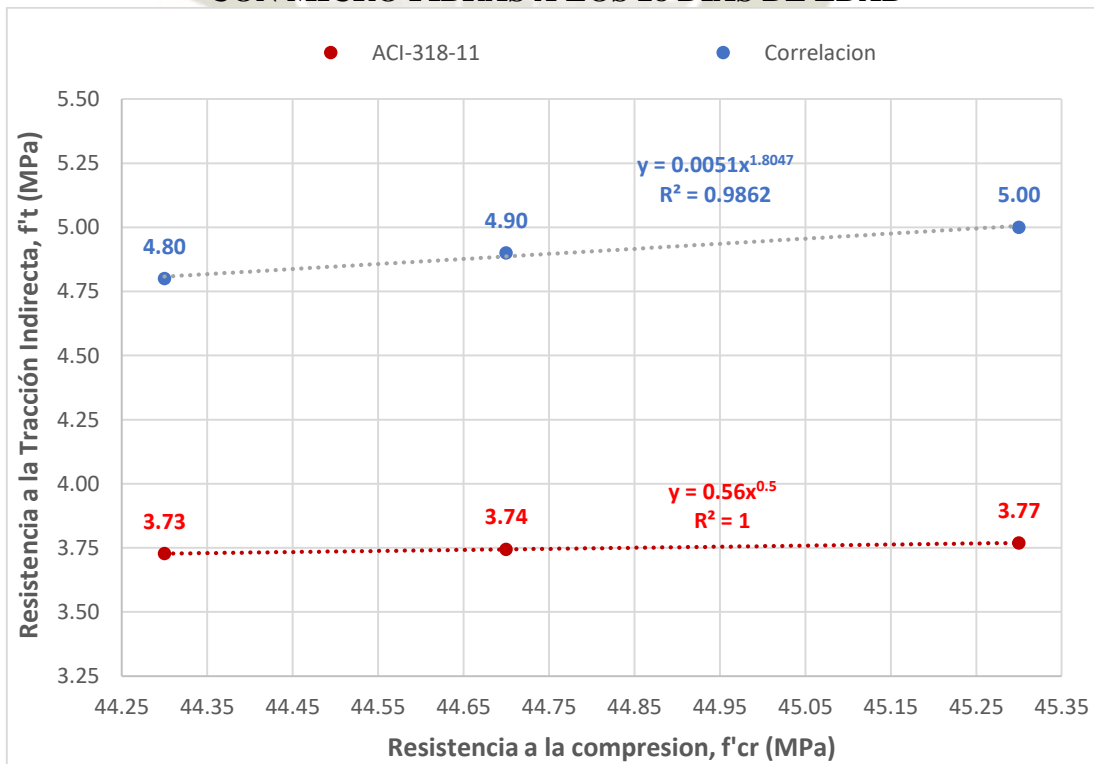
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 68. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



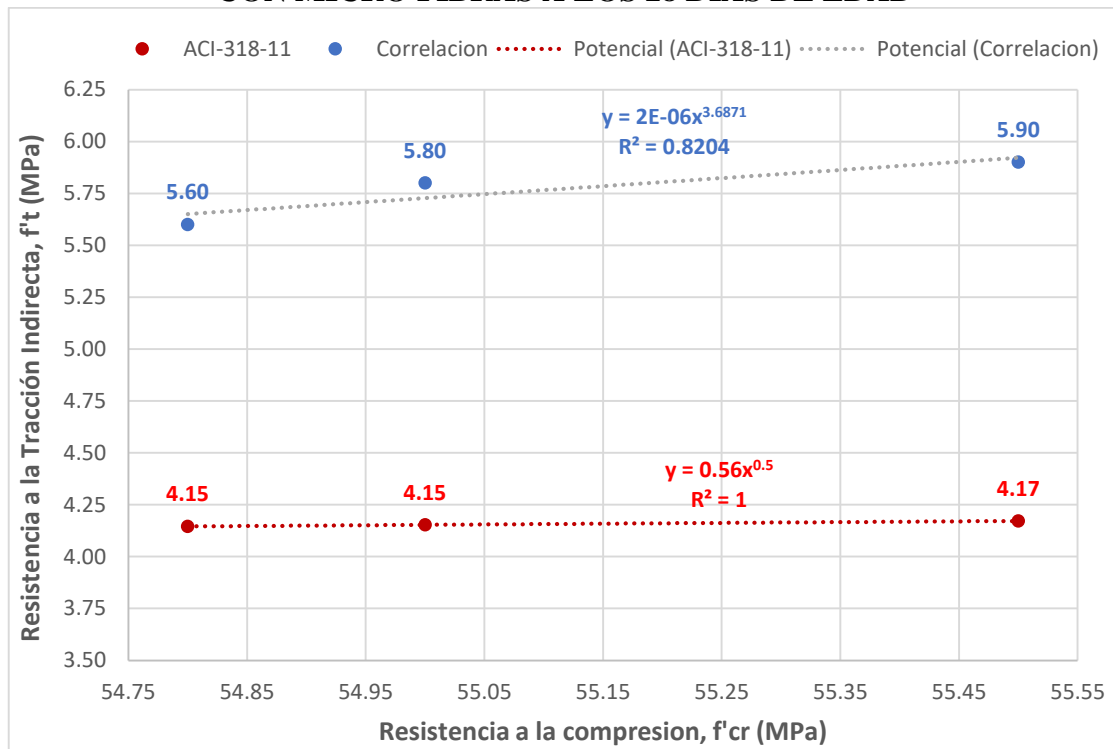
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 69. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



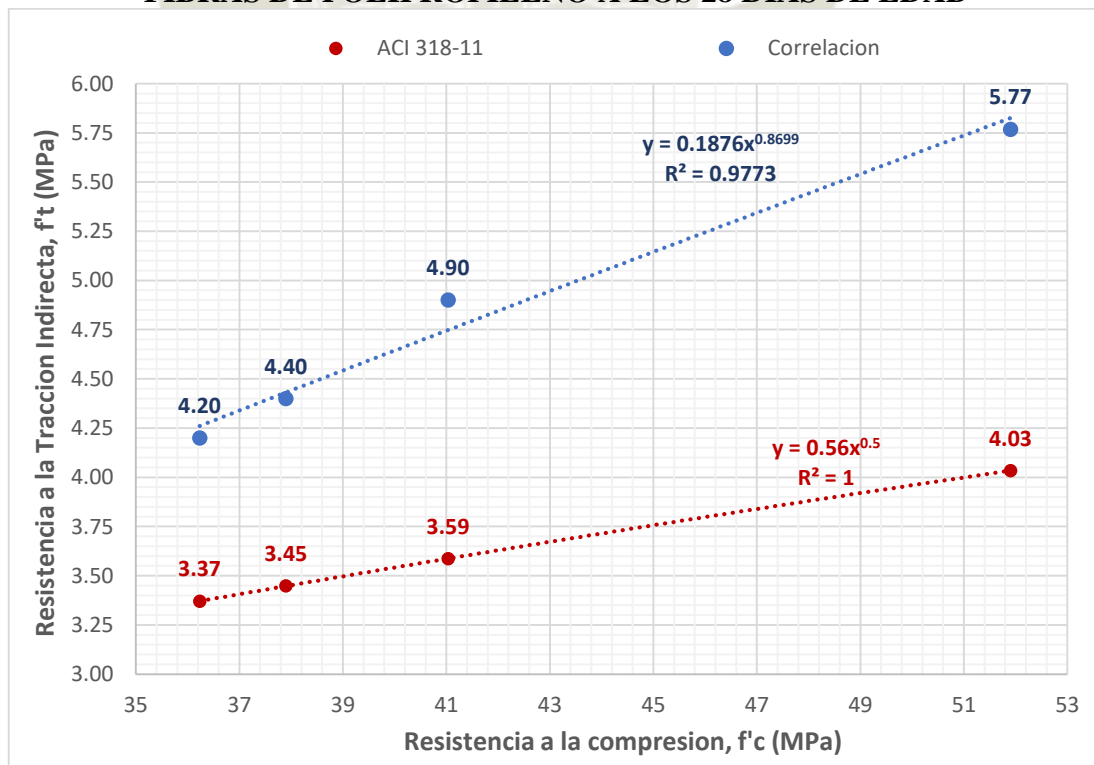
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 70. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 71. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión globales a los 7 y 14 días de edad para concreto más micro fibra de polipropileno, son las que más se asemejan a la ecuación del ACI 318-11, mientras que a los 28 días intenta asemejarse.
- Las curvas obtenidas tanto globales como individuales se encuentran por encima de las rectas graficadas por la ecuación del ACI 318-11, es decir que la calidad de los materiales tiene un mejor desempeño.
- Las curvas obtenidas se pueden mejorar en relación de variables, aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- El coeficiente de determinación R^2 en las rectas globales son 0.9874 a los 7 días, 0.9887 a los 14 días y 0.9773 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables f'_{cr} y MR, siendo a los 14 días casi perfecta o la que más se acerca a 1.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9887 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 2E-05x^{3.3437}$, $y = 6E-09x^{5.4831}$, $y = 0.0051x^{1.8047}$, $y = 2E-06x^{3.6871}$ para $f'_{c} = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto convencional.
- Las ecuaciones globales obtenidas son: $y = 0.4146x^{0.708}$ a los 7 días, $y = 0.3201x^{0.7012}$ a los 14 días, $y = 0.1876x^{0.8699}$ a los 28 días de edad para concreto con micro fibras de polipropileno.

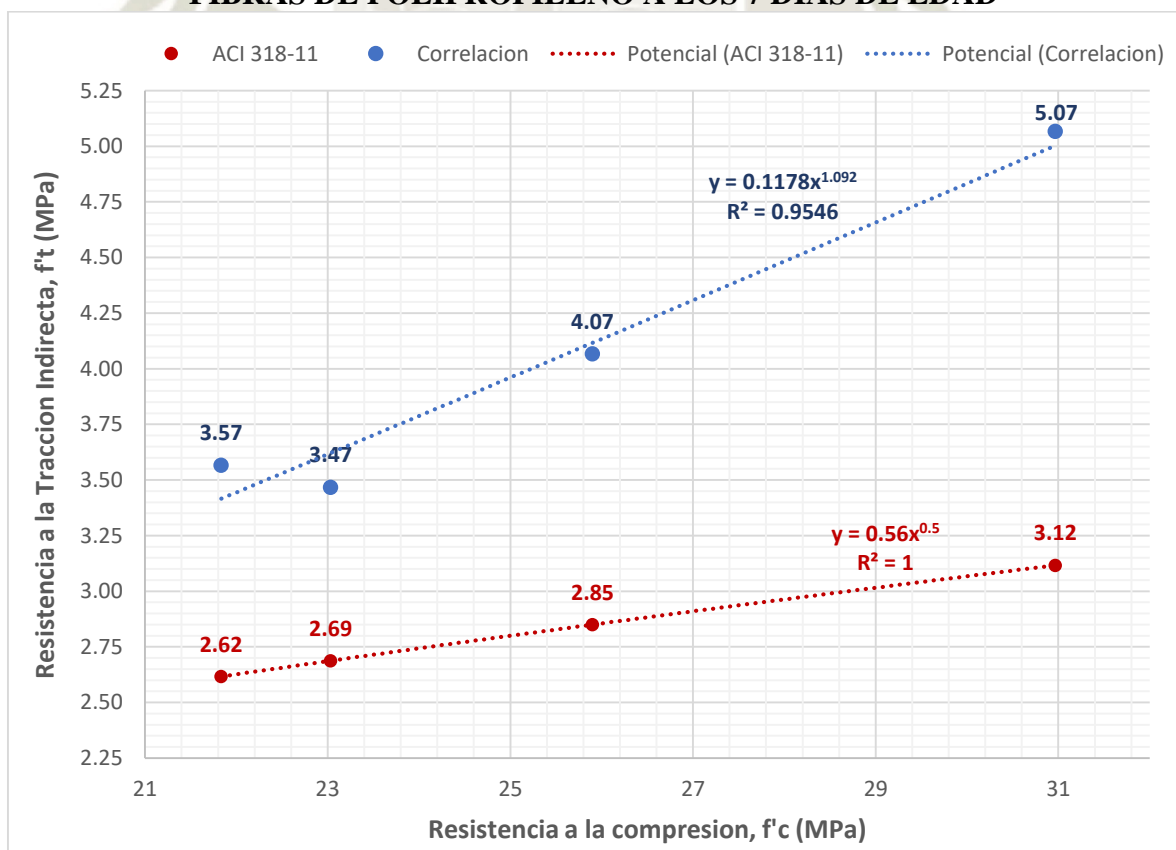
6.5.3 CORRELACIÓN CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

TABLA 145. CORRELACIÓN f_t VS. f_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f_t (kgf/cm ²) | f_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|------------|
| MAC-POL 280 | 210 | 21.83 | 36.00 | 3.57 | 2.62 |
| | 220 | | 35.00 | | |
| | 225 | | 36.00 | | |
| MAC-POL 300 | 229 | 23.03 | 38.00 | 3.47 | 2.69 |
| | 230 | | 34.00 | | |
| | 232 | | 32.00 | | |
| MAC-POL 350 | 259 | 25.90 | 40.00 | 4.07 | 2.85 |
| | 261 | | 42.00 | | |
| | 257 | | 40.00 | | |
| MAC-POL 420 | 310 | 30.97 | 53.00 | 5.07 | 3.12 |
| | 311 | | 51.00 | | |
| | 308 | | 48.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 72. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 7 DÍAS DE EDAD



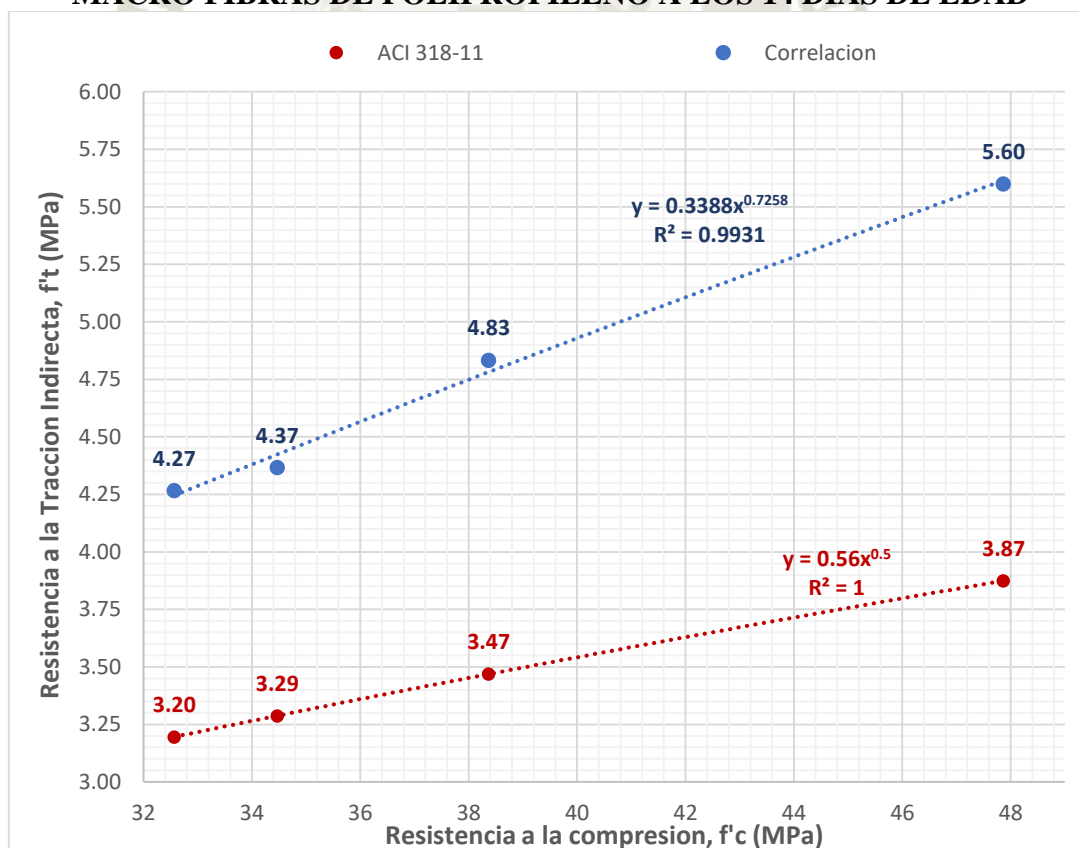
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 146. CORRELACIÓN f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f_t (kgf/cm ²) | f_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|------------|
| MAC-POL 280 | 321 | 32.57 | 43.00 | 4.27 | 3.20 |
| | 330 | | 43.00 | | |
| | 326 | | 42.00 | | |
| MAC-POL 300 | 342 | 34.47 | 44.00 | 4.37 | 3.29 |
| | 345 | | 45.00 | | |
| | 347 | | 42.00 | | |
| MAC-POL 350 | 386 | 38.37 | 49.00 | 4.83 | 3.47 |
| | 389 | | 48.00 | | |
| | 376 | | 48.00 | | |
| MAC-POL 420 | 463 | 47.87 | 56.00 | 5.60 | 3.87 |
| | 486 | | 57.00 | | |
| | 487 | | 55.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 73. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 14 DÍAS DE EDAD



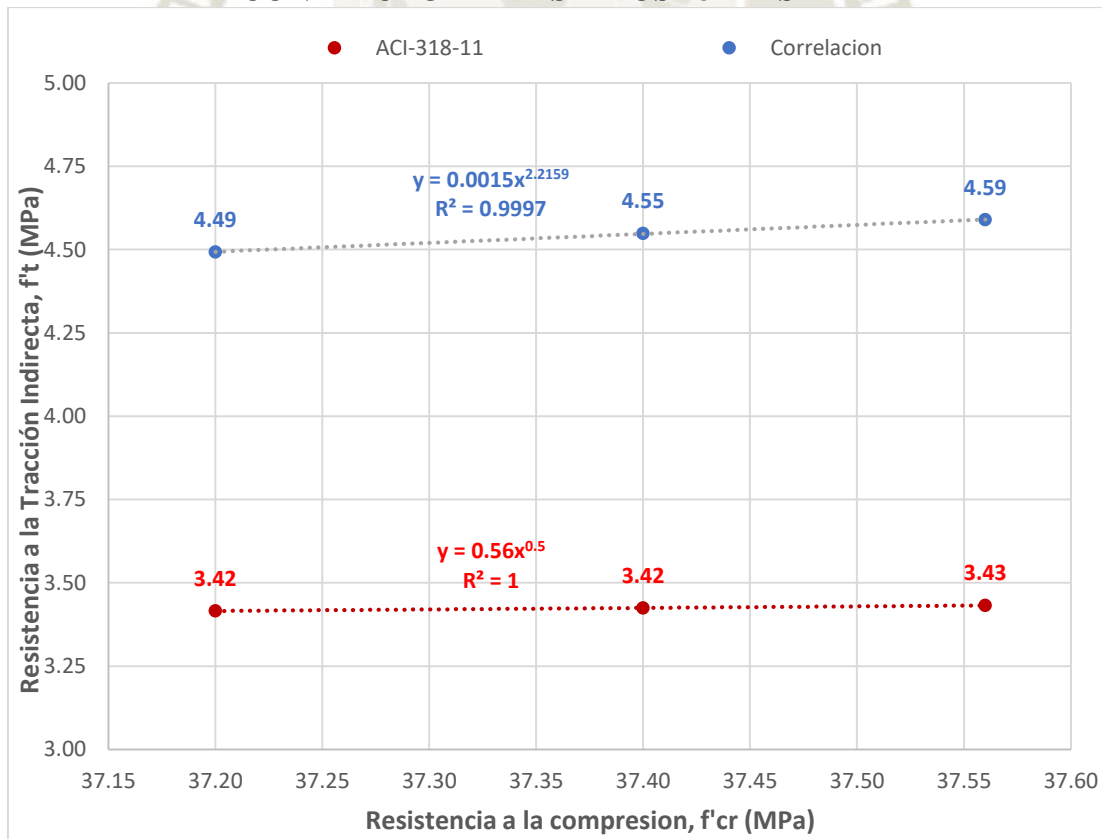
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 147. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MAC-POL 280 | 360 | 36.23 | 45.00 | 4.43 | 3.37 |
| | 364 | | 44.00 | | |
| | 363 | | 44.00 | | |
| MAC-POL 300 | 382 | 37.90 | 45.00 | 4.63 | 3.45 |
| | 377 | | 46.00 | | |
| | 378 | | 48.00 | | |
| MAC-POL 350 | 408 | 41.03 | 53.00 | 5.27 | 3.59 |
| | 411 | | 54.00 | | |
| | 412 | | 51.00 | | |
| MAC-POL 420 | 514 | 51.90 | 61.00 | 6.07 | 4.03 |
| | 516 | | 62.00 | | |
| | 527 | | 59.00 | | |

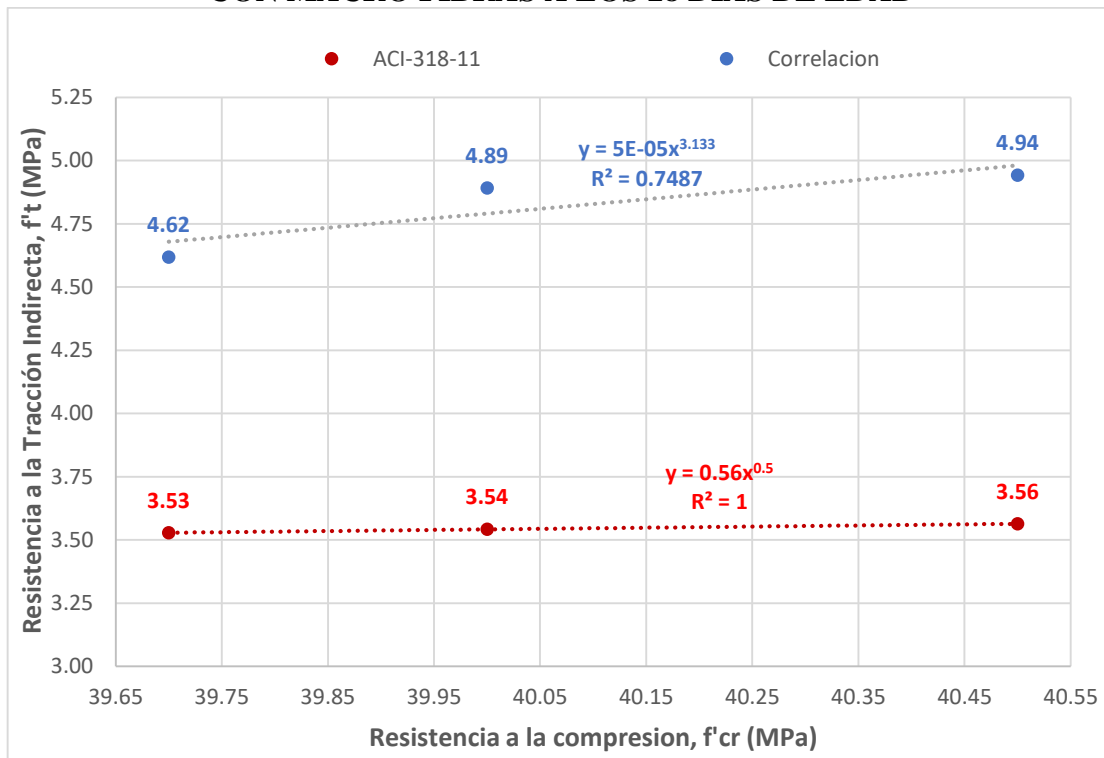
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 74. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f'_t vs. $f'_c = 280$ kgf/cm² CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



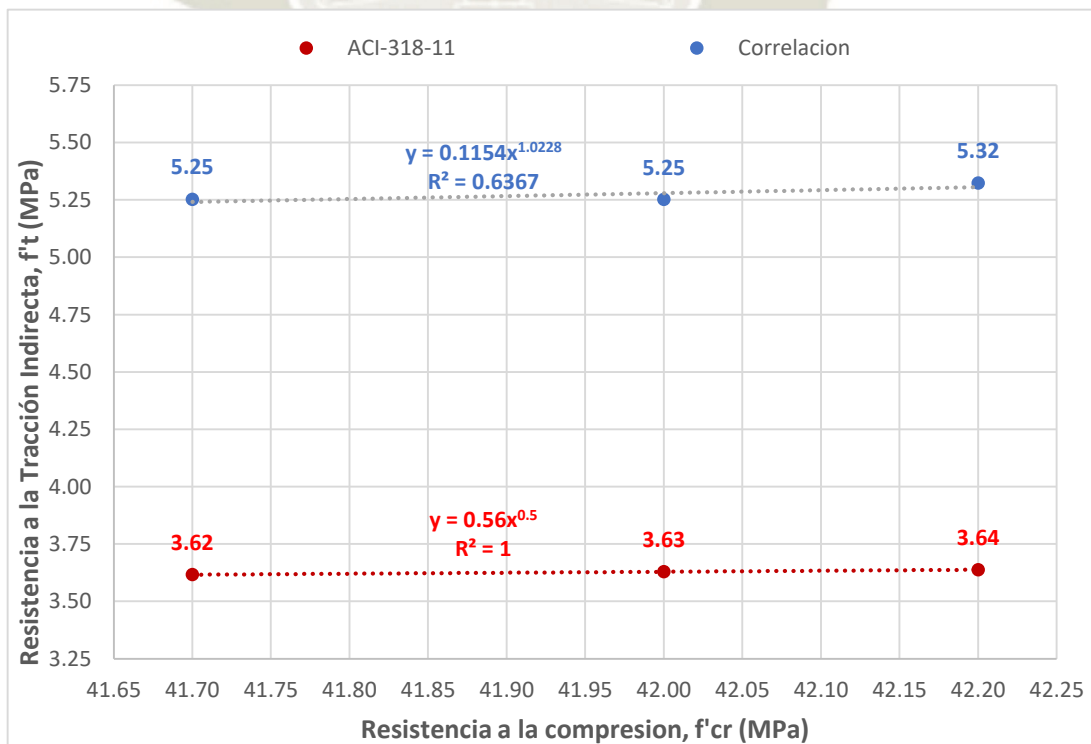
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 75. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



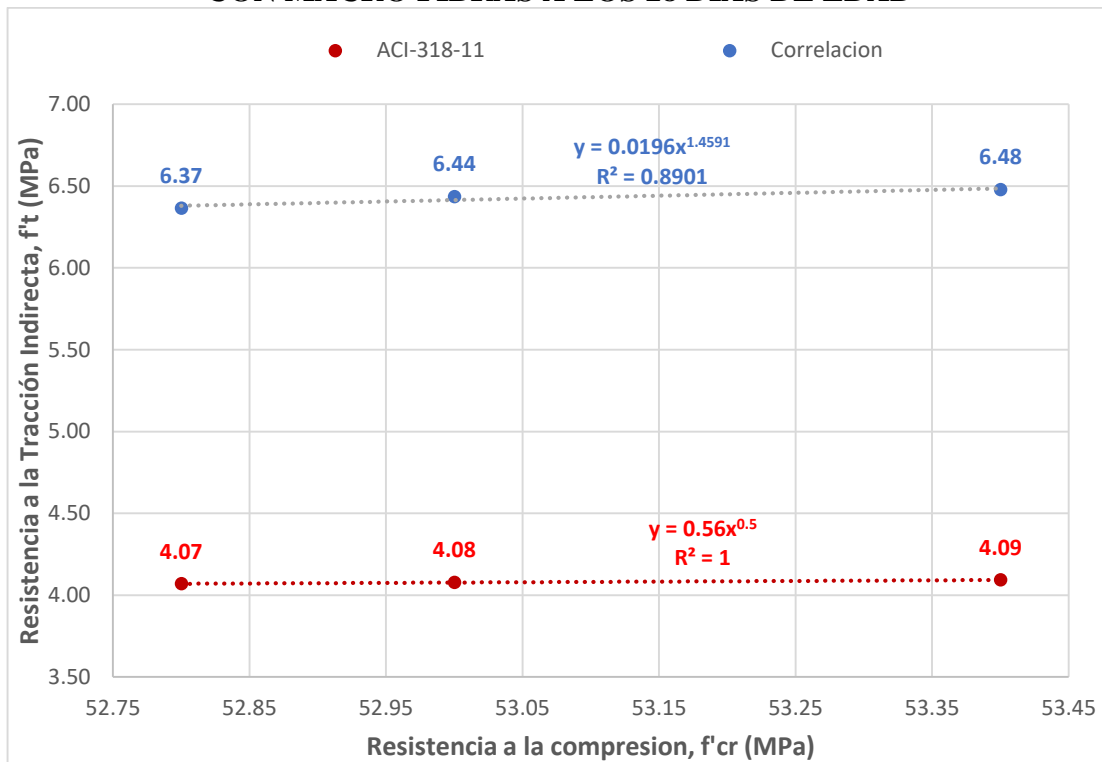
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 76. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



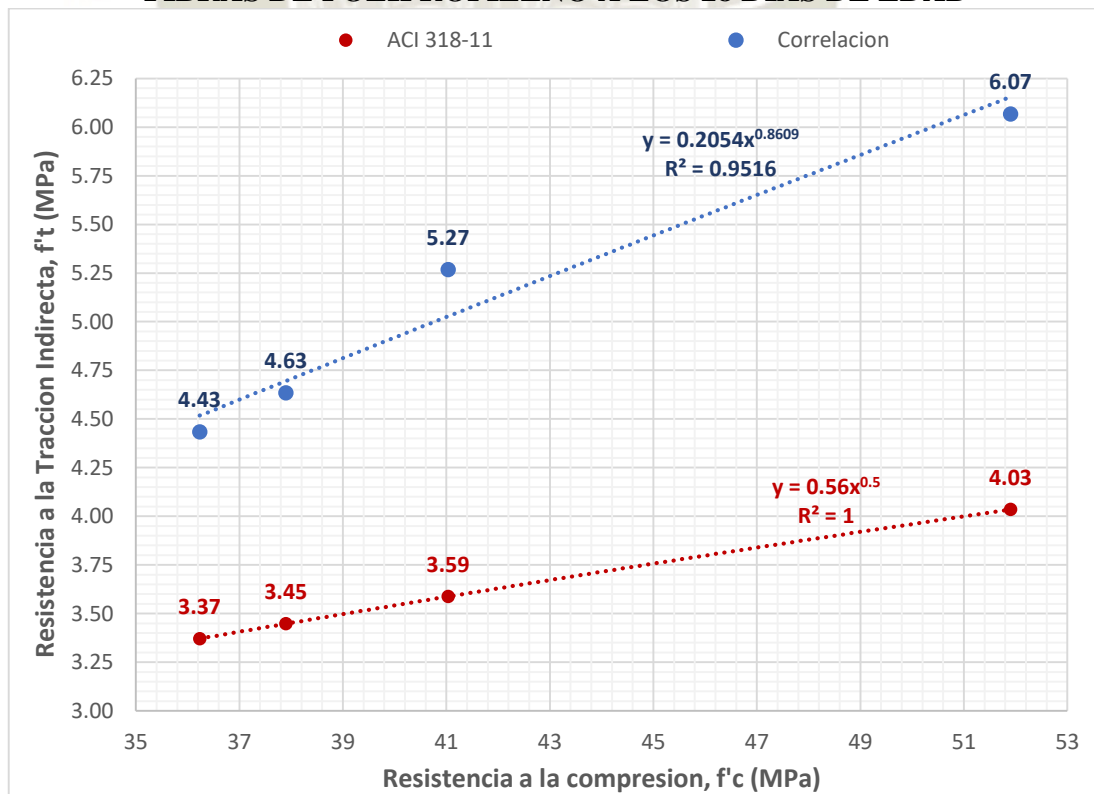
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 77. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 78. CORRELACIÓN GLOBAL f_t VS. f_{cr} DE CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión globales a los 7 días de edad para concreto más macro fibra de polipropileno, es las que más se asemeja a la ecuación del ACI 318-11, mientras que a los 28 días intenta asemejarse. Siendo la de 7 días de edad la que menos se asemeja.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.9546 a los 7 días, 0.9931 a los 14 días y 0.9516 a los 28 días, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables f^c y MR, siendo a los 14 días casi perfecta o la que más se acerca a 1.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.9931 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.
- Las curvas obtenidas se encuentran por encima de las rectas graficadas por la educación del ACI 318-11, es decir que la calidad de los materiales tiene un mejor desempeño.
- Las curvas obtenidas se pueden mejorar en relación de variables, aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- Las ecuaciones globales obtenidas son: $y = 0.1178x^{1.092}$ a los 7 días, $y = 0.3201x^{0.7012}$ a los 14 días, $y = 0.2054x^{0.8609}$ a los 28 días de edad para concreto con macro fibra de polipropileno. Ya que todas las ecuaciones anteriores tienen un coeficiente de determinación R^2 casi igual a 1, se recomienda su uso.
- Las ecuaciones individuales obtenidas son: $y = 0.0015x^{2.2159}$, $y = 5E-05x^{3.133}$, $y = 0.1154x^{1.0228}$, $y = 0.0196x^{1.4591}$ para $f^c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto con macro fibra de polipropileno. Sin embargo, la resistencia de $f^c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ tiene un coeficiente de determinación $R^2 = 0.6367$ si bien es mayor a 0.50 se deja su uso a elección del diseñador.

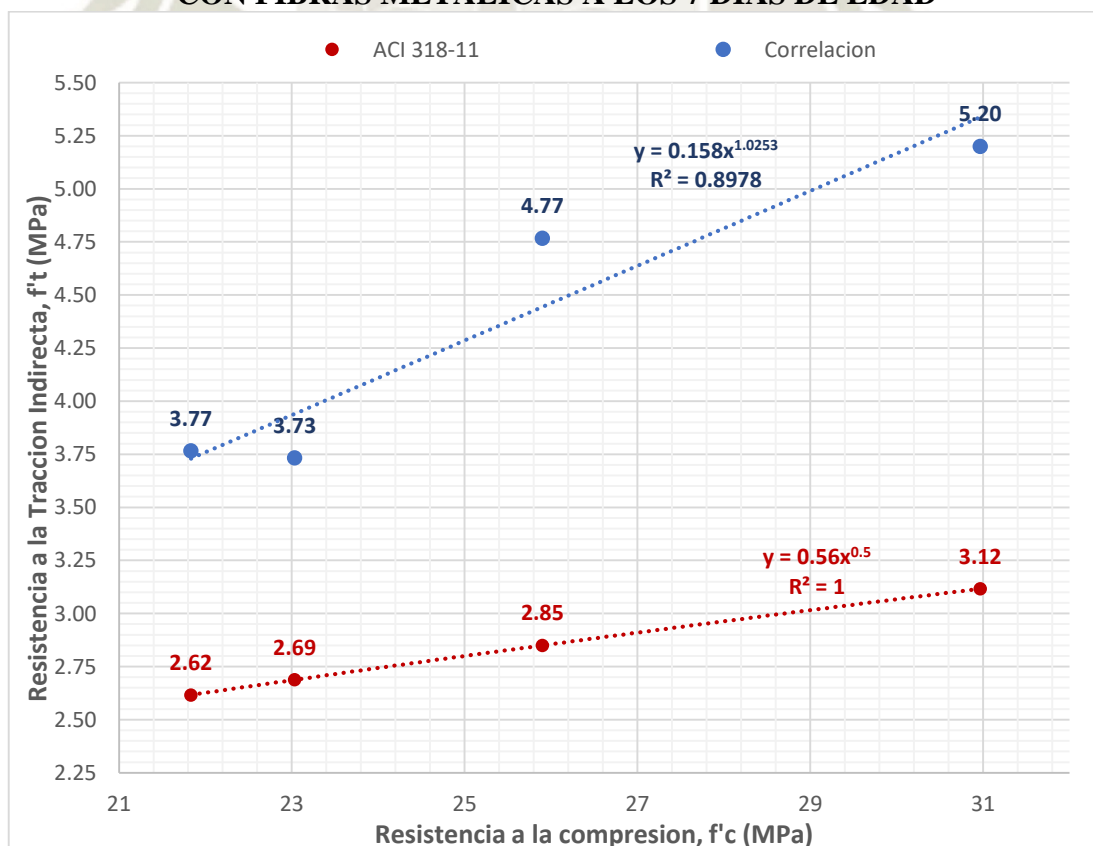
6.5.4 CORRELACIÓN CON FIBRAS METÁLICAS

TABLA 148. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MET 280 | 210 | 21.83 | 38.00 | 3.77 | 2.62 |
| | 220 | | 38.00 | | |
| | 225 | | 37.00 | | |
| MET 300 | 229 | 23.03 | 39.00 | 3.73 | 2.69 |
| | 230 | | 38.00 | | |
| | 232 | | 35.00 | | |
| MET 350 | 259 | 25.90 | 46.00 | 4.77 | 2.85 |
| | 261 | | 48.00 | | |
| | 257 | | 49.00 | | |
| MET 420 | 310 | 30.97 | 53.00 | 5.20 | 3.12 |
| | 311 | | 55.00 | | |
| | 308 | | 48.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 79. CORRELACIÓN GLOBAL f'_t vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 7 DÍAS DE EDAD



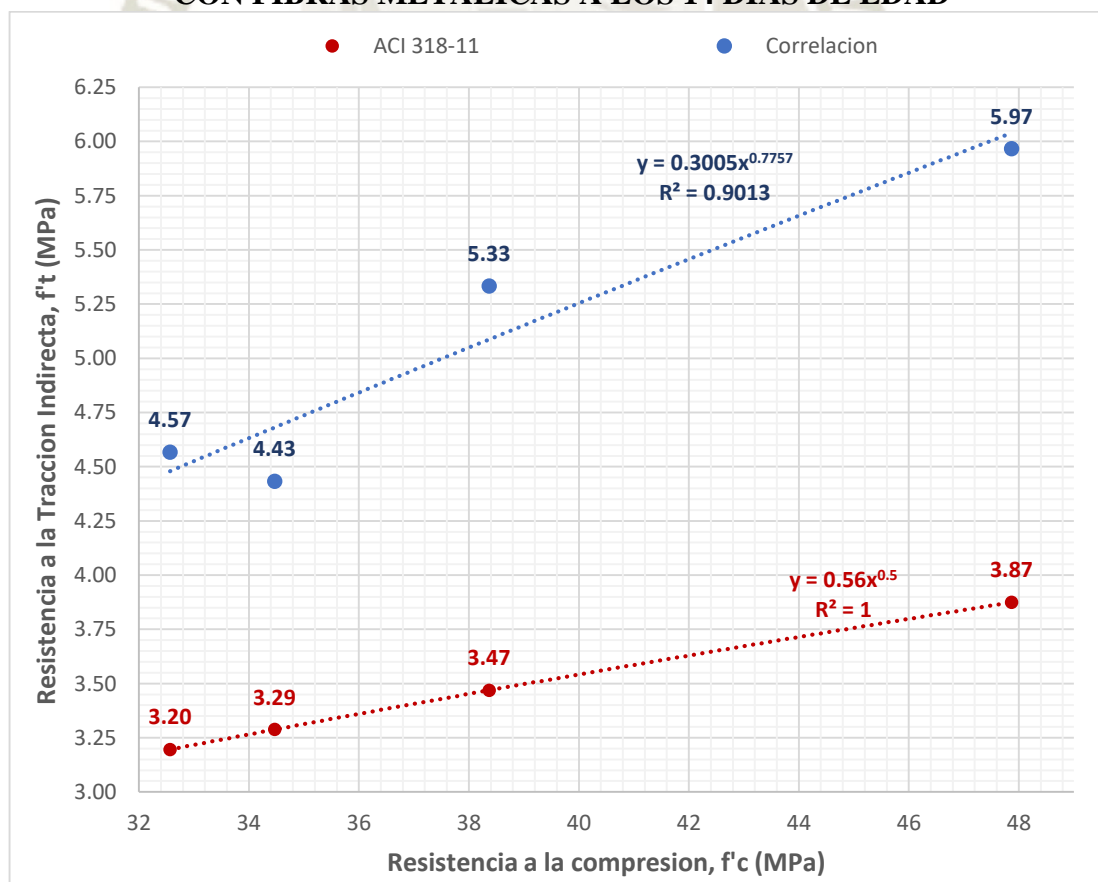
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 149. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MET 280 | 321 | 32.57 | 48.00 | 4.57 | 3.20 |
| | 330 | | 45.00 | | |
| | 326 | | 44.00 | | |
| MET 300 | 342 | 34.47 | 43.00 | 4.43 | 3.29 |
| | 345 | | 44.00 | | |
| | 347 | | 46.00 | | |
| MET 350 | 386 | 38.37 | 55.00 | 5.33 | 3.47 |
| | 389 | | 53.00 | | |
| | 376 | | 52.00 | | |
| MET 420 | 463 | 47.87 | 59.00 | 5.97 | 3.87 |
| | 486 | | 60.00 | | |
| | 487 | | 60.00 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 80. CORRELACIÓN GLOBAL f'_t vs. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD



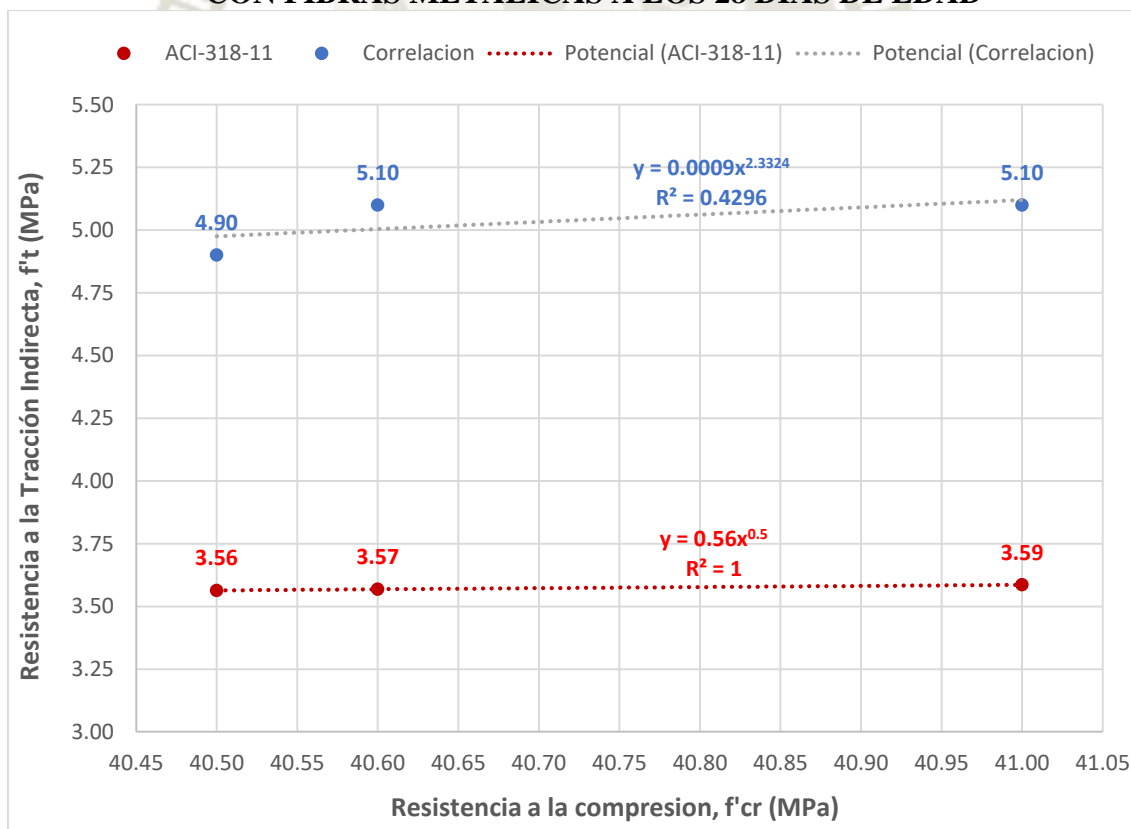
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 150. CORRELACIÓN f'_t VS. f'_{cr} DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD

| Tipo de Concreto | f'_{cr} (kgf/cm ²) | f'_{cr} prom (MPa) | f'_t (kgf/cm ²) | f'_t prom (MPa) | ACI-318-11 |
|------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------|
| MET 280 | 360 | 36.23 | 49.00 | 5.03 | 3.37 |
| | 364 | | 51.00 | | |
| | 363 | | 51.00 | | |
| MAC-POL 300 | 382 | 37.90 | 48.00 | 5.07 | 3.45 |
| | 377 | | 51.00 | | |
| | 378 | | 53.00 | | |
| MAC-POL 350 | 408 | 41.03 | 56.00 | 5.63 | 3.59 |
| | 411 | | 55.00 | | |
| | 412 | | 58.00 | | |
| MAC-POL 420 | 514 | 51.90 | 65.00 | 6.23 | 4.03 |
| | 516 | | 62.00 | | |
| | 527 | | 60.00 | | |

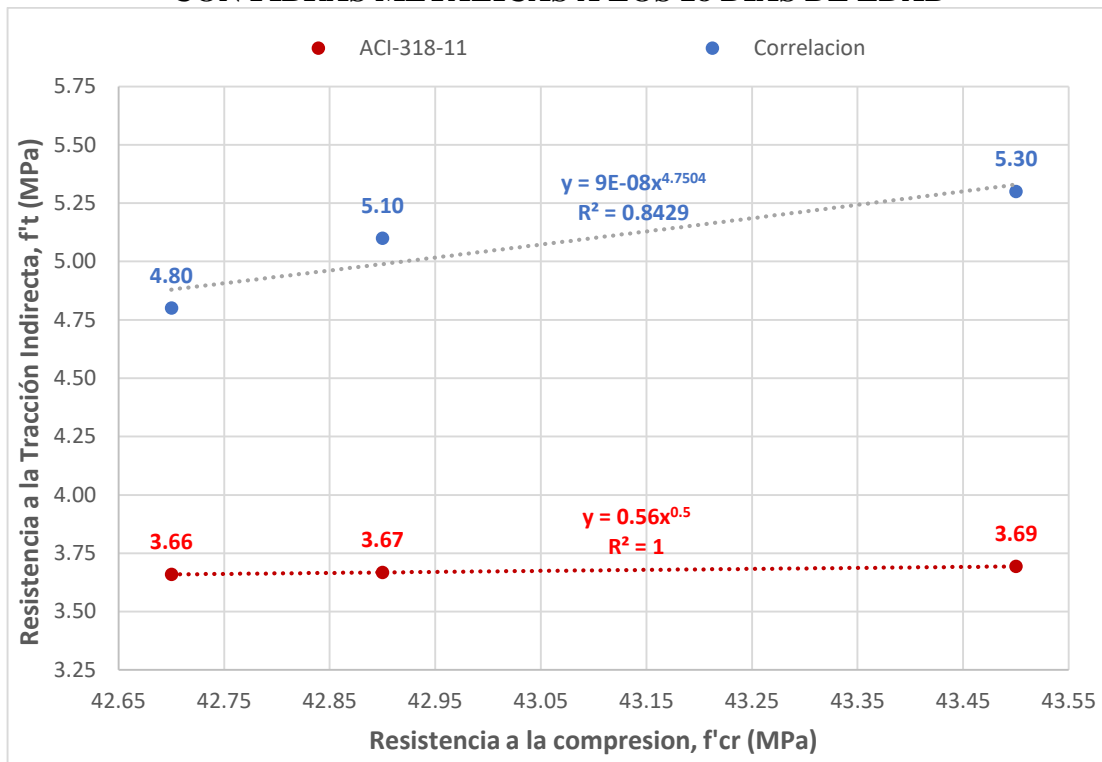
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 81. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f'_t vs. $f'_c = 280$ kgf/cm² CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



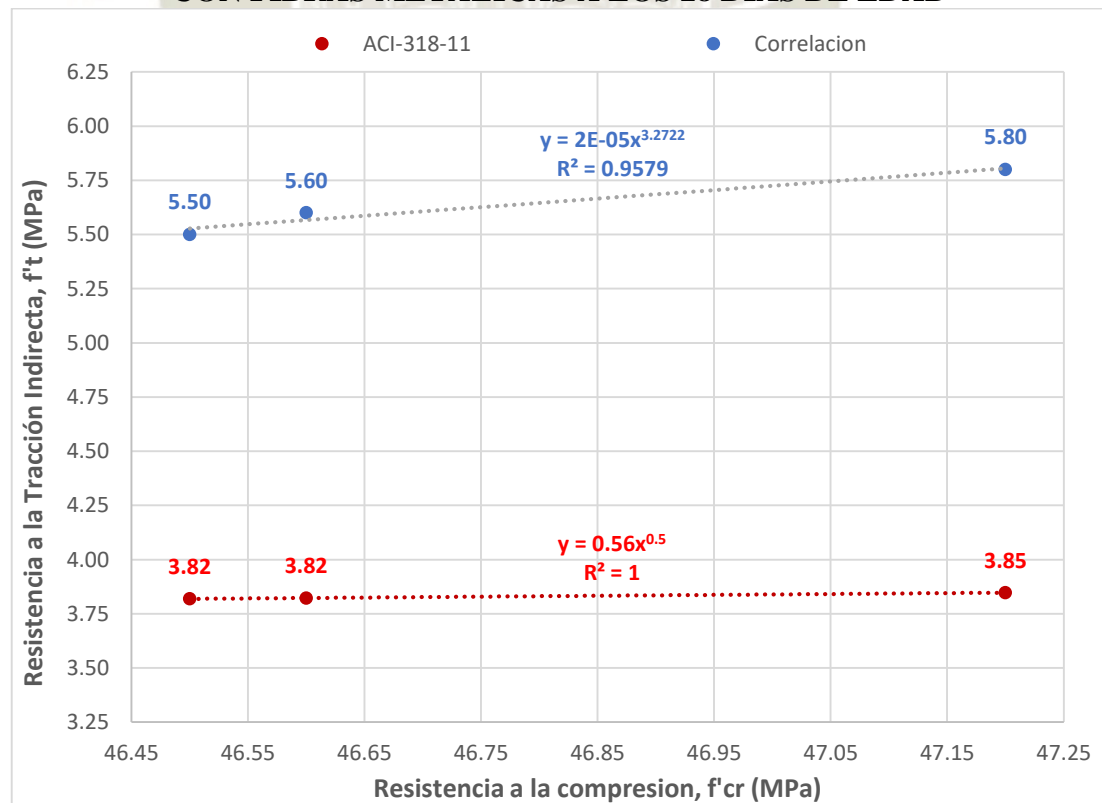
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 82. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f'_t vs. $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



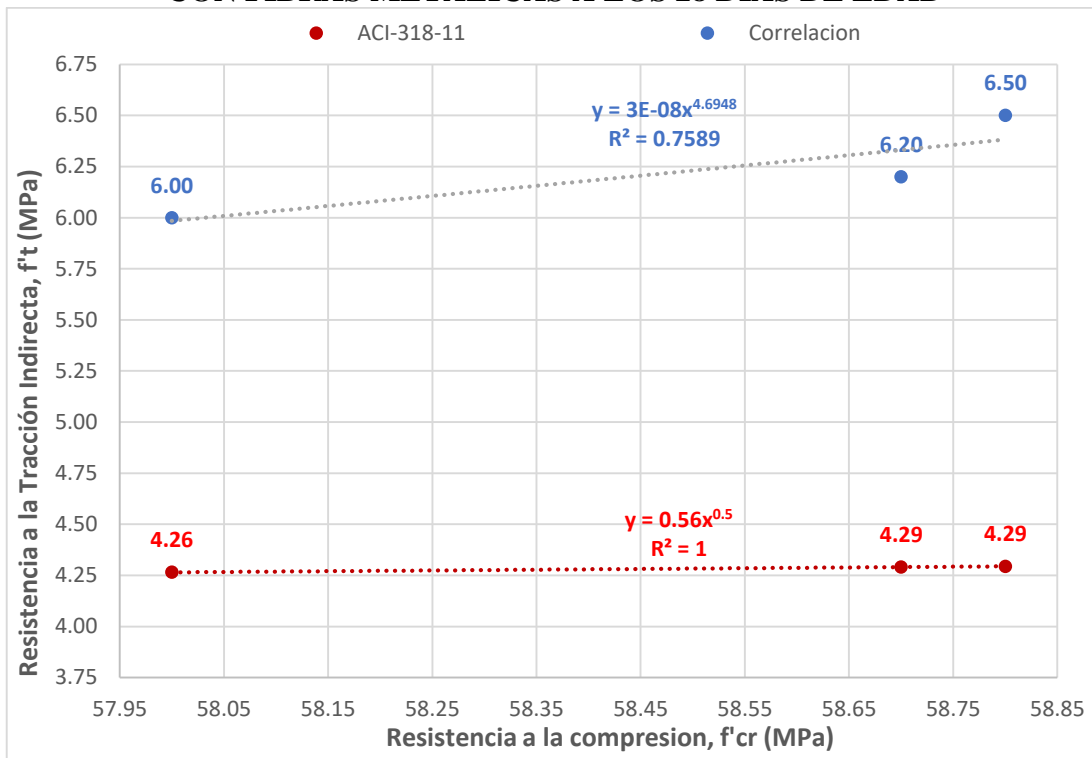
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 83. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f'_t vs. $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



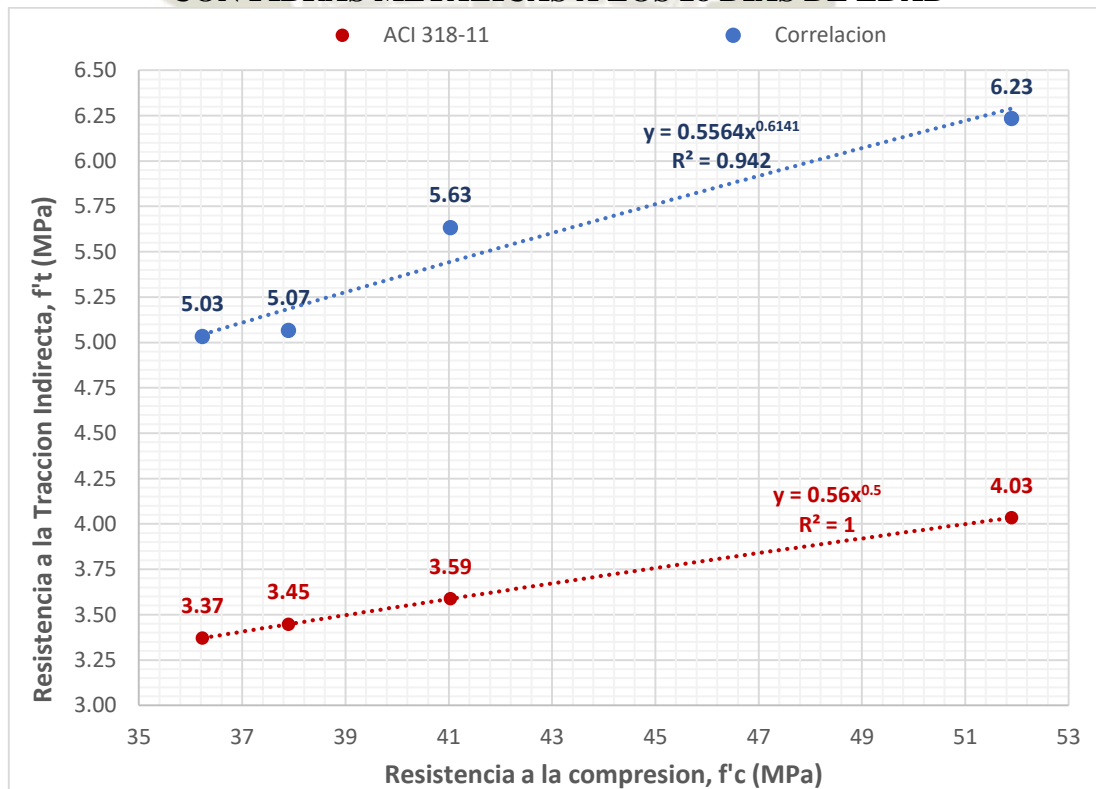
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 84. CORRELACIÓN INDIVIDUAL f_t vs. $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia+

Gráfica 85. CORRELACIÓN GLOBAL f_t vs. f_c DE CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS A LOS 28 DÍAS DE EDAD



Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores:

- Las curvas de regresión globales a los 28 días de edad para concreto convencional, se asemeja a la ecuación del ACI 318-11, mientras que a los 14 días intenta asemejarse. Siento la recta de regresión a los 7 días la que menos se asemeja.
- Las curvas obtenidas se encuentran por encima de las rectas graficadas por la educación del ACI 318-11, es decir que la calidad de los materiales tiene un mejor desempeño.
- Las curvas obtenidas se pueden mejorar en relación de variables, aumentando el número de puntos a correlacionar, así como la calidad de los materiales empleados y de los especímenes ensayados.
- El coeficiente de determinación R^2 resulto ser 0.8978 a los 7 días, siendo una correlación significativa, pero no fuerte. A los 14 días fue de 0.9013 y a los 28 de 0.942, lo que nos indica que hay una correlación positiva fuerte, entre las variables f'_{cr} y MR.
- El tener un coeficiente de determinación muy fuerte como es el de 0.942 refleja que el modelo no tiene mucha dispersión entre variables.
- Las ecuaciones individuales son: $y = 0.0009x^{2.3324}$, $y = 9E-08x^{4.7504}$, $y = 2E-05x^{3.2722}$, $y = 3E-08x^{4.6948}$ para $f'_{c} = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente a los 28 días de edad para concreto con fibras metálicas. Sin embargo, la ecuación generada por $f'_{c} = 280 \text{ kgf/cm}^2$ tiene un coeficiente de determinación R^2 menor a 0.50, por lo tanto, no se recomienda usar esta ecuación.

CAPITULO VII

7. ESTUDIO DE TRANSITO

7.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

7.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Av. Metropolitana es una vía importante, con dos salidas para la Variante de Uchumayo y con conexiones con los distritos colindados: Cayma, Cercado, Cerro Colorado y Sachaca. En ella se encuentra urbanizaciones como: Los Condes, El Olivar, Piedra Santa Etapa I y II, Las Casuarinas, etc. A lo largo de la construcción de esta vía también se encuentran líneas del “Ferrocarril del Sur”.

La presencia de urbanizaciones, edificios residenciales, colegios y negocios a lo largo de la avenida hacen que tenga un considerable volumen vehicular, específicamente en el cruce donde se conectan las calles Chullo, Taboada y el Urbano Las Casuarinas, ya que cuenta con un semáforo y una salida para la Variante de Uchumayo.

Ilustración 67. Ubicación Av. Metropolitana



Fuente: Google Maps

7.1.2 LOCALIZACIÓN

La Av. Metropolitana se localiza en:

- **UBICACIÓN** : 16°24'02.15" S, 71°33'12.03" O
- **DISTRITO** : Yanahuara
- **PROVINCIA** : Arequipa
- **DEPARTAMENTO** : Arequipa

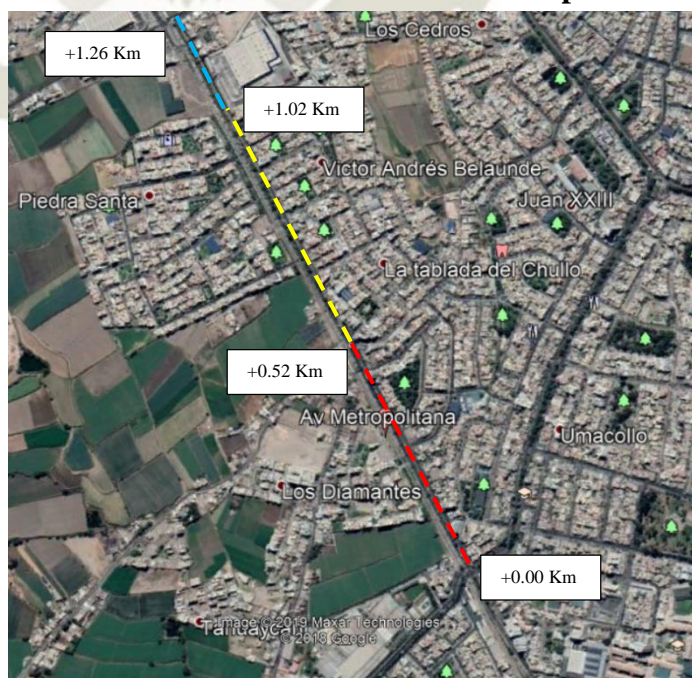
7.1.3 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

Su longitud es de aproximadamente 1.26 km (medido con Google Earth), iniciando desde el cruce de Tahuaycani con la Av. Víctor Andrés Belaunde hasta el cruce de Av. Villa Hermosa con las calles Rímac y Grande.

Se compone de los siguientes tramos:

- 1er tramo, de asfalto con algunos deterioros y pequeñas reparaciones o parches. (0.00+km) Inicio: Av. Víctor Andrés Belaunde hasta la calle Taboada.
- 2do tramo, de pavimento rígido con juntas, presenta pequeñas fisuras o grietas. (0.52+km) Inicio: Calle Taboada hasta Urb. Víctor Andrés Belaunde.
- 3er tramo, de asfalto en óptimas condiciones, ya que fue reparado en el año 2011. (1.03+km) Inicio: Urb. Víctor Andrés Belaunde hasta la calle Grande.

Ilustración 68. Tramos de la Av. Metropolitana



Fuente: Google Earth

7.2 ESTUDIO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)

Como la presente es un proyecto de investigación se analizarán todas las Unidades de Muestra (UM) para el cálculo del PCI, los estudios realizados se pueden ver en el Anexo N° 7, a continuación, se presenta el siguiente cuadro, los tipos de daños, el índice de condición de pavimento, así como la operación recomendada:

TABLA 151. CUADRO RESUMEN ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO

| Unidades de Muestra | Falla Predominante | PCI | Clasificación | Operación |
|---------------------|--|------|---------------|----------------|
| UM-01 | Grieta de esquina, Descascaramiento de esquina y junta. | 37.5 | Regular | Rehabilitación |
| UM-02 | Grieta de esquina, Sello de junta, Punzonamiento, Descascaramiento de esquina y junta. | 62 | Bueno | Mantenimiento |
| UM-03 | Grieta de esquina, Losa dividida, Poouts, Desconchamiento, Descascaramiento de esquina y junta. | 12.5 | Muy Malo | Rehabilitación |
| UM-04 | Losa dividida, Grieta Lineal, Parcho grande, Poouts, Sello de Junta, Desconchamiento, Descascaramiento de esquina y junta. | 27 | Malo | Rehabilitación |
| UM-05 | Losa dividida, Grieta Lineal, Parcheo grande, Sello de junta, Descascaramiento de esquina y junta. | 15 | Muy Malo | Rehabilitación |
| UM-06 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Desconchamiento, Descascaramiento de junta. | 39 | Malo | Rehabilitación |
| UM-07 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Desconchamiento, Descascaramiento de junta. | 3 | Fallado | Rehabilitación |
| UM-08 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Desconchamiento, Descascaramiento de esquina y junta. | 43 | Regular | Rehabilitación |
| UM-09 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Descascaramiento de junta. | 57.5 | Bueno | Mantenimiento |

| Unidades de Muestra | Falla Predominante | PCI | Clasificación | Operación |
|---------------------------------------|--|------|---------------|----------------|
| UM-10 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Descascaramiento de junta. | 57.5 | Bueno | Mantenimiento |
| UM-11 | Losa dividida, Sello de junta, Desconchamiento, Descascaramiento de junta. | 53 | Regular | Rehabilitación |
| UM-12 | Losa dividida, Grieta Lineal, Sello de junta, Descascaramiento de junta. | 46 | Regular | Rehabilitación |
| UM-13 | Losa dividida, Sello de junta, Descascaramiento de junta. | 68 | Bueno | Mantenimiento |
| UM-14 | Losa dividida, Sello de junta, Parcheo grande. | 48 | Regular | Rehabilitación |
| PCI prom sección de Pavimento: | | 41 | Regular | Rehabilitación |

Fuente: Elaboración Propia.

Según las indagaciones en el área de proyecto ha sido afectado por el agua de lluvias, además del paso vehicular que ha ido creciendo desde su construcción; teniendo en cuenta el estado actual de la vía las losas de concreto hidráulico han sido llevadas a un estado crítico de falla, ya que la mayoría de estas presentan divisiones, punzonamiento, etc.

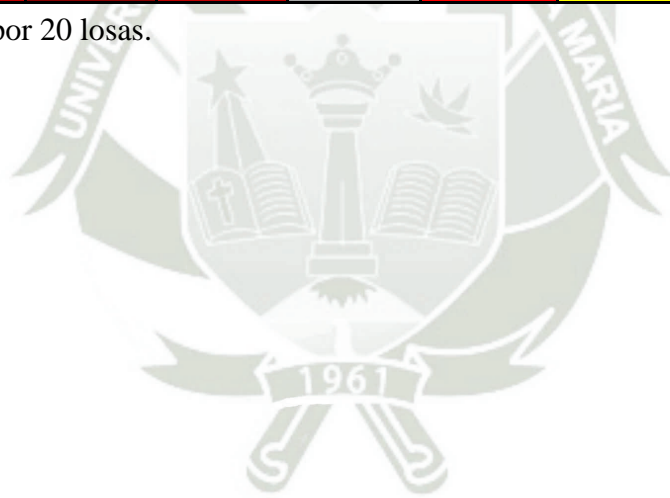
Por lo tanto, la Av. Metropolitana necesita de un mantenimiento o una rehabilitación, según el estudio PCI realizado.

7.2.1 MAPA DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTRA

Mediante el uso de la escala de colores de la Tabla 5 en función del PCI, se hizo un mapa de condición de pavimento:

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| UM-01 PCI: 37.5 MALO | UM-02 PCI: 62 BUENO | UM-03 PCI: 12.5 MUY MALO | UM-04 PCI: 27 MALO | UM-05 PCI: 15 MUY MALO | UM-06 PCI: 39 MALO | UM-07 PCI: 3 FALLADO | UM-08 PCI: 43 REGULAR | UM-09 PCI: 57.5 BUENO | UM-10 PCI: 57.5 BUENO | UM-11 PCI: 53 REGULAR | UM-12 PCI: 46 REGULAR | UM-13 PCI: 68 BUENO | UM-14 PCI: 48 REGULAR |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|

*Nota: Cada UM está conformado por 20 losas.



7.3 ESTACIONES DE CONTEO VEHICULAR

Para el presente proyecto se analizará el tramo de pavimento rígido, el cual comprende desde la calle Chullo hasta la calle Urbano Víctor Andrés Belaunde.

La avenida metropolitana se compone de cuatro carriles (doble por sentido), se contó en ambos sentidos para determinar el carril con mayor volumen vehicular.

Ubicación de las estaciones:

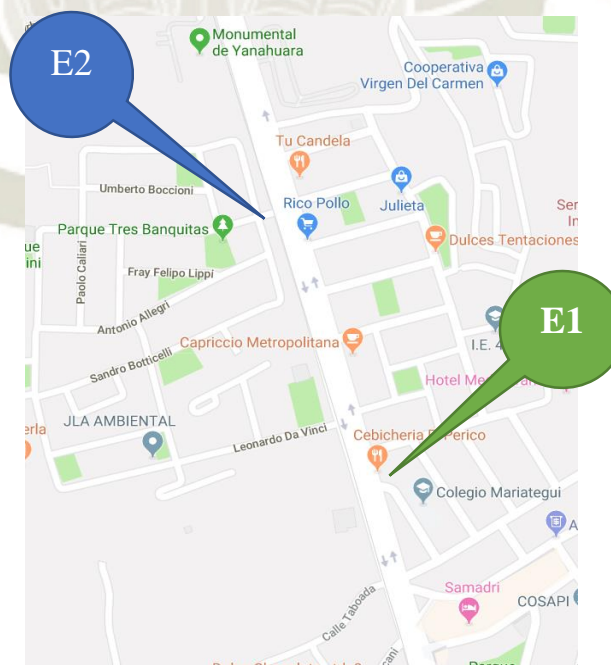
TABLA 152. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTEO

| TRAMOS | LONGITUD | ESTACIÓN | CÓDIGO |
|-----------------------------------|----------|------------|--------|
| Calle Chullo - Colegio Mariátegui | 0.13 km | Mariátegui | E1 |
| Urb. Piedra Santa - Calle Taboada | 0.38 km | Santa | E2 |

Fuente: Elaboración Propia

- Se escogió el lugar de la estación E1, ya que al estar presente un colegio el volumen vehicular que fluye hacia la Av. Metropolitana se incrementa en las horas de entrada y salida del colegio.
- La estación E2 tiene lugar a la entrada de la Urb. Piedra Santa, ya que varios vehículos transitan de salida o entrada, antes de llegar a la calle Taboada.

Ilustración 69. Estaciones de aforo vehicular



Fuente: Google Maps

7.4 DETERMINACIÓN DEL CARRIL MAS CRITICO

Se hizo el conteo vehicular en ambas estaciones E1 y E2 de lunes a domingo, en el horario de 7:00 a 8:00 am en la mañana, 12:00 a 1:00 pm en la tarde y de 6:00 a 7:00 pm en la noche, obteniendo así los siguientes IMD:

TABLA 153. CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E1

| ESTACIÓN E1 | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| HORARIO | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| 7:00 - 8:00 | 1250 | 1334 | 1288 | 1291 | 1305 | 897 | 510 |
| 12:00 - 13:00 | 1050 | 993 | 1095 | 1115 | 1064 | 1087 | 735 |
| 18:00 - 19:00 | 1075 | 1068 | 1100 | 1027 | 1076 | 956 | 814 |
| IMD | 3375 | 3395 | 3483 | 3433 | 3445 | 2940 | 2059 |

Fuente: Elaboración Propia

$$IMDA = \frac{22130}{7} = 3,161 \text{ veh/día}$$

TABLA 154. CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E2

| ESTACIÓN E2 | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| HORARIO | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| 7:00 - 8:00 | 1316 | 1350 | 1290 | 1270 | 1300 | 917 | 530 |
| 12:00 - 13:00 | 950 | 984 | 990 | 983 | 998 | 1129 | 934 |
| 18:00 - 19:00 | 991 | 1005 | 1001 | 1000 | 996 | 1096 | 850 |
| IMD | 3257 | 3339 | 3281 | 3253 | 3294 | 3142 | 2314 |

Fuente: Elaboración Propia

$$IMDA = \frac{21880}{7} = 3,126 \text{ veh/día}$$

Como se puede ver la E1 tiene más volumen vehicular de lunes a viernes, mientras que la estación E2 tiene más volumen los días sábado y domingo. Calculando el IMDA de ambas estaciones nos dan resultados parecidos, pero concluimos que la estación 1 es la más crítica porque tiene más volumen vehicular los días laborales de la semana.

7.5 CÁLCULO ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Para obtener el Índice promedio diario anual es necesario hacer un aforo de los vehículos que pasan durante el año por el mismo punto de referencia, siendo esto difícil de obtener ya que implicaría un costo elevado. Es por ello que se hizo un aforo en el horario de lunes a viernes de 6:00 am a 10:00 pm, teniendo en cuenta la variabilidad de la muestra, la cual se calculara con cierto nivel de confiabilidad, aplicando las ecuaciones vistas en la sección...

Se estudio el tráfico en el carril de máxima demanda (Ver Anexo N° 8), obteniendo como resultado el siguiente cuadro resumen:

TABLA 155. CUADRO RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LA AV. METROPOLITANA DE 6:00 AM A 10:00 PM.

| VEHÍCULO | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO | TOTAL |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| AUTO | 13233 | 13348 | 13294 | 13384 | 13343 | 13815 | 10239 | 90656 |
| STATION WAGON | 252 | 251 | 234 | 267 | 268 | 183 | 162 | 1617 |
| PICK UP | 985 | 970 | 983 | 986 | 995 | 848 | 618 | 6385 |
| PANEL | 223 | 258 | 260 | 259 | 243 | 227 | 70 | 1540 |
| COMBI | 735 | 726 | 732 | 726 | 701 | 542 | 379 | 4541 |
| MICRO | 125 | 132 | 120 | 128 | 113 | 89 | 82 | 789 |
| BUS (2E) | 49 | 51 | 48 | 47 | 58 | 13 | 23 | 289 |
| CAMIÓN (2E) | 342 | 352 | 338 | 364 | 341 | 330 | 146 | 2213 |
| CAMIÓN (3E) | 28 | 29 | 23 | 20 | 21 | 25 | 11 | 157 |
| CAMIÓN (4E) | 3 | 10 | 4 | 3 | 5 | 8 | 0 | 33 |
| SEMI TRAYLER 3S2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| TRAYLER 3T3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| TOTAL | 15975 | 16128 | 16038 | 16185 | 16088 | 16080 | 11730 | 108224 |

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo del índice medio diario anual, se dividirá el índice medio diario semanal entre el número de días del aforo:

$$IMDS = \frac{108244}{7} = 15,461 \text{ veh/día}$$

Después, se determina el nivel de confiabilidad, hallando primero la desviación estándar muestral o de la distribución de los volúmenes de tránsito, mediante la siguiente tabla:

TABLA 156. CÁLCULO DESVIACIÓN ESTÁNDAR MUESTRAL

| DÍA | IMD | IMD-IMDS | (IMD-IMDS) ² |
|-----------|-------|----------|-------------------------|
| Lunes | 15975 | 514 | 264637 |
| Martes | 16128 | 667 | 445461 |
| Miércoles | 16038 | 577 | 333424 |
| Jueves | 16185 | 724 | 524797 |
| Viernes | 16088 | 627 | 393667 |
| Sábado | 16080 | 619 | 383692 |
| Domingo | 11730 | 3731 | 13917163 |
| | | Σ | 16262840 |

Fuente: Elaboración Propia

La desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario es:

$$S = \sqrt{\frac{16262840}{7 - 1}}$$

$$S = 1646 \text{ veh/día}$$

Luego, la desviación estándar poblacional es:

$$\sigma = \frac{1646}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 617 \text{ veh/día}$$

Para la distribución normal, los niveles de confiabilidad del 90% y 95% son las constantes $K = 1.64$ y 1.96 , respectivamente. (Cal y Mayor, 1982). Entonces, si requerimos un grado de confiabilidad del 90%, nuestro K será 1.64 .

Finalmente, la relación entre los índices medios diario anual y semanal es:

$$\text{IMDA} = 15,461 + 617 * 1.64$$

$$\text{IMDA} = 16,472 \text{ veh/día}$$

El procedimiento anterior se repite para calcular el IMDA por cada tipo de vehículo, estos se usarán posteriormente para el cálculo del “Factor de Vehículo Pesado (FVP)”

TABLA 157. CÁLCULO DE IMDA POR TIPO DE VEHÍCULO

| VEHÍCULO | IMDS | S | σ | IMDA |
|----------------------|-------|------|--------------|-------|
| AUTO | 12951 | 1211 | 454 | 13695 |
| STATION WAGON | 231 | 42 | 16 | 257 |
| PICK UP | 912 | 139 | 52 | 998 |
| PANEL | 220 | 68 | 25 | 262 |
| COMBI | 649 | 137 | 51 | 733 |
| MICRO | 113 | 20 | 7 | 125 |
| BUS (2E) | 41 | 17 | 6 | 51 |
| CAMIÓN (2E) | 316 | 76 | 28 | 317 |
| CAMIÓN (3E) | 22 | 6 | 2 | 26 |
| CAMIÓN (4E) | 5 | 3 | 1 | 7 |
| SEMI TRAYLER 3S1/3S2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| TRAYLER 3T3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | TOTAL | 16472 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro anterior la suma total de los IMDA calculados individualmente es igual al calculado usando el total de la Tabla 155.

7.6 CÁLCULO TRANSITO PROYECTADO

7.6.1 TASA DE CRECIMIENTO

Se determina la tasa de crecimiento anual (r), mediante una regresión exponencial:

$$Y = a \cdot e^{bx}$$

b = tasa de crecimiento anual (r)

$$r = \frac{N \sum XY' - (\sum X)(\sum Y')}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] * [N \sum Y'^2 - (\sum Y')^2]}}$$

Donde:

N = número de datos

X = año

Y = crecimiento del parque automotor

Se calculará la tasa de crecimiento en función del Producto Bruto Interno (PBI) y del crecimiento del parque automotor a lo largo de los años en el departamento de Arequipa, ya este último depende del crecimiento de la economía.

- **Parque Automotor**

Para el cálculo de la tasa de crecimiento del parque automotor de Arequipa se usarán los siguientes datos a través de los años 2000 a 2017:

**TABLA 158. PARQUE AUTOMOTOR EN CIRCULACIÓN
DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

| Año | Crecimiento Parque Automotor Arequipa |
|------|---------------------------------------|
| 2000 | 68997 |
| 2001 | 72885 |
| 2002 | 76267 |
| 2003 | 78162 |
| 2004 | 78858 |
| 2005 | 79544 |
| 2006 | 81293 |
| 2007 | 84829 |
| 2008 | 91674 |
| 2009 | 98270 |
| 2010 | 106521 |
| 2011 | 118985 |
| 2012 | 134533 |
| 2013 | 143914 |
| 2014 | 164302 |
| 2015 | 176315 |
| 2016 | 195257 |
| 2017 | 260426 |

Fuente: Compendio Estadístico Perú, 2017

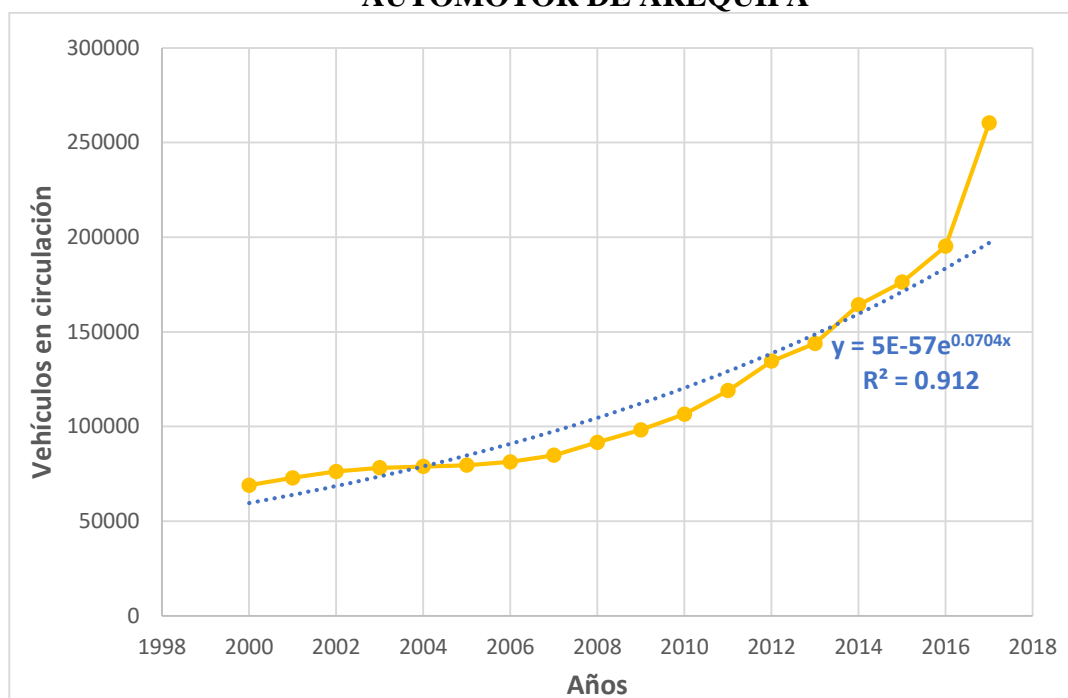
Los cálculos correspondientes de las ecuaciones anteriores se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 159. CÁLCULOS DE VARIABLES PARA REGRESIÓN EXPONENCIAL DEL PARQUE AUTOMOTOR

| Año | Y | Y' (Log Y) | X | X ² | XY' | Y ² |
|------|---------|---------------|-----|----------------|----------|----------------|
| 2000 | 68997 | 4.839 | 0 | 0 | 0 | 4760586009 |
| 2001 | 72885 | 4.863 | 1 | 1 | 4.862638 | 5312223225 |
| 2002 | 76267 | 4.882 | 2 | 4 | 9.764673 | 5816655289 |
| 2003 | 78162 | 4.893 | 3 | 9 | 14.67899 | 6109298244 |
| 2004 | 78858 | 4.897 | 4 | 16 | 19.58738 | 6218584164 |
| 2005 | 79544 | 4.901 | 5 | 25 | 24.50304 | 6327247936 |
| 2006 | 81293 | 4.910 | 6 | 36 | 29.46032 | 6608551849 |
| 2007 | 84829 | 4.929 | 7 | 49 | 34.49981 | 7195959241 |
| 2008 | 91674 | 4.962 | 8 | 64 | 39.69797 | 8404122276 |
| 2009 | 98270 | 4.992 | 9 | 81 | 44.93179 | 9656992900 |
| 2010 | 106521 | 5.027 | 10 | 100 | 50.27435 | 11346723441 |
| 2011 | 118985 | 5.075 | 11 | 121 | 55.83041 | 14157430225 |
| 2012 | 134533 | 5.129 | 12 | 144 | 61.54595 | 18099128089 |
| 2013 | 143914 | 5.158 | 13 | 169 | 67.05534 | 20711239396 |
| 2014 | 164302 | 5.216 | 14 | 196 | 73.019 | 26995147204 |
| 2015 | 176315 | 5.246 | 15 | 225 | 78.69434 | 31086979225 |
| 2016 | 195257 | 5.291 | 16 | 256 | 84.64971 | 38125296049 |
| 2017 | 260426 | 5.416 | 17 | 289 | 92.06663 | 67821701476 |
| Σ | 2111032 | 90.6256 | 153 | 1785 | 785.1223 | 294753866238 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 86. CRECIMIENTO EXPONENCIAL DEL PARQUE AUTOMOTOR DE AREQUIPA



Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica, se obtiene la ecuación $y = 5E-57e^{0.0704x}$ donde $0.0704 \approx 7.04\%$ es la tasa de crecimiento (r) en función del Parque Automotor expresada en porcentaje.

- **Producto Bruto Interno (PBI)**

El crecimiento del PBI está en millones de soles al año, para la ciudad de Arequipa se tiene:

TABLA 160. PBI DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

| Año | PBI en millones de soles |
|------|--------------------------|
| 2007 | 16991831 |
| 2008 | 18885807 |
| 2009 | 19032479 |
| 2010 | 20158733 |
| 2011 | 21038813 |
| 2012 | 22033542 |
| 2013 | 22629103 |
| 2014 | 22772808 |
| 2015 | 23520752 |
| 2016 | 29619827 |
| 2017 | 30716905 |

Fuente: INEI, 2018.

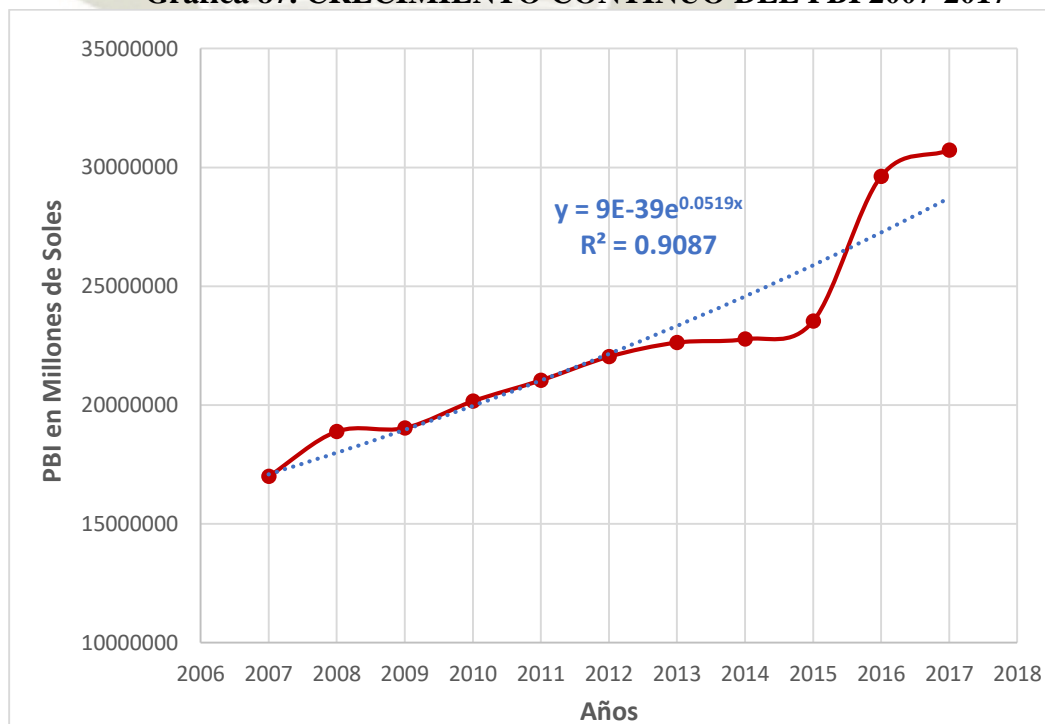
Al igual que los cálculos efectuados para el crecimiento del parque automotor, se realizan los mismos en la siguiente tabla:

TABLA 161. CÁLCULOS DE VARIABLES PARA REGRESIÓN EXPONENCIAL DEL PBI

| Año | Y | Y' (Log Y) | X | X ² | XY' | Y ² |
|------|-----------|---------------|----|----------------|--------|------------------|
| 2007 | 16991831 | 7.230 | 0 | 0 | 0 | 288722320732561 |
| 2008 | 18885807 | 7.276 | 1 | 1 | 7.28 | 356673706041249 |
| 2009 | 19032479 | 7.279 | 2 | 4 | 14.56 | 362235256885441 |
| 2010 | 20158733 | 7.304 | 3 | 9 | 21.91 | 406374516165289 |
| 2011 | 21038813 | 7.323 | 4 | 16 | 29.29 | 442631652448969 |
| 2012 | 22033542 | 7.343 | 5 | 25 | 36.72 | 485476973065764 |
| 2013 | 22629103 | 7.355 | 6 | 36 | 44.13 | 512076302584609 |
| 2014 | 22772808 | 7.357 | 7 | 49 | 51.50 | 518600784204864 |
| 2015 | 23520752 | 7.371 | 8 | 64 | 58.97 | 553225774645504 |
| 2016 | 29619827 | 7.472 | 9 | 81 | 67.24 | 877334151509929 |
| 2017 | 30716905 | 7.487 | 10 | 100 | 74.87 | 943528252779025 |
| Σ | 247400600 | 80.79893 | 55 | 385 | 406.48 | 5746879691063200 |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 87. CRECIMIENTO CONTINUO DEL PBI 2007-2017



Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica, se obtiene la ecuación $y = 9E-39e^{0.0519x}$ donde $0.0519 \approx 5.19\%$ es la tasa de crecimiento (r) en función del PBI expresada en porcentaje. Entonces, promediando ambas tasas de crecimiento se tiene: $r = 6.12\%$

7.7 CÁLCULO EJES EQUIVALENTES

Para el cálculo de ESAL's primero se procedió a calcular el factor de vehículo pesado (FVP) y se multiplico por el $IMDA_{2019}$.

TABLA 162. CALCULO DE FACTOR DE VEHÍCULO PESADO (FVP)

| TIPO DE VEHÍCULO | IMDA 2019 | TIPO | NUMERO | CARGA | FVP | IMDA x FVP | | |
|-------------------|-----------|-------|---------|--------|-----|------------|------------|--------|
| | | EJE | LLANTAS | EJE Tn | | | | |
| VEHÍCULOS LIGEROS | Autos | 13695 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 5.98 | |
| | | 13695 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 5.98 | |
| | Station | 257 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.11 | |
| | | 257 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.11 | |
| | Pick-Up | 998 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.44 | |
| | | 998 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.44 | |
| | Panel | 262 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.11 | |
| | | 262 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.11 | |
| | Combi | 733 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.32 | |
| | | 733 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.32 | |
| | Micros | 125 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.05 | |
| | | 125 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00043639 | 0.05 | |
| | BUSES | B2 | 51 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.27283418 | 64.91 |
| | | | 51 | DOBLE | 4 | 11 | 3.33482627 | 170.08 |
| B3 | | 0 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26536675 | 0 | |
| | | 0 | TANDEM | 6 | 16 | 2.34274049 | 0 | |
| CAMIONES | C2 | 317 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.27283418 | 403.49 | |
| | | 317 | SIMPLE | 4 | 11 | 8.12044583 | 2574.18 | |
| | C3 | 26 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.27283418 | 33.09 | |
| | | 26 | TANDEM | 8 | 18 | 3.45800441 | 89.91 | |
| | C4 | 5 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.27283418 | 6.36 | |
| | | 5 | TRIDEM | 10 | 23 | 3.68535214 | 18.43 | |
| | | | | | | Σ | 3382.67 | |

Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplica la siguiente fórmula:

$$ESALs = (3382.67)(0.5)(0.8)(365) \left[\frac{(1 + 0.0612)^{20} - 1}{0.0612} \right]$$

$$ESALs = 18,403,384$$

Nuestro valor de 18,403,384 se clasifica como un $TP_{12.c}$

CAPITULO VIII

8. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN MANUAL DE CARRETERAS: SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

8.1 DATOS PARA EL DISEÑO DE ESPESOR

El procedimiento y tablas para determinar los siguientes datos se describieron en el Marco Teórico, por lo cual a continuación se exponen los resultados directos:

8.1.1 PERIODO DE DISEÑO

La Av. Metropolitana es catalogada como una vía expresa por el plan de desarrollo metropolitano de Yanahuara y al ser también una vía urbana de medio tráfico vehicular el periodo de diseño será de 20 años.

8.1.2 TRANSITO

El número de ejes equivalentes proyectados para el periodo de diseño fue calculado en el capítulo anterior, siendo:

$$ESAL's = 18,403,384$$

8.1.3 SERVICIABILIDAD

El nivel de serviciabilidad del pavimento rígido está en función del tipo de tráfico obtenido de la tabla 13, nuestros valores son:

$$P_i = 4.50, P_t = 3;$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 3$$

$$\Delta PSI = 1.5$$

8.1.4 CONFIABILIDAD "R" Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SO)

La confiabilidad de la probabilidad de que el pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas, está en función del tipo de tráfico obtenido de la tabla 14, nuestros valores son:

$$R = 90\%$$

$$Z_r = -1.282$$

$$S_o = 0.35$$

8.1.5 SUELO Y EFECTO DE LAS CAPAS DE APOYO (K_c)

Para el cálculo del módulo reacción compuesto de las capas de apoyo, se usó los datos del estudio de suelos del expediente técnico de una calle aledaña a la Av. Metropolitana, este titula: “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LAS CALLES 2,3,4 Y 5 DE LA URB. MAGISTERIAL III, DISTRITO DE YANAHUARA – AREQUIPA – AREQUIPA” (Ver Anexo N° 6)

El valor representativo de la capacidad de soporte de la subrasante para tener mayor confiabilidad para el diseño es el siguiente:

TABLA 163. CBR DE TERRENO DE FUNDACIÓN

| TRAMO PAVIMENTO | AASHTO | CBR diseño |
|-----------------|--------|------------|
| Sub - Rasante | A-2-4 | 8.84% |

Fuente: Expediente técnico (Anexo N° 6).

Para el valor de la sub-rasante se tomará el mínimo 60% de la tabla 15. El cálculo del módulo reacción compuesto es el siguiente:

- Si $CBR < 10$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{Log}(CBR)$$

$$K_0 = 2.55 + 52.5 \text{Log}(8.84)$$

$$K_0 = 52.24 \text{ MPa/m}$$

- Si $CBR > 10$

$$K = 46 + 9.08(\text{Log}(CBR))^{4.34}$$

$$K_1 = 46 + 9.08(\text{Log}(60))^{4.34}$$

$$K_1 = 156.40 \text{ MPa/m}$$

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{20}{38} \right)^2 \times \left(\frac{156.40}{52.24} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times 52.24$$

$$K_c = 65.57 \text{ MPa/m}$$

8.1.6 RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO (MR)

Al ser nuestro tráfico clasificado como TP₁₂ se emplearán los módulos de rotura obtenidos en la sección 5.4.3 para $f'c$ 350 kgf/cm² o superior tanto para concreto convencional, como para concreto con adición de fibras de polipropileno y metálicas, siendo este el único parámetro que varía para la comparación y optimización del espesor del pavimento.

Adicionalmente se hará el diseño del pavimento con resistencias de $f'c = 280$ y 300 kgf/cm² siendo estos diseños con fines netamente académicos, ya que para el volumen vehicular determinado no se recomienda resistencias inferiores a lo requerido en la tabla 16.

8.1.7 MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO (Ec)

Para el cálculo de módulo de elasticidad primero se homogenizo las resistencias a unidades psi.

$$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2 * 14.22 = 3982.52 \text{ psi}$$

$$f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2 * 14.22 = 4266.99 \text{ psi}$$

$$f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2 * 14.22 = 4978.16 \text{ psi}$$

$$f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2 * 14.22 = 5973.79 \text{ psi}$$

Luego, se procedió a hallar el módulo de rotura convirtiendo de psi a MPa.

$$E_{C280} = 5700 * \sqrt{3982.52} * 0.00689 = 24801.23 \text{ MPa}$$

$$E_{C280} = 5700 * \sqrt{3982.52} * 0.00689 = 25671.71 \text{ MPa}$$

$$E_{C280} = 5700 * \sqrt{3982.52} * 0.00689 = 27728.62 \text{ MPa}$$

$$E_{C280} = 5700 * \sqrt{3982.52} * 0.00689 = 30375.18 \text{ MPa}$$

8.1.8 TRANSFERENCIA DE CARGAS (J)

Para la transferencia de cargas (J) al ser el número de Ejes Equivalentes (EE) mayor a 4 millones en el periodo de diseño es obligatorio el uso de estos, por otro lado, el tipo de berma es granular y si se considera el uso de pasadores, entonces:

$$J = 3.2$$

Entonces, según las Tablas 21 y 22, se tiene las siguientes especificaciones para pasadores y barras de amarre en función de los espesores obtenidos en el punto 8.2 para cada tipo de concreto.

TABLA 164. ESPECIFICACIONES PARA PASADORES Y BARRAS DE AMARRE

| Tipo de Concreto | Espesor de Losa (cm) | Pasadores | Barras de Amarre |
|------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 280 CC | 31 | ∅=1 ½", L=51 cm @ 38 cm | ∅=5/8", L=91 cm @ 91 cm |
| 280 MIC | 30 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=91 cm @ 91 cm |
| 280 MAC | 29 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=89 cm @ 91 cm |
| 280 MET | 28 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=86 cm @ 91 cm |
| 300 CC | 30 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=91 cm @ 91 cm |
| 300 MIC | 29 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=89 cm @ 91 cm |
| 300 MAC | 28 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=86 cm @ 91 cm |
| 300 MET | 27 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=84 cm @ 91 cm |
| 350 CC | 29 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=89 cm @ 91 cm |
| 350 MIC | 28 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=86 cm @ 91 cm |
| 350 MAC | 27 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=84 cm @ 91 cm |
| 350 MET | 26 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=82 cm @ 91 cm |
| 420 CC | 26 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=82 cm @ 91 cm |
| 420 MIC | 25 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=81 cm @ 91 cm |
| 420 MAC | 25 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=81 cm @ 91 cm |
| 420 MET | 24 | ∅=1 ¼", L=46 cm @ 30 cm | ∅=5/8", L=79 cm @ 91 cm |

Fuente: Elaboración Propia

8.1.9 DRENAJE (Cd)

El terreno de fundación es un limo-arenoso de baja plasticidad y su porcentaje de exposición a lluvias y filtración es de 5 a 25% aproximadamente, entonces el coeficiente de drenaje del suelo será:

$$Cd = 1$$

8.1.10 DISEÑO CAJA DE SELLOS

El factor de ajuste por fricción entre la losa y la subbase granular es $C = 0.80$, nuestra longitud de losa es $L = 3700$ mm, el coeficiente de expansión térmica para la grava es de 3.3×10^{-6} , la gradiente térmica es la diferencia entre nuestra temperatura obtenida en laboratorio 16.4° para $f'c = 350$ kgf/cm² menos la más baja del año en Arequipa registrada por Senamhi fue de 4°C y nuestro coeficiente de contracción correspondido para nuestra resistencia a la tracción $f't = 4.2$ MPa es 0.0003 mm/mm.

Haciendo uso de las ecuaciones del punto 2.7.12 para selladores líquidos, primero se hallará el movimiento de las losas:

$$\Delta L = 0.8 * 3700(3.3 \times 10^{-6}(16.4^\circ - 4^\circ) + 0.0003)$$

$$\Delta L = 1.009 \text{ mm}$$

Después de hallar el movimiento de las losas, se calcula el porcentaje de elongación que necesita nuestra caja de sello, para esto elegiremos un ancho de 10 mm:

$$\% \text{Elongacion} = \frac{1.009 \text{ mm}}{10 \text{ mm}}$$

$$\% \text{Elongacion} = 10.09\%$$

Nuestro porcentaje de elongación es menos del 50% recomendado por el MTC, entonces se hará uso de selladores de silicona, los cuales soportan hasta un 100% de elongación, cumpliendo así con nuestro valor de 10.09% .

Finalmente, la profundidad del sellador depende de la relación entre la profundidad y el ancho de la junta, un factor forma común para la silicona es de 2 , entonces para nuestro ancho de 10 mm, la profundidad será 20 mm. Las dimensiones y factor forma de la caja de sello serán las mismas para todas las resistencias anteriores.

Teniendo en consideración las otras resistencias, se tienen los siguientes movimientos de losa y porcentaje de elongación para diferentes tipos de concreto convencional y con fibras:

TABLA 165. CÁLCULO DE % ELONGACIÓN SEGÚN TIPO DE CONCRETO

| Tipo de Concreto | f't | Coefficiente de Contracción | ΔL | % Elongación |
|------------------|------|-----------------------------|------------|--------------|
| 280 CC | 3.80 | 0.00038 | 1.25 | 12.46% |
| 280 MIC | 4.20 | 0.0003 | 1.01 | 10.09% |
| 280 MAC | 4.54 | 0.00025 | 0.86 | 8.61% |
| 280 MET | 5.03 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 300 CC | 4.03 | 0.00034 | 1.13 | 11.28% |
| 300 MIC | 4.40 | 0.00027 | 0.92 | 9.20% |
| 300 MAC | 4.82 | 0.00021 | 0.74 | 7.43% |
| 300 MET | 5.07 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 350 CC | 4.20 | 0.0003 | 1.01 | 10.09% |
| 350 MIC | 4.90 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 350 MAC | 5.28 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 350 MET | 5.63 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 420 CC | 5.23 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 420 MIC | 5.77 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 420 MAC | 6.43 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |
| 420 MET | 6.23 | 0.0002 | 0.71 | 7.13% |

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede ver en la tabla anterior todos los porcentajes de elongación no superan el 50% recomendado, entonces el sellador a utilizar para todas las resistencias será de silicona.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que el diámetro del Backer Rod debe ser aproximadamente 25% más grande que la junta, en la siguiente tabla se pueden observar los diferentes diámetros:

TABLA 166. DIMENSIONES BACKER ROD

| Diámetro en Pulgadas | Diámetro en mm | Dimensión de la junta mm |
|----------------------|----------------|--------------------------|
| 5/8" | 15.8 | 11.85 |
| 1/2" | 12.7 | 9.5 |
| 1/4" | 6.35 | 7.12 |

Fuente: HT-Sika-Backer Rod (Ver Anexo N° 5).

Ya que nuestra junta es de 10 mm se usará un Backer Rod de 1/2", el cual equivale a 12.7 mm.

8.2 DISEÑO POR MÉTODO AASHTO 93

Mediante el proceso iterativo en una hoja de cálculo de Excel se obtienen los siguientes espesores en función del tipo de concreto y módulo de rotura:

| f'c 280 kgf/cm ² Convencional | |
|--|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.08 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 24801.23 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 303.69 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 31.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 280 kgf/cm ² + MIC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.38 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 24801.23 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 293.11 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 30.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 280 kgf/cm ² + MAC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.54 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 24801.23 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 287.65 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 29.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 280 kgf/cm ² + MET | |
|-----------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 5.05 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 24801.23 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 272.51 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 28.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 300 kgf/cm ² Convencional | |
|--|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.20 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 25671.71 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 299.74 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 30.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 300 kgf/cm ² + MIC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.68 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 25671.71 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 283.80 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 29.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 300 kgf/cm ² + MAC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.82 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 25671.71 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 279.60 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 28.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 300 kgf/cm ² + MET | |
|-----------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 5.27 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 25671.71 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 266.81 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 27.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 350 kgf/cm ² Convencional | |
|--|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.52 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 27728.62 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 289.67 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 29.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 350 kgf/cm ² + MIC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 4.95 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 27728.62 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 276.63 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 28.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 350 kgf/cm ² + MAC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 5.28 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 27728.62 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 267.78 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 27.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 350 kgf/cm ² + MET | |
|-----------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 5.74 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 27728.62 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 256.28 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 26.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 420 kgf/cm ² Conventional | |
|--|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 5.69 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 30375.18 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 258.67 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 26.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 420 kgf/cm ² + MIC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 6.18 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 30375.18 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 247.59 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 25.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 420 kgf/cm ² + MAC-POL | |
|---------------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 6.43 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 30375.18 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 242.60 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 25.00 |

Fuente: Elaboración Propia

| f'c 420 kgf/cm ² + MET | |
|-----------------------------------|----------|
| W ₈₂ | 18403384 |
| Zr | -1.282 |
| So | 0.35 |
| ΔPSI | 1.5 |
| Pt | 3 |
| MR | 6.66 |
| Cd | 1 |
| J | 3.2 |
| E _c | 30375.18 |
| K _c | 60.10 |
| Log ₁₀ W ₈₂ | 7.265 |
| | 7.265 |
| D (mm) | 238.12 |
| Diferencia | 0.00 |
| D (cm) | 24.00 |

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 167. SECCIONES TÍPICAS DE PAVIMENTO POR TIPO DE CONCRETO Y RESISTENCIA

| | CONCRETO CONVENCIONAL | CONCRETO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | CONCRETO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO | CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS | |
|------------------------------|-----------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------|
| $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | <p>280 CC</p> | <p>280 MIC POL</p> | <p>280 MAC POL</p> | <p>280 MET</p> | |
| $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | <p>300 CC</p> | <p>300 MIC POL</p> | <p>300 MAC POL</p> | <p>300 MET</p> | <p>Losa de Concreto</p> |
| $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | <p>350 CC</p> | <p>350 MIC POL</p> | <p>350 MAC POL</p> | <p>350 MET</p> | <p>Subbase Granular</p> |
| $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | <p>420 CC</p> | <p>420 MIC POL</p> | <p>420 MAC POL</p> | <p>420 MET</p> | |

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IX

9. COSTOS Y PRESUPUESTOS

9.1 METRADO DE PARTIDAS

Para el correcto análisis de precios unitarios se hizo el siguiente metrado, el cual solo varia en las partidas de encofrado, concreto premezclado y de colocación de acero en función del tipo de concreto:

PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|------------------------|----------------|------|-------|-------|------|---------|---------------------------|
| Perfilado y compactado | m ² | 1 | 510 | 6 | - | 3060 | 3060 m² |

BASE GRANULAR e = 0.15

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|-------------------|----------------|------|-------|-------|------|---------|---------------------------|
| Material Granular | m ² | 1 | 510 | 6 | - | 3060 | 3060 m² |

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO POR TIPO DE CONCRETO

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|---|----------------|------|-------|-------|------|---------|----------------------------|
| Encofrado f'c = 280 kgf/cm ² CC | m ² | 3 | 510 | - | 0.31 | 474.30 | 474.3 m² |
| Encofrado f'c = 280 kgf/cm ² MIC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.30 | 459.00 | 459 m² |
| Encofrado f'c = 280 kgf/cm ² MAC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.29 | 443.70 | 443.7 m² |
| Encofrado f'c = 280 kgf/cm ² MET | m ² | 3 | 510 | - | 0.28 | 428.40 | 428.4 m² |
| Encofrado f'c = 300 kgf/cm ² CC | m ² | 3 | 510 | - | 0.30 | 459.00 | 459 m² |
| Encofrado f'c = 300 kgf/cm ² MIC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.29 | 443.70 | 443.7 m² |
| Encofrado f'c = 300 kgf/cm ² MAC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.28 | 428.40 | 428.4 m² |
| Encofrado f'c = 300 kgf/cm ² MET | m ² | 3 | 510 | - | 0.27 | 413.10 | 413.1 m² |
| Encofrado f'c = 350 kgf/cm ² CC | m ² | 3 | 510 | - | 0.29 | 443.70 | 443.7 m² |
| Encofrado f'c = 350 kgf/cm ² MIC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.28 | 428.40 | 428.4 m² |
| Encofrado f'c = 350 kgf/cm ² MAC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.27 | 413.10 | 413.1 m² |
| Encofrado f'c = 350 kgf/cm ² MET | m ² | 3 | 510 | - | 0.26 | 397.80 | 397.8 m² |

| | | | | | | | |
|---|----------------|---|-----|---|------|--------|----------------------------|
| Encofrado f'c = 420 kgf/cm ² CC | m ² | 3 | 510 | - | 0.26 | 397.80 | 397.8 m² |
| Encofrado f'c = 420 kgf/cm ² MIC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.25 | 382.50 | 382.5 m² |
| Encofrado f'c = 420 kgf/cm ² MAC-POL | m ² | 3 | 510 | - | 0.25 | 382.50 | 382.5 m² |
| Encofrado f'c = 420 kgf/cm ² MET | m ² | 3 | 510 | - | 0.24 | 367.20 | 367.2 m² |

CONCRETO PREMEZCLADO POR TIPO DE CONCRETO

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|--|----------------|------|-------|-------|------|---------|----------------------------|
| Concreto f'c = 280 kgf/cm ² CC | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.31 | 948.60 | 948.6 m² |
| Concreto f'c = 280 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.30 | 918.00 | 918 m² |
| Concreto f'c = 280 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.29 | 887.40 | 887.4 m² |
| Concreto f'c = 280 kgf/cm ² MET | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.28 | 856.80 | 856.8 m² |
| Concreto f'c = 300 kgf/cm ² CC | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.30 | 918.00 | 918 m² |
| Concreto f'c = 300 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.29 | 887.40 | 887.4 m² |
| Concreto f'c = 300 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.28 | 856.80 | 856.8 m² |
| Concreto f'c = 300 kgf/cm ² MET | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.27 | 826.20 | 826.2 m² |
| Concreto f'c = 350 kgf/cm ² CC | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.29 | 887.40 | 887.4 m² |
| Concreto f'c = 350 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.28 | 856.80 | 856.8 m² |
| Concreto f'c = 350 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.27 | 826.20 | 826.2 m² |
| Concreto f'c = 350 kgf/cm ² MET | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.26 | 795.60 | 795.6 m² |
| Concreto f'c = 420 kgf/cm ² CC | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.26 | 795.60 | 795.6 m² |
| Concreto f'c = 420 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.25 | 765.00 | 765 m² |
| Concreto f'c = 420 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.25 | 765.00 | 765 m² |
| Concreto f'c = 420 kgf/cm ² MET | m ³ | 1 | 510 | 6 | 0.24 | 734.40 | 734.4 m² |

ACERO PARA CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/2" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/2" | 137 | 14 | 0.51 | 978.18 | - | 978.18 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.91 | - | 374.01 | 374.01 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 978.18 | 374.01 | 1352.19 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 8.95 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 8754.71 | 580.46 | 9335 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.91 | - | 374.01 | 374.01 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 374.01 | 1508.37 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 580.46 | 7631 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.89 | - | 365.79 | 365.79 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 365.79 | 1500.15 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 567.71 | 7618 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS METÁLICAS

| DESCRIPCIÓN | UND | \emptyset | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por \emptyset | | Total |
|-----------------------------|-----|-------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.86 | - | 353.46 | 353.46 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 353.46 | 1487.82 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 548.57 | 7599 kg |

ACERO PARA CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

| DESCRIPCIÓN | UND | \emptyset | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por \emptyset | | Total |
|-----------------------------|-----|-------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.91 | - | 374.01 | 374.01 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 374.01 | 1508.37 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 580.46 | 7631 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | \emptyset | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por \emptyset | | Total |
|-----------------------------|-----|-------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.89 | - | 365.79 | 365.79 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 365.79 | 1500.15 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 567.71 | 7618 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|----------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.86 | - | 353.46 | 353.46 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 353.46 | 1487.82 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 548.57 | 7599 kg |

ACERO PARA CONCRETO $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS METÁLICAS

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.84 | - | 345.24 | 345.24 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 345.24 | 1479.60 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 535.81 | 7586 |

ACERO PARA CONCRETO CONVENCIONAL $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.89 | - | 365.79 | 365.79 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 365.79 | 1500.15 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 567.71 | 7618 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.86 | - | 353.46 | 353.46 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 353.46 | 1487.82 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 548.57 | 7599 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.84 | - | 345.24 | 345.24 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 345.24 | 1479.60 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 535.81 | 7586 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS METÁLICAS

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.82 | - | 337.02 | 337.02 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 337.02 | 1471.38 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 523.06 | 7573 |

ACERO PARA CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.82 | - | 337.02 | 337.02 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 337.02 | 1471.38 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 523.06 | 7573 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

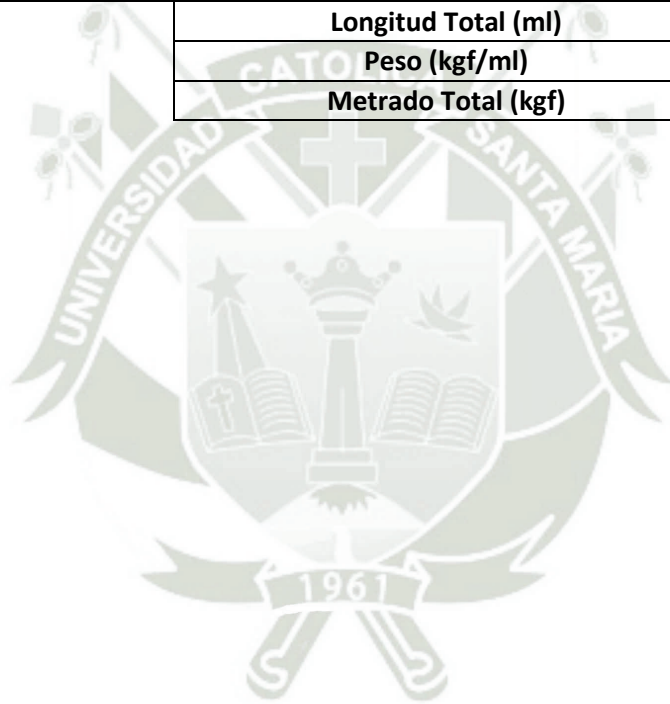
| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.81 | - | 332.91 | 332.91 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 332.91 | 1467.27 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 516.68 | 7567 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.81 | - | 332.91 | 332.91 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 332.91 | 1467.27 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 516.68 | 7567 |

ACERO PARA CONCRETO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CON MACRO FIBRAS METÁLICAS

| DESCRIPCIÓN | UND | Ø | N° Elementos Iguales en Losas | N° Piezas x Losa | Longitud x pieza (m) | Longitud por Ø | | Total |
|-----------------------------|-----|--------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | | | | 1 1/4" | 5/8" | |
| Varillas de acero liso | kgf | 1 1/4" | 137 | 18 | 0.46 | 1134.36 | - | 1134.36 |
| Varillas de acero corrugado | kgf | 5/8" | 137 | 3 | 0.79 | - | 324.69 | 324.69 |
| Longitud Total (ml) | | | | | | 1134.36 | 324.69 | 1459.05 |
| Peso (kgf/ml) | | | | | | 6.22 | 1.55 | - |
| Metrado Total (kgf) | | | | | | 7050.05 | 503.92 | 7554 |



REGLADO Y ACABADO DEL CONCRETO

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|--------------------------------|----------------|------|-------|-------|------|---------|-------|
| Reglado y acabado del concreto | m ² | 1 | 510 | 6 | - | 3060 | |

3060 m²

CURADO DE LOSA DE CONCRETO

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|----------------------------|----------------|------|-------|-------|------|---------|-------|
| Curado de losa de concreto | m ² | 1 | 510 | 6 | - | 3060 | |

3060 m²

CORTE DE JUNTAS

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|-----------------------|-----|------|-------|-------|------|---------|-------|
| Juntas transversales | m | 137 | 12 | - | - | 1644 | |
| Juntas longitudinales | m | 137 | 3.7 | - | - | 506.9 | |

2150.9 m²

SELLADO DE JUNTAS

| DESCRIPCIÓN | UND | CANT | LARGO | ANCHO | ALTO | PARCIAL | TOTAL |
|-----------------------|-----|------|-------|-------|------|---------|-------|
| Juntas transversales | m | 137 | 12 | - | - | 1644 | |
| Juntas longitudinales | m | 137 | 3.7 | - | - | 506.9 | |

2150.9 m²

Para el cálculo del rendimiento de transporte de material de base granular usamos el programa de costos y presupuestos S10, dándonos como resultado 50 m³/día:

Ilustración 70. Cálculo de rendimiento S10



Rendimiento para transporte

TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km

| | | |
|-----------------------------|----------|---------------------|
| Distancia de transporte | 17 | Km |
| Velocidad de ida | 20 | Km/h |
| Velocidad de vuelta | 25 | Km/h |
| Tiempo de carguío | 7 | min |
| Tiempo de descarga | 2 | min |
| Porcentaje de eficiencia | 80 | % |
| Factor de esponjamiento | 1.2 | |
| Capacidad de volquete | 15 | m ³ |
| Número de volquetes | 1 | und |
| Ciclo de un volquete | 100.8000 | min |
| Número de viajes | 4 | |
| Rendimiento por volquete | 60.0000 | m ³ /vol |
| Rendimiento total diario | 60.0000 | m ³ /día |
| Rendimiento efectivo diario | 50.0000 | m ³ /día |

Fuente: Elaboración Propia

9.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS POR PARTIDAS

Los costos de la mano de obra, materiales y equipo fueron usados de la revista: “Costos, Revista especializada para la construcción”, Edición 302 / Octubre- Noviembre 2019.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| Partida | 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | | | | |
|---------------------|--|--|----------------|--|------------|-------------|
| Rendimiento | m ² /DIA | 1,500.0000 | EQ. 1,500.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 3.15 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0011 | 27.53 | 0.03 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0053 | 22.94 | 0.12 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0107 | 16.39 | 0.18 |
| 0.33 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.33 | 0.01 |
| 03011000060003 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 101-135HP 10- 12 ton | hm | 1.0000 | 0.0053 | 179.85 | 0.95 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0053 | 207.36 | 1.10 |
| 0301220010 | CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122HP 1,500GLN | hm | 1.0000 | 0.0053 | 142.74 | 0.76 |
| 2.82 | | | | | | |
| Partida | 02.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | | | | |
| Rendimiento | m ³ /DIA | 50.0000 | EQ. 50.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 51.26 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.1600 | 18.14 | 2.90 |
| 2.90 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 2.90 | 0.09 |
| 0301220004 | CAMIÓN VOLQUETE | hm | 1.0000 | 0.1600 | 301.70 | 48.27 |
| 48.36 | | | | | | |
| Partida | 02.01.03 | BASE GRANULAR e = 0.15 m | | | | |
| Rendimiento | m ² /DIA | 1,200.0000 | EQ. 1,200.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 46.58 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.3000 | 0.0020 | 27.53 | 0.06 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0067 | 18.14 | 0.12 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 3.0000 | 0.0200 | 16.39 | 0.33 |
| 0.51 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | m3 | | 1.2000 | 35.30 | 42.36 |
| 0207070001 | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.0280 | 5.00 | 0.14 |
| 42.50 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.51 | 0.02 |
| 03011000060003 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 101-135HP 10- 12 ton | hm | 1.0000 | 0.0067 | 179.85 | 1.20 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0067 | 207.36 | 1.39 |
| 0301220010 | CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122HP 1,500GLN | hm | 1.0000 | 0.0067 | 142.74 | 0.96 |
| 3.57 | | | | | | |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|--|--------------|
| Partida | 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | | | |
| Rendimiento | m²/DIA | 24.0000 | EQ. 24.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 28.43 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|-------------------------------|--------|-----------|----------|------------|--------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0333 | 27.53 | 0.92 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.3333 | 22.94 | 7.65 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.3333 | 18.14 | 6.05 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 0.5000 | 0.1667 | 16.39 | 2.73 |
| | | | | | | 17.35 |
| Materiales | | | | | | |
| 0201040003 | PETRÓLEO | gal | | 0.1000 | 12.49 | 1.25 |
| 02040100010001 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8 | kg | | 0.3000 | 3.28 | 0.98 |
| 0204120001 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA | kg | | 0.0100 | 3.44 | 0.03 |
| 0231010001 | MADERA TORNILLO | p2 | | 0.0929 | 7.55 | 0.70 |
| 0231040001 | ESTACAS DE MADERA | und | | 2.0000 | 3.80 | 7.60 |
| | | | | | | 10.56 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 17.35 | 0.52 |
| | | | | | | 0.52 |

| | | | | | |
|-------------|-----------------|------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------|
| Partida | 01.01.05 | DOWELS Ø=1-1/2" | | | |
| Rendimiento | kg/DIA | 300.0000 | EQ. 300.0000 | Costo unitario directo por: kg | 5.85 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0027 | 27.53 | 0.07 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0267 | 22.94 | 0.61 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0267 | 18.14 | 0.48 |
| | | | | | | 1.16 |
| Materiales | | | | | | |
| 02040100010002 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16 | kg | | 0.0500 | 3.28 | 0.16 |
| 02040600010017 | ACERO LISO EN VARILLAS DE 1 1/4" X 6 m | kg | | 1.0000 | 3.24 | 3.24 |
| 0261070004 | CANASTILLA DE ACERO P/DOWEL | und | | 0.0630 | 20.00 | 1.26 |
| | | | | | | 4.66 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.16 | 0.03 |
| | | | | | | 0.03 |

| | | | | | |
|-------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------|
| Partida | 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN Ø=5/8" | | | |
| Rendimiento | kg/DIA | 250.0000 | EQ. 250.0000 | Costo unitario directo por: kg | 5.98 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0032 | 27.53 | 0.09 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0320 | 22.94 | 0.73 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0320 | 18.14 | 0.58 |
| | | | | | | 1.40 |
| Materiales | | | | | | |
| 02040100020001 | ALAMBRE NEGRO N° 16 | kg | | 0.0500 | 3.28 | 0.16 |
| 02040300010043 | ACERO CORRUGADO f _y = 4200 kg/cm ² GRADO 60 | kg | | 1.0500 | 2.97 | 3.12 |
| 0261070005 | CANASTILLA DE ACERO P/BARRAS DE UNIÓN | und | | 0.0630 | 20.00 | 1.26 |
| | | | | | | 4.54 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.40 | 0.04 |
| | | | | | | 0.04 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|--------------------|--|---------------|--|
| Partida | 02.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 280 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 300.63 | |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.3429 | 22.94 | 7.87 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040332 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 280 kgf/cm ² CC | m ³ | | 1.0000 | 289.35 | 289.35 |
| | | | | | | 289.35 |

| | | | | | |
|-------------|---|----------------|----------------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 280 kgf/cm² CC | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 289.35 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1998 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2790 | 42.86 | 11.96 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 1.6200 | 15.00 | 24.30 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.5100 | 20.50 | 194.96 |
| | | | | | | 251.42 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|--------------------|--|---------------|--|
| Partida | 03.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 300 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 313.16 | |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040317 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 300 kgf/cm ² CC | m ³ | | 1.0000 | 301.88 | 301.88 |
| | | | | | | 301.88 |

| | | | | |
|-------------|---|---------|---------|--|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 300 kgf/cm² CC | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ 301.88 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1998 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2724 | 42.86 | 11.68 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 1.9000 | 15.00 | 28.50 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.9300 | 20.50 | 203.57 |
| | | | | | | 263.94 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | |
|-------------|--------------------------|--|---|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 350 kgf/cm² | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 Costo unitario directo por: m ³ 352.19 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040333 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 350 kgf/cm ² CC | m ³ | | 1.0000 | 340.91 | 340.91 |
| | | | | | | 340.91 |

| | | | | |
|-------------|---|---------|---------|--|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 350 kgf/cm² CC | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ 340.91 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1997 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2528 | 42.86 | 10.84 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.8500 | 15.00 | 42.75 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 11.1800 | 20.50 | 229.19 |
| | | | | | | 302.98 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|--------------------|--|---------------|
| Partida | 04.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 442.68 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040319 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CC | m ³ | | 1.0000 | 431.40 | 431.40 |
| | | | | | | 431.40 |

| | | | | |
|-------------|--|-----------------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ CC | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 431.40 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1986 | 5.00 | 0.99 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2023 | 42.86 | 8.67 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 4.6000 | 15.00 | 69.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 14.4200 | 20.50 | 295.61 |
| | | | | | | 393.48 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|--------------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 381.61 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040321 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ MIC-POL | m ³ | | 1.0000 | 370.33 | 370.33 |
| | | | | | | 370.33 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 280 kgf/cm² MIC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 370.33 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1998 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2786 | 42.86 | 11.94 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.0200 | 15.00 | 30.30 |
| 0295010001 | SIKA FIBER-PE | bol | | 2.5000 | 30.00 | 75.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.5100 | 20.50 | 194.96 |
| | | | | | | 332.40 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f'c = 300 kgf/cm² | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 394.44 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040322 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 300 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | | 1.0000 | 383.16 | 383.16 |
| | | | | | | 383.16 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 300 kgf/cm² MIC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 383.16 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1997 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2720 | 42.86 | 11.66 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.3200 | 15.00 | 34.80 |
| 0295010001 | SIKA FIBER-PE | bol | | 2.5000 | 30.00 | 75.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.9300 | 20.50 | 203.57 |
| | | | | | | 345.23 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f_c = 350 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 430.78 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040320 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 350 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | | 1.0000 | 419.50 | 419.50 |
| | | | | | | 419.50 |

| | | | | | |
|-------------|--|----------------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 350 kgf/cm² MIC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 419.50 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1993 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2526 | 42.86 | 10.83 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 3.0900 | 15.00 | 46.35 |
| 0295010001 | SIKA FIBER-PE | bol | | 2.5000 | 30.00 | 75.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 11.1800 | 20.50 | 229.19 |
| | | | | | | 381.57 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f_c = 420 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 522.17 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040323 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 420 kgf/cm ² MIC-POL | m ³ | | 1.0000 | 510.89 | 510.89 |
| | | | | | | 510.89 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 420 kgf/cm² MIC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 510.89 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1985 | 5.00 | 0.99 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2020 | 42.86 | 8.66 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 4.9000 | 15.00 | 73.50 |
| 0295010001 | SIKA FIBER-PE | bol | | 2.5000 | 30.00 | 75.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 14.4200 | 20.50 | 295.61 |
| | | | | | | 472.96 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f_c = 280 kgf/cm² | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 412.63 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040325 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 280 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | | 1.0000 | 401.35 | 401.35 |
| | | | | | | 401.35 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 280 kgf/cm² MAC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 401.35 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1998 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2790 | 42.86 | 11.96 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 1.6200 | 15.00 | 24.30 |
| 0295010004 | SIKA FIBER PP-48 | cja | | 0.8000 | 140.00 | 112.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.5100 | 20.50 | 194.96 |
| | | | | | | 363.42 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f_c = 300 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 428.30 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040324 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 300 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | | 1.0000 | 417.02 | 417.02 |
| | | | | | | 417.02 |

| | | | | | | |
|-------------|--|----------------|-----|-------------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 300 kgf/cm² MAC-POL | | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ. | 1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 417.02 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1997 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2722 | 42.86 | 11.67 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKI PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.1100 | 15.00 | 31.65 |
| 0295010004 | SIKA FIBER PP-48 | cja | | 0.8000 | 140.00 | 112.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.9300 | 20.50 | 203.57 |
| | | | | | | 379.08 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO f_c = 350 kgf/cm² | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 460.59 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040326 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 350 kgf/cm ² MAC-POL | m ³ | | 1.0000 | 449.31 | 449.31 |
| | | | | | | 449.31 |

| | | | | | |
|-------------|---|---------|---------|---|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ MAC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por : m ³ | 449.31 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1994 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2530 | 42.86 | 10.84 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.6100 | 15.00 | 39.15 |
| 0295010004 | SIKA FIBER PP-48 | cja | | 0.8000 | 140.00 | 112.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 11.1800 | 20.50 | 229.19 |
| | | | | | | 411.38 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|-------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 557.69 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040327 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ MAC-POL | m ³ | | 1.0000 | 546.41 | 546.41 |
| | | | | | | 546.41 |

| | | | | | |
|-------------|---|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ MAC-POL | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 546.41 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1997 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2722 | 42.86 | 11.67 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 4.6000 | 15.00 | 69.00 |
| 0295010004 | SIKA FIBER PP-48 | cja | | 0.8000 | 140.00 | 112.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 14.4200 | 20.50 | 295.61 |
| | | | | | | 508.48 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 723.62 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040328 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ MET | m ³ | | 1.0000 | 712.34 | 712.34 |
| | | | | | | 712.34 |

| | | | | | |
|-------------|---|---------|---------|--|---------------|
| Partida | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ MET | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 712.34 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1998 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2788 | 42.86 | 11.95 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 1.8200 | 15.00 | 27.30 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.5100 | 20.50 | 194.96 |
| 0295010005 | SIKA FIBER LHO 35/45-NB | bol | | 1.7500 | 240.00 | 420.00 |
| | | | | | | 674.41 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|--|-----|----------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. | 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 736.30 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040329 | CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ MET | m ³ | | 1.0000 | 725.02 | 725.02 |
| | | | | | | 725.02 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 300 kgf/cm² MET | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 725.02 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1997 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2722 | 42.86 | 11.67 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.1100 | 15.00 | 31.65 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 9.9300 | 20.50 | 203.57 |
| 0295010005 | SIKA FIBER LHO 35/45-NB | bol | | 1.7500 | 240.00 | 420.00 |
| | | | | | | 687.08 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|--------------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS f'c = 350 kgf/cm² | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 772.19 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040330 | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 350 kgf/cm ² MET | m ³ | | 1.0000 | 760.91 | 760.91 |
| | | | | | | 760.91 |

| | | | | | |
|-------------|--|---------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 350 kgf/cm² MET | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 760.91 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1994 | 5.00 | 1.00 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2528 | 42.86 | 10.84 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 2.8500 | 15.00 | 42.75 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 11.1800 | 20.50 | 229.19 |
| 0295010005 | SIKA FIBER LHO 35/45-NB | bol | | 1.7500 | 240.00 | 420.00 |
| | | | | | | 722.98 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|--------------------|--|---------------|
| Partida | 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS f_c = 420 kgf/cm² | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | 70.0000 | EQ. 70.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 862.68 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|---|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0229 | 27.53 | 0.63 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.2286 | 22.94 | 5.24 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.2286 | 16.39 | 3.75 |
| | | | | | | 9.62 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.62 | 0.29 |
| 03012900010002 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25" | hm | 2.0000 | 0.2286 | 6.01 | 1.37 |
| | | | | | | 1.66 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010304040331 | CONCRETO PREMEZCLADO f _c = 420 kgf/cm ² MET | m ³ | | 1.0000 | 851.40 | 851.40 |
| | | | | | | 851.40 |

| | | | | | |
|-------------|--|----------------|---------|--|---------------|
| Sub Partida | CONCRETO PREMEZCLADO f_c = 420 kgf/cm² MET | | | | |
| Rendimiento | m³/DIA | MO.1.00 | EQ.1.00 | Costo unitario directo por: m ³ | 851.40 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------|------------|---------------|
| Materiales | | | | | | |
| 0207070002 | AGUA | m ³ | | 0.1986 | 5.00 | 0.99 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m ³ | | 0.2023 | 42.86 | 8.67 |
| 02070100010003 | PIEDRA CHANCADA 3/4" | m ³ | | 0.3721 | 51.61 | 19.20 |
| 0222180002 | ADITIVO SIKA PLASTIFICANTE VISCOCRETE 3330 | l | | 4.6000 | 15.00 | 69.00 |
| 02130100010004 | CEMENTO PORTLAND TIPO IP YURA | bol | | 14.4200 | 20.50 | 295.61 |
| 0295010005 | SIKA FIBER LHO 35/45-NB | bol | | 1.7500 | 240.00 | 420.00 |
| | | | | | | 813.48 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301320002 | DOSIFICADORA DE CONCRETO | hm | 0.1250 | 1.0000 | 1.62 | 1.62 |
| 03011700020001 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3 | hm | 0.1250 | 1.0000 | 2.88 | 2.88 |
| 0301320003 | MIXER DE 8 m ³ | hm | 0.1250 | 1.0000 | 33.43 | 33.43 |
| | | | | | | 37.93 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|--|-------------|
| Partida | 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | | | |
| Rendimiento | m²/DIA | 50.0000 | EQ. 50.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 9.63 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|-----------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0160 | 27.53 | 0.44 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.1600 | 22.94 | 3.67 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.3200 | 16.39 | 5.24 |
| | | | | | | 9.35 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 9.35 | 0.28 |
| | | | | | | 0.28 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------|--|-------------|
| Partida | 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | | | | |
| Rendimiento | m²/DÍA | 200.0000 | EQ. | 200.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 7.25 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|-------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0040 | 27.53 | 0.11 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0400 | 16.39 | 0.66 |
| 0.77 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 02221800010015 | CURADOR QUÍMICO SIKACEM | l | | 0.2000 | 32.30 | 6.46 |
| 6.46 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.77 | 0.02 |
| 0.02 | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|-----------------|------------------------|-----|-----------------|-------------------------------|-------------|
| Partida | 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS | | | | |
| Rendimiento | m/DÍA | 250.0000 | EQ. | 250.0000 | Costo unitario directo por: m | 3.40 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|-----------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0032 | 27.53 | 0.09 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0320 | 22.94 | 0.73 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0320 | 16.39 | 0.52 |
| 1.34 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.34 | 0.04 |
| 0301110002 | CORTADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.0320 | 63.20 | 2.02 |
| 2.06 | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|-----------------|---|-----|-----------------|-------------------------------|--------------|
| | 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | | | | |
| Rendimiento | m/DÍA | 100.0000 | EQ. | 100.0000 | Costo unitario directo por: m | 18.00 |

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|---------------------|-----------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0160 | 27.53 | 0.44 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 2.0000 | 0.1600 | 22.94 | 3.67 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.1600 | 16.39 | 2.62 |
| 6.73 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0222060006 | BACKER ROD DE 1/2" | m | | 1.0000 | 10.90 | 10.90 |
| 0222100001 | SILICONA | und | | 0.0033 | 8.90 | 0.03 |
| 10.93 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 6.73 | 0.20 |
| 0301060006 | APLICADOR DE SILICONA | und | | 0.0150 | 9.60 | 0.14 |
| 0.34 | | | | | | |

9.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DIRECTOS POR TIPO DE CONCRETO

A continuación, se detallan los resúmenes de presupuestos obtenidos mediante el software de estimación de costos de construcción S-10, luego de esto se hará una comparativa de costos.

Presupuesto Concreto Convencional $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM
 Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.31 \text{ m}$
 Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**
 Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 609,336.31 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 609,336.31 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.26 | 23,528.34 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 474.30 | 28.43 | 13,484.35 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/2"$ @ 0.38m, L = 0.51 m | kg | 8,754.71 | 5.85 | 51,215.05 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.89m, L=0.91m | kg | 580.46 | 5.98 | 3,471.15 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 948.60 | 300.63 | 285,177.62 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 609,336.31 |

SON: SEISCIENTOS NUEVE MIL TRESCIENTOS TRENTISEIS Y 31/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Convencional $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.30 \text{ m}$

Ciente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 601,236.92 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 601,236.92 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 459.00 | 28.43 | 13,049.37 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.89m, L=0.91m | kg | 580.46 | 5.98 | 3,471.15 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 918.00 | 313.16 | 287,480.88 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 601,236.92 |

SON: SEISCIENTOS UNO MIL DOSCIENTOS TRENTISEIS Y 92/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Convencional $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, $e = 0.29 \text{ m}$

Ciente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|--|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 625,778.23 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 625,778.23 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR $E=0.15 \text{ m}$ | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 443.70 | 28.43 | 12,614.39 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4" @ 0.30\text{m}$, $L = 0.50 \text{ m}$ | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNION $\varnothing=5/8" @ 0.89\text{m}$, $L=0.91\text{m}$ | kg | 567.71 | 5.98 | 3,394.91 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ | m3 | 887.40 | 352.19 | 312,533.41 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 625,778.23 |

SON: SEISCIENTOS VEINTICINCO MIL SETECIENTOS SETENTIOCHO Y 23/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Convencional $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.26 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|--|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 663,869.08 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 663,869.08 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR $E=0.15 \text{ m}$ | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 397.80 | 28.43 | 11,309.45 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4" @ 0.30\text{m}$, $L = 0.50 \text{ m}$ | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNION $\varnothing=5/8" @ 0.89\text{m}$, $L=0.91\text{m}$ | kg | 523.06 | 5.98 | 3,127.90 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 795.60 | 442.68 | 352,196.21 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 663,869.08 |

SON: SEISCIENTOS SESENTITRES MIL OCHOCIENTOS SESENTINUEVE Y 08/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Micro Fibra de Polipropileno $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MICRO FIBRA $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.30 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 664,321.88 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 664,321.88 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | m2 | 459.00 | 28.97 | 13,297.23 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.86m, L=0.91m | kg | 580.46 | 5.98 | 3,471.15 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 918.00 | 381.61 | 350,317.98 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 664,321.88 |

SON: SEISCIENTOS SESENTICUATRO MIL TRESCIENTOS VEINTIUNO Y 88/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Micro Fibra de Polipropileno $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MICRO FIBRA $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.29 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 663,510.48 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 663,510.48 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 443.70 | 28.97 | 12,853.99 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.84m, L=0.91m | kg | 567.71 | 5.98 | 3,394.91 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 887.40 | 394.44 | 350,026.06 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 663,510.48 |

SON: SEISCIENTOS SESENTITRES MIL QUINIENTOS DIEZ Y 48/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Micro Fibra de Polipropileno $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto 0201001 PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM
 Subpresupuesto 001 PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MICRO FIBRA $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.29 \text{ m}$
 Cliente MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA
 Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 682,019.02 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 682,019.02 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 428.40 | 28.97 | 12,410.75 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.84m, L=0.91m | kg | 548.57 | 5.98 | 3,280.45 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 856.80 | 430.78 | 369,092.30 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 682,019.02 |

SON: SEISCIENTOS OCHENTIDOS MIL DIECINUEVE Y 02/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Micro Fibra de Polipropileno $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MICRO FIBRA $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.25 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 710,866.35 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 710,866.35 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 382.50 | 28.97 | 11,081.03 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.76m, L=0.91m | kg | 516.68 | 5.98 | 3,089.75 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MICRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 765.00 | 522.17 | 399,460.05 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 710,866.35 |

SON: SETECIENTOS DIEZ MIL OCHOCIENTOS SESENTISEIS Y 35/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Macro Fibra de Polipropileno $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MACRO FIBRA $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.29 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 679,652.28 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 679,652.28 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 443.70 | 28.97 | 12,853.99 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.84m, L=0.91m | kg | 567.71 | 5.98 | 3,394.91 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 887.40 | 412.63 | 366,167.86 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 679,652.28 |

SON: SEISCIENTOS SETENTINUEVE MIL SEISCIENTOS CINCUENTIDOS Y 28/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Macro Fibra de Polipropileno $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MACRO FIBRA $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.28 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 679,894.16 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 679,894.16 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 428.40 | 28.97 | 12,410.75 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.82m, L=0.91m | kg | 548.57 | 5.98 | 3,280.45 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 856.80 | 428.30 | 366,967.44 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 679,894.16 |

SON: SEISCIENTOS SETENTINUEVE MIL OCHOCIENTOS NOVENTICUATRO Y 16/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Macro Fibra de Polipropileno $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MACRO FIBRA $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.27 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 692,946.63 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 692,946.63 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 413.10 | 28.97 | 11,967.51 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.81m, L=0.91m | kg | 535.81 | 5.98 | 3,204.14 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 826.20 | 460.59 | 380,539.46 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 692,946.63 |

SON : SEISCIENTOS NOVENTIDOS MIL NOVECIENTOS CUARENTISEIS Y 63/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Macro Fibra de Polipropileno $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto 0201001 PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto 001 PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MACRO FIBRA $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, e = 0.23 m

Cliente MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA

Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 738,039.15 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 738,039.15 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DEENCOFRADO | m2 | 382.50 | 28.97 | 11,081.03 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.76m, L=0.91m | kg | 516.68 | 5.98 | 3,089.75 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 765.00 | 557.69 | 426,632.85 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 738,039.15 |

SON: SETECIENTOS TRENTIOCHO MIL TRENTINUEVE Y 15/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Fibra Metálica $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.28 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|--|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 932,924.34 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 932,924.34 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3k | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 428.40 | 28.97 | 12,410.75 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4" @ 0.30\text{m}$, $L = 0.50 \text{ m}$ | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8" @ 0.82\text{m}$, $L=0.91\text{m}$ | kg | 548.57 | 5.98 | 3,280.45 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 856.80 | 723.62 | 619,997.62 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 932,924.34 |

SON: NOVECIENTOS TRENTIDOS MIL NOVECIENTOS VEINTICUATRO Y 34/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Fibra Metálica $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON MACRO FIBRA $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.27 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|--|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 920,738.23 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 920,738.23 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 413.10 | 28.97 | 11,967.51 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.81m, L=0.91m | kg | 535.81 | 5.98 | 3,204.14 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 826.20 | 736.30 | 608,331.06 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 920,738.23 |

SON: NOVECIENTOS VEINTE MIL SETECIENTOS TRENTIOCHO Y 23/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Fibra Metálica $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.26 \text{ m}$

Cliente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|--|------|----------|---------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 926,242.05 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 926,242.05 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 397.80 | 28.97 | 11,524.27 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.79m, L=0.91m | kg | 523.06 | 5.98 | 3,127.90 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON FIBRAS METÁLICAS $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 795.60 | 772.19 | 614,354.36 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 926,242.05 |

SON: NOVECIENTOS VEINTISEIS MIL DOSCIENTOS CUARENTIDOS Y 05/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto Concreto Con Fibra Metálica $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Presupuesto **0201001** PAVIMENTACIÓN AV. METROPOLITANA - TRAMO 2: +0.50 KM a +1.03 KM

Subpresupuesto **001** PAVIMENTACIÓN CONCRETO CON FIBRAS METÁLICAS $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$, $e = 0.24 \text{ m}$

Ciente **MUNICIPALIDAD DE YANAHUARA**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - YANAHUARA**

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|----------|---|------|----------|------------|-------------------|
| 01 | AV. METROPOLITANA | | | | 944,438.93 |
| 01.01 | PAVIMENTOS | | | | 944,438.93 |
| 01.01.01 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RAZANTE | m2 | 3,060.00 | 3.15 | 9,639.00 |
| 01.01.02 | TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE MAYOR DE 1 km | m3 | 459.00 | 51.27 | 23,532.93 |
| 01.01.03 | BASE GRANULAR E=0.15 m | m2 | 3,060.00 | 46.58 | 142,534.80 |
| 01.01.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 367.20 | 28.97 | 10,637.78 |
| 01.01.05 | DOWELS $\varnothing=1-1/4"$ @ 0.30m, L = 0.50 m | kg | 7,050.05 | 5.85 | 41,242.79 |
| 01.01.06 | BARRAS DE UNIÓN $\varnothing=5/8"$ @ 0.79m, L=0.76m | kg | 503.92 | 5.98 | 3,013.44 |
| 01.01.07 | CONCRETO PREMEZCLADO CON MACRO FIBRAS DE POLIPROPILENO $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ | m3 | 734.40 | 862.68 | 633,552.19 |
| 01.01.08 | REGLADO Y ACABADO DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 9.63 | 29,467.80 |
| 01.01.09 | CURADO DE LOSA DE CONCRETO | m2 | 3,060.00 | 7.25 | 22,185.00 |
| 01.01.10 | CORTE DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN | m | 1,338.00 | 3.40 | 4,549.20 |
| 01.01.11 | SELLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES | m | 1,338.00 | 18.00 | 24,084.00 |
| | Costo Directo | | | | 944,438.93 |

SON: NOVECIENTOS CUARENTICUATRO MIL CUATROCIENTOS TRENTIOCHO Y 93/100 NUEVOS SOLES

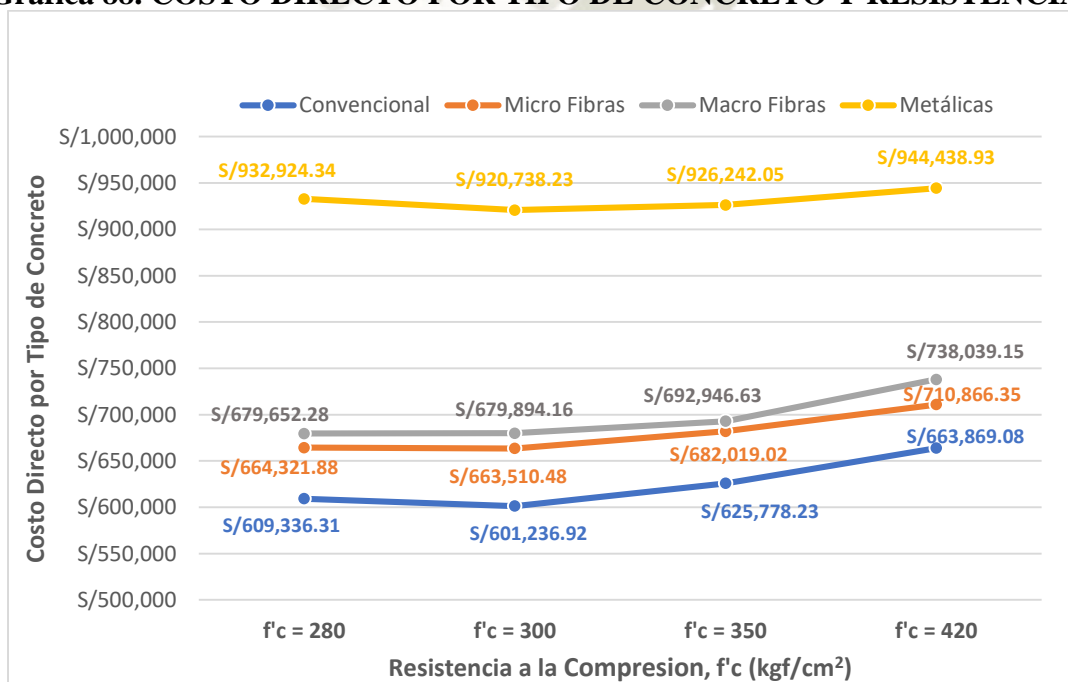
Como se puede observar en la siguiente tabla a pesar de haberse optimizado el espesor de la losa de concreto, el Costo Directo (CD) de los presupuestos anteriores aumentan moderadamente con respecto al concreto convencional por el uso de fibras de polipropileno, la variación es más mayor con el uso de fibras metálicas, puesto que estas son más costosas que las de polipropileno.

TABLA 168. COSTOS DIRECTOS POR TIPO DE CONCRETO

| Tipo de Concreto | Espesor (cm) | Costo Directo (S/.) | Diferencia (S/.) | Variación (%) |
|------------------|--------------|---------------------|------------------|---------------|
| 280 CC | 31 | S/609,336.31 | - | - |
| 280 MIC | 30 | S/664,321.88 | S/54,985.57 | 9.02% |
| 280 MAC | 29 | S/679,652.28 | S/70,315.97 | 11.54% |
| 280 MET | 28 | S/932,924.34 | S/323,588.03 | 53.10% |
| 300 CC | 30 | S/601,236.92 | - | - |
| 300 MIC | 29 | S/663,510.48 | S/62,273.56 | 10.36% |
| 300 MAC | 28 | S/679,894.16 | S/78,657.24 | 13.08% |
| 300 MET | 27 | S/920,738.23 | S/319,501.31 | 53.14% |
| 350 CC | 29 | S/625,778.23 | - | - |
| 350 MIC | 28 | S/682,019.02 | S/56,240.79 | 8.99% |
| 350 MAC | 27 | S/692,946.63 | S/67,168.40 | 10.73% |
| 350 MET | 26 | S/926,242.05 | S/300,463.82 | 48.01% |
| 420 CC | 26 | S/663,869.08 | - | - |
| 420 MIC | 25 | S/710,866.35 | S/46,997.27 | 7.08% |
| 420 MAC | 25 | S/738,039.15 | S/74,170.07 | 11.17% |
| 420 MET | 24 | S/944,438.93 | S/280,569.85 | 42.26% |

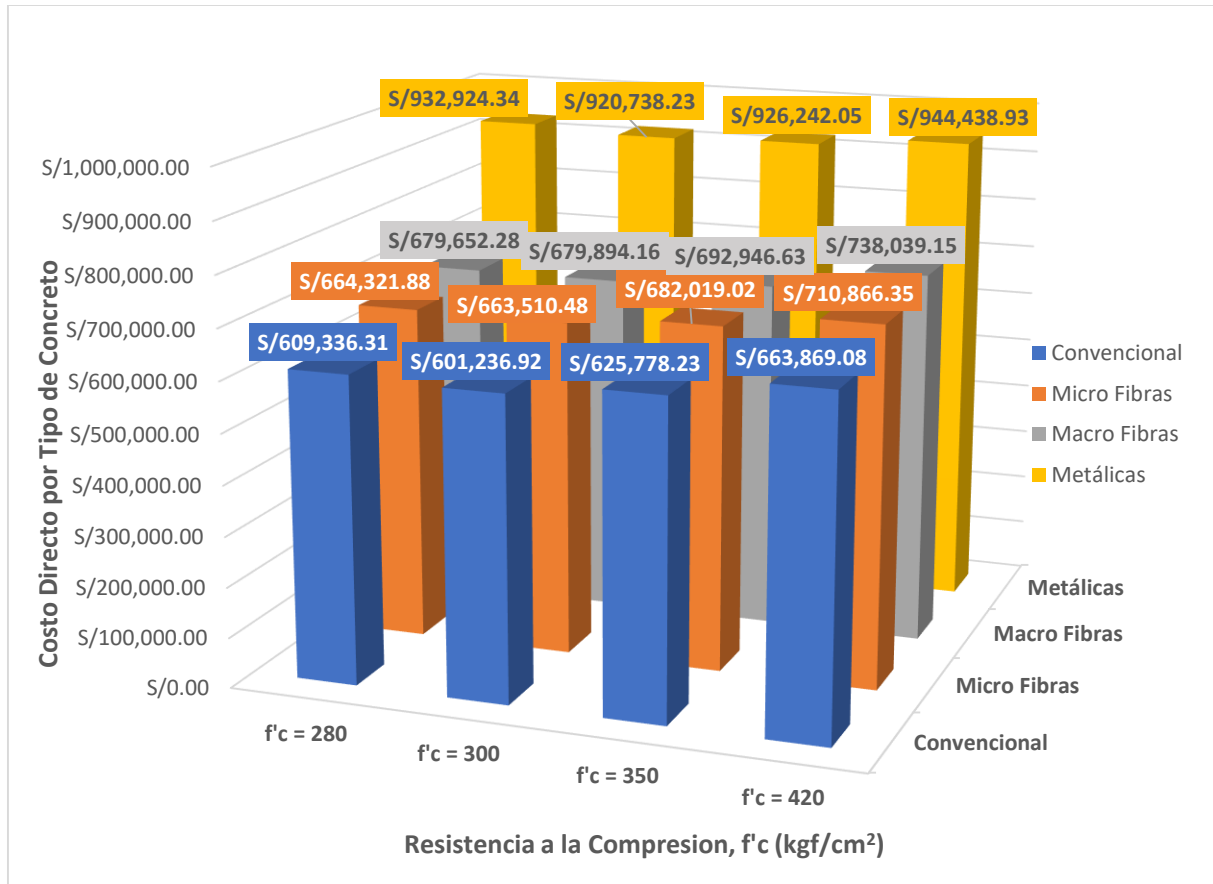
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 88. COSTO DIRECTO POR TIPO DE CONCRETO Y RESISTENCIA



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 89. COSTO DIRECTO POR TIPO DE CONCRETO



Fuente: Elaboración Propia

- La resistencia $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ de concreto convencional es más económica que la de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ esto se debe a que el costo por encofrado y el diámetro del dowel se reduce, este último de $1 \frac{1}{2}''$ a $1 \frac{1}{4}''$. Por otra parte, el costo se vuelve a elevar en la resistencia de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ porque el costo por m^3 de concreto premezclado aumenta considerablemente, esto se repite en las demás resistencias.
- Las micro fibras de polipropileno son un 9.02%, 10.36%, 8.99%, 7.08% más costosas en comparación del concreto convencional para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. De las cuales 420 MIC es la que menos varia, con un aumento de S/46,997.27 nuevos soles. (Ver Tabla 173)

- Las macro fibras de polipropileno son un 11.54%, 13.08%, 10.73%, 11.17% más costosas en comparación del concreto convencional para las resistencias de $f_c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. De las cuales “350 MAC” es la que menos varia, con un aumento de S/67,168.40 nuevos soles. (Ver Tabla 173).
- Las fibras metálicas son un 53.10%, 53.14%, 48.01%, 42.26% más costosas en comparación del concreto convencional para las resistencias de $f_c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. De las cuales “420 MET” es la que menos varia, con un aumento de S/280,569.85nuevos soles. (Ver Tabla 173)
- Si observamos la Grafica 88 y 89, el uso de fibras metálicas logra que los costos descieran conforme se aumenta la resistencia, esto se debe a que la optimización del espesor es mayor que con el uso de fibras de polipropileno, pero costoso a comparación de ellos.

9.4 COMPARACIÓN DEL COSTO POR m^3 DE CONCRETO PREMEZCLADO

Las únicas partidas que varían en costo son las de “Encofrado y Desencofrado”, “Barras de Unión” y “Concreto Premezclado” ya que está en función del espesor de la losa de concreto, a continuación, se hace la comparación por m^3 de concreto premezclado:

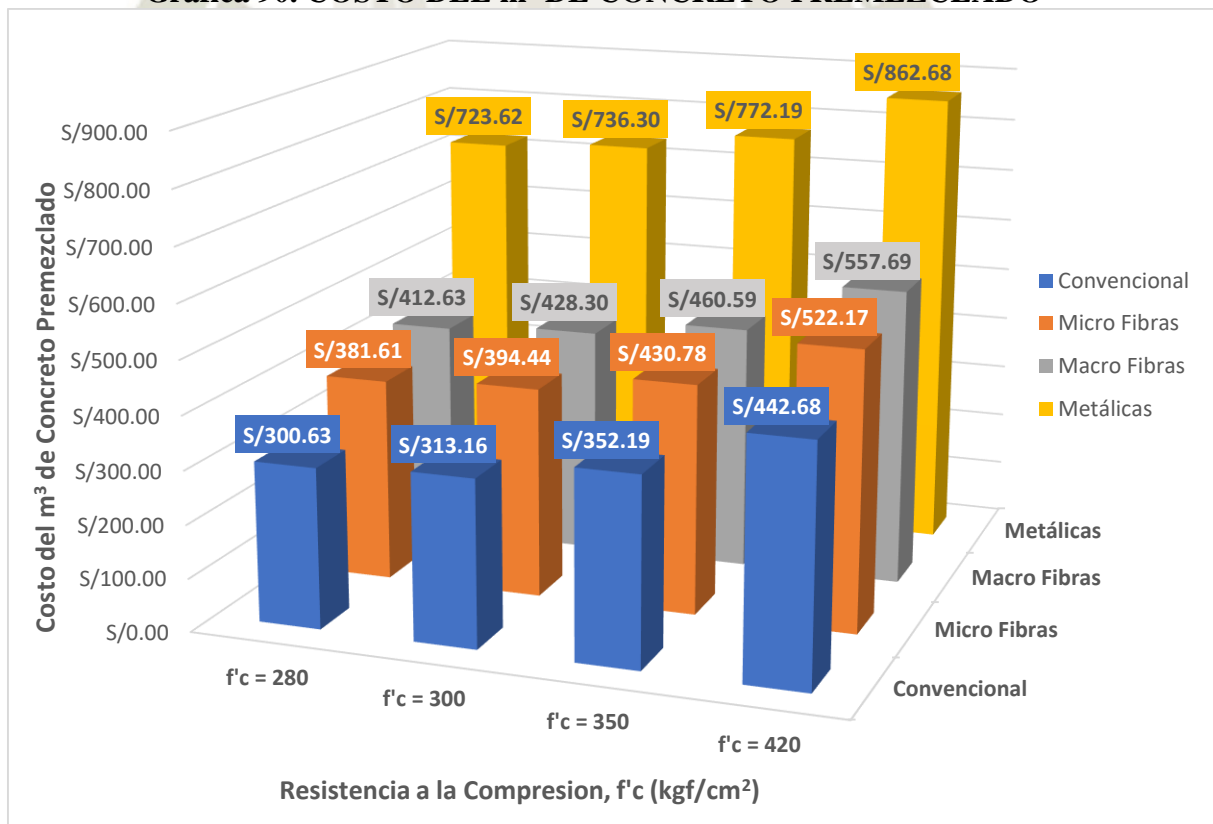
TABLA 169. COSTO POR m^3 DE CONCRETO PREMEZCLADO

| Tipo de Concreto | Costo por m^3 (S/.) | Diferencia (S/.) | Variación (%) |
|------------------|------------------------------|------------------|---------------|
| 280 CC | S/300.63 | - | - |
| 280 MIC | S/381.61 | S/80.98 | 26.94% |
| 280 MAC | S/412.63 | S/112.00 | 37.26% |
| 280 MET | S/723.62 | S/422.99 | 140.70% |
| 300 CC | S/313.16 | - | - |
| 300 MIC | S/394.44 | S/81.28 | 25.95% |
| 300 MAC | S/428.30 | S/115.14 | 36.77% |
| 300 MET | S/736.30 | S/423.14 | 135.12% |
| 350 CC | S/352.19 | - | - |
| 350 MIC | S/430.78 | S/78.59 | 22.31% |
| 350 MAC | S/460.59 | S/108.40 | 30.78% |
| 350 MET | S/772.19 | S/420.00 | 119.25% |
| 420 CC | S/442.68 | - | - |
| 420 MIC | S/522.17 | S/79.49 | 17.96% |
| 420 MAC | S/557.69 | S/115.01 | 25.98% |
| 420 MET | S/862.68 | S/420.00 | 94.88% |

Fuente: Elaboración Propia

- Los costos del m^3 de concreto premezclado con micro fibras de polipropileno son 26.94%, 25.95%, 22.31% y 17.96% más costosos que el concreto convencional par las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “420 MIC” el concreto que menos aumenta con S/. 79.49 nuevos soles. (Ver Tabla 174)
- Los costos del m^3 de concreto premezclado con macro fibras de polipropileno son 37.26%, 36.77%, 30.78% y 25.98% más costosos que el concreto convencional par las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “420 MAC” el concreto que menos aumenta con S/. 115.01 nuevos soles. (Ver Tabla 174)
- Las fibras metálicas son un 140.70%, 135.12%, 119.25%, 94.88% más costosas en comparación del concreto convencional para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. De las cuales “420 MET” es la que menos varia, con un aumento de S/. 420.00 nuevos soles. (Ver Tabla 169)

Gráfica 90. COSTO DEL m^3 DE CONCRETO PREMEZCLADO



Fuente: Elaboración Propia.

- El concreto premezclado por m^3 más costoso es el $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ con fibras metálicas, a su vez este tipo de concreto es el más costoso a comparación de las fibras de polipropileno.

9.5 COMPARACIÓN DEL COSTO DIRECTO DE ENCOFRADO

El precio unitario de la partida de “Encofrado y Desencofrado” es el mismo para cualquier tipo de concreto, este solo se ve afectado por el metrado, a continuación, hacemos la comparación del costo directo del encofrado en función del tipo de concreto:

TABLA 170. COSTOS DIRECTOS DE ENCOFRADO POR TIPO DE CONCRETO

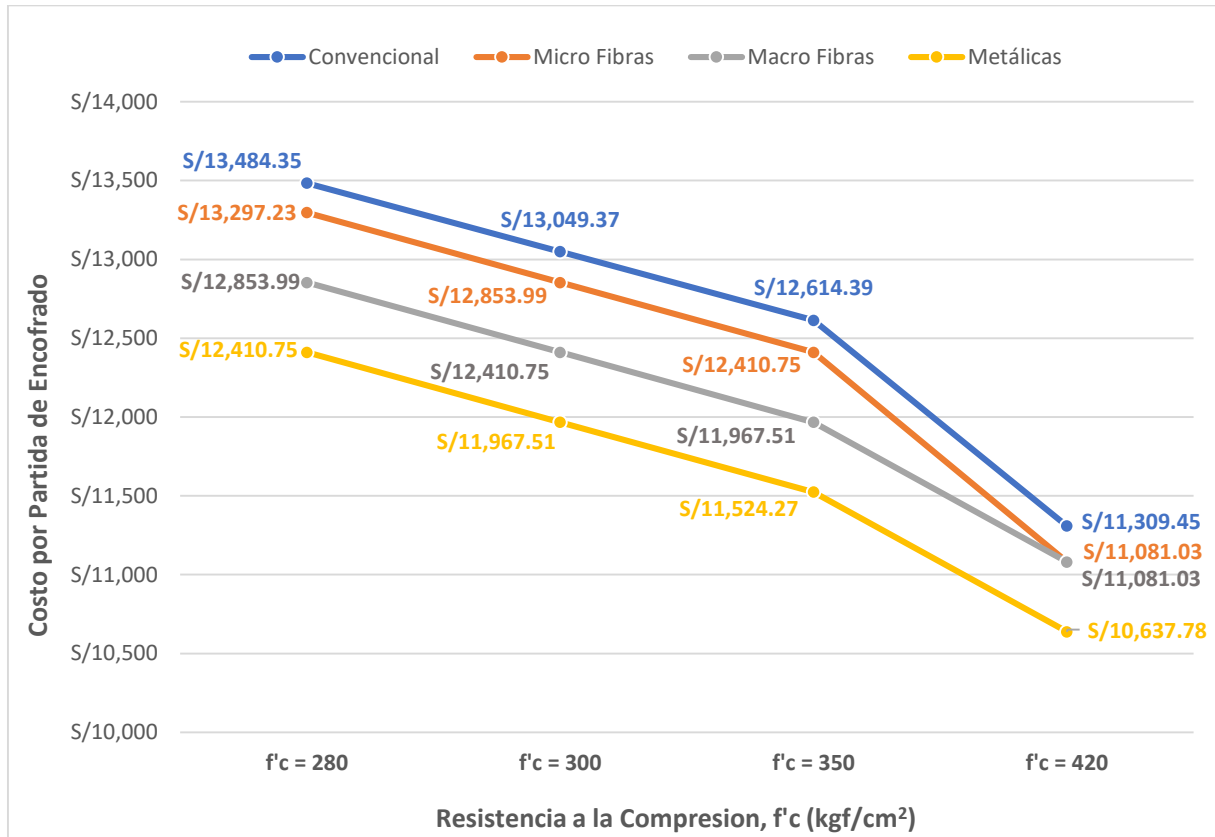
| Tipo de Concreto | Costo Encofrado | Diferencia (S/.) | Variación (%) |
|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| 280 CC | S/13,484.35 | - | - |
| 280 MIC | S/13,297.23 | S/187.12 | 1.39% |
| 280 MAC | S/12,853.99 | S/630.36 | 4.67% |
| 280 MET | S/12,410.75 | S/1,073.60 | 7.96% |
| 300 CC | S/13,049.37 | - | - |
| 300 MIC | S/12,853.99 | S/195.38 | 1.50% |
| 300 MAC | S/12,410.75 | S/638.62 | 4.89% |
| 300 MET | S/11,967.51 | S/1,081.86 | 8.29% |
| 350 CC | S/12,614.39 | - | - |
| 350 MIC | S/12,410.75 | S/203.64 | 1.61% |
| 350 MAC | S/11,967.51 | S/646.88 | 5.13% |
| 350 MET | S/11,524.27 | S/1,090.12 | 8.64% |
| 420 CC | S/11,309.45 | - | - |
| 420 MIC | S/11,081.03 | S/228.42 | 2.02% |
| 420 MAC | S/11,081.03 | S/228.42 | 2.02% |
| 420 MET | S/10,637.78 | S/671.67 | 5.94% |

Fuente: Elaboración Propia

- El uso de micro fibras de polipropileno reducen el costo del encofrado en 1.39%, 1.50%, 1.61%, 2.02% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “420 MIC” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/. 228.42 nuevos soles.
- El uso de macro fibras de polipropileno reduce el costo del encofrado en 4.67%, 4.89%, 5.13%, 2.02% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “350 MAC” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/. 646.88 nuevos soles.

- El uso de fibras metálicas reduce el costo del encofrado en 7.96%, 8.29%, 8.64%, 5.94% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “350 MAC” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/. 1,090.12 nuevos soles.

Gráfica 91. COSTO DE ENCOFRADO POR TIPO DE CONCRETO



Fuente: Elaboración Propia

Los costos de encofrado se reducen conforme aumenta la resistencia y el tipo de fibra, ya que está directamente relacionado con el espesor de la losa de concreto, siendo con fibras metálicas los costos más económicos en comparación de las demás resistencias.

9.6 COMPARACIÓN DEL COSTO DIRECTO DE BARRAS DE UNIÓN

El precio unitario de la partida de “Barras de Unión” es el mismo para cualquier tipo de concreto, este solo se ve afectado por el metrado y el diámetro de la varilla, a continuación, hacemos la comparación del costo de las barras de unión en función del tipo de concreto:

TABLA 171. COSTOS DIRECTOS BARRAS DE UNIÓN POR TIPO DE CONCRETO

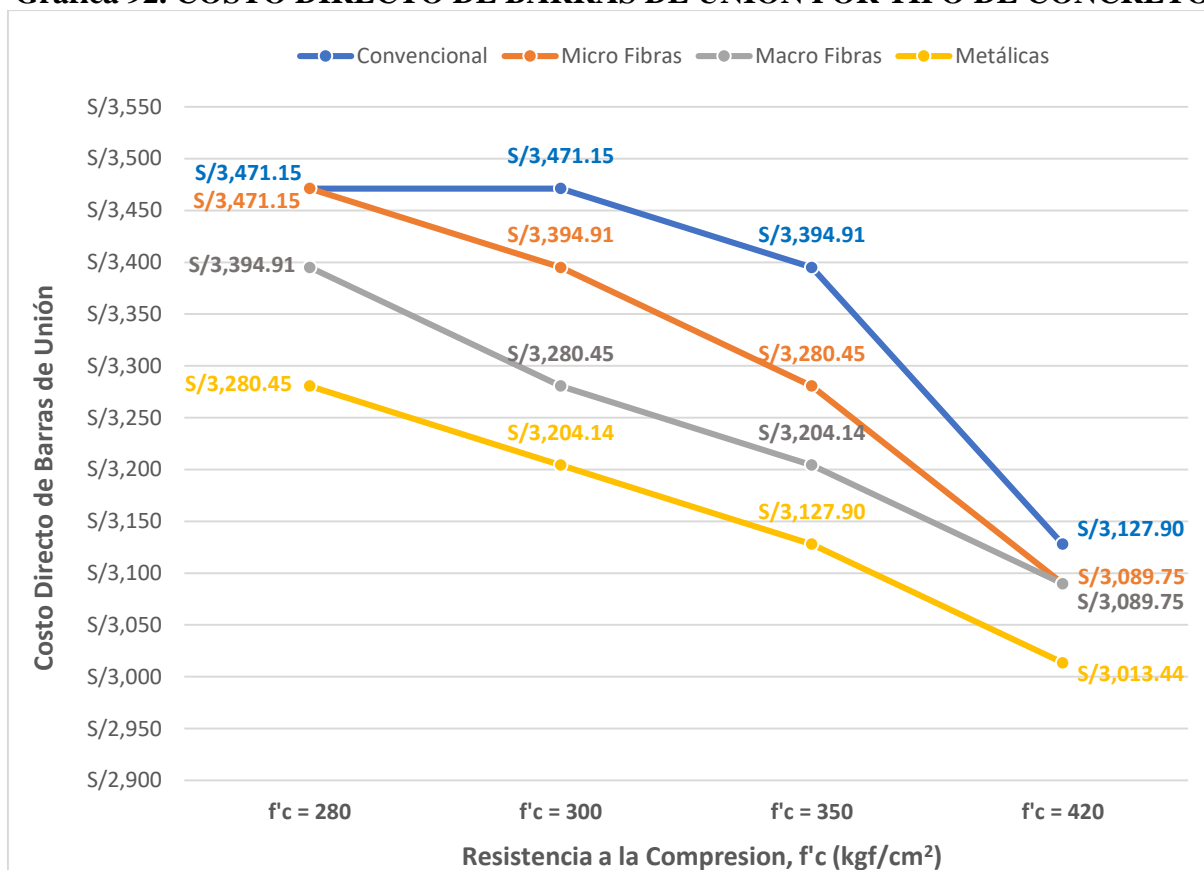
| Tipo de Concreto | Costo Directo Barras de Unión | Diferencia (S/.) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------------|------------------|---------------|
| 280 CC | S/3,471.15 | - | - |
| 280 MIC | S/3,471.15 | S/0.00 | 0.00% |
| 280 MAC | S/3,394.91 | S/76.24 | 2.20% |
| 280 MET | S/3,280.45 | S/190.70 | 5.49% |
| 300 CC | S/3,471.15 | - | - |
| 300 MIC | S/3,394.91 | S/76.24 | 2.20% |
| 300 MAC | S/3,280.45 | S/190.70 | 5.49% |
| 300 MET | S/3,204.14 | S/267.01 | 7.69% |
| 350 CC | S/3,394.91 | - | - |
| 350 MIC | S/3,280.45 | S/114.46 | 3.37% |
| 350 MAC | S/3,204.14 | S/190.77 | 5.62% |
| 350 MET | S/3,127.90 | S/267.01 | 7.87% |
| 420 CC | S/3,127.90 | - | - |
| 420 MIC | S/3,089.75 | S/38.15 | 1.22% |
| 420 MAC | S/3,089.75 | S/38.15 | 1.22% |
| 420 MET | S/3,013.44 | S/114.46 | 3.66% |

Fuente: Elaboración Propia

- El uso de micro fibras de polipropileno reducen el costo del encofrado en 2.20%, 3.37%, 1.22% para las resistencias de $f'c = 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “350 MIC” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/. 114.46 nuevos soles.
- El uso de macro fibras de polipropileno reduce el costo del encofrado en 2.20%, 5.49%, 5.62%, 1.22% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “350 MAC” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/. 646.88 nuevos soles.

- El uso de fibras metálicas reduce el costo del encofrado en 5.49%, 7.69%, 7.87%, 3.66% para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 , respectivamente. Siendo “350 MET” el concreto que más reduce el costo del encofrado con S/ 3,127.90 nuevos soles.

Gráfica 92. COSTO DIRECTO DE BARRAS DE UNIÓN POR TIPO DE CONCRETO



Fuente: Elaboración Propia

Los costos de barras de unión se reducen conforme aumenta la resistencia y el tipo de fibra, ya que está directamente relacionado con el espesor de la losa de concreto, siendo con fibras metálicas los costos más económicos en comparación de las demás resistencias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

1. La correlación global entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a los 28 días de edad, para los materiales usados en esta investigación están dadas por las siguientes fórmulas: $MR = 0.1709(f'_{cr})^{0.9285}$, $MR = 0.1647(f'_{cr})^{0.9371}$, $MR = 0.1403(f'_{cr})^{0.9777}$ y $MR = 0.4994(f'_{cr})^{0.7668}$ para concreto convencional; concreto con micro fibras de polipropileno, con macro fibras de polipropileno y fibras metálicas, respectivamente. (Ver el Anexo N° 3 para las correlaciones a 7 y 14 días de edad.)
2. La correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a tracción indirecta a los 28 días de edad, para los materiales usados en esta investigación están dadas por las siguientes fórmulas: $f_t = 0.6096(f'_{cr})^{0.5371}$, $f_t = 0.1876(f'_{cr})^{0.8699}$, $f_t = 0.20548(f'_{cr})^{0.8609}$ y $f_t = 0.5564(f'_{cr})^{0.6141}$ para concreto convencional; concreto con micro fibras de polipropileno, con macro fibras de polipropileno y fibras metálicas, respectivamente. (Ver el Anexo N° 3 para las correlaciones a 7 y 14 días de edad.)
3. El uso de fórmulas de la correlación del MR, f_t y f_c para los materiales utilizados en esta investigación, permiten ahorrar tiempo y costos de materiales, ya que se tiene una dosificación óptima de estos, evitando la fabricación de vigas para obtener los valores del MR y f_t para el diseño de losas de pavimento rígido.
4. Las dosificaciones óptimas para nuestra investigación fueron de 1 kgf/m^3 para micro fibras de polipropileno, 4 kgf/m^3 para macro fibras de polipropileno y de 30 kgf/m^3 para fibras metálicas. Se interpolaron los datos obtenidos para diferentes dosificaciones. (Ver Anexo N° 3), de igual forma se recomienda hacer los ensayos de resistencia a la compresión y flexión de las dosificaciones propuestas en el anexo, para una mayor confiabilidad.

5. El espesor de la losa de pavimento rígido de concreto convencional se redujo de 31 cm a 30, 29, 28 y 25 cm con el uso de micro fibras de polipropileno (SIKA FIBER-PE) para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente.
6. El espesor de la losa de pavimento rígido de concreto convencional se redujo de 31 cm a 29, 28, 27 y 25 cm con el uso de macro fibras de polipropileno (SIKA FIBER FORCE PP-48) para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente.
7. El espesor de la losa de pavimento rígido de concreto convencional se redujo de 31 cm a 28, 27, 26 y 24 cm con el uso de fibras metálicas (SIKA FIBER LHO 35/45 NB) para las resistencias de $f'c = 280, 300, 350$ y 420 kgf/cm^2 respectivamente, siendo este último el que mejor optimización de espesor logra a comparación de las otras dos fibras.
8. De la estadística realizada en capítulos anteriores, se consideran que los resultados obtenidos en este proyecto de investigación son confiables y no muestran una dispersión significativa.
9. El caculo de ejes equivalentes (EE) fue de 18,403,384 ESAL's para un periodo de diseño de 20 años con una tasa de crecimiento de $r = 6.12\%$ en el tramo estudiado de la Av. Metropolitana.
10. Los costos de pavimentación para 510 metros del tramo 2 de la Av. Metropolitana; oscilan entre S/. 601,236.92 y S/. 663,869.08 para concreto convencional, S/. 663,510.48 y S/. 710,866.35 para concreto con micro fibras, S/. 679,652.28 y S/. 738,039.15 para concreto con macro fibras y de S/. 920,738.23 a S/. 944,438.93 para concreto con fibras metálicas. El aumento de los costos entre presupuestos, radica en la partida de premezclado, ya que la reducción de espesor se compensa con el costo de las fibras y su dosificación por m^3 de mezcla.

11. Finalmente, se concluye que el uso de fibras lograr optimizar el espesor de las losas de concreto y sus capacidades mecánicas, reflejándose en el aumento de su durabilidad y tenacidad. Sin embargo, el uso de estas es muy costoso para pavimentación.

2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para la aceptación del concreto los resultados del ensayo de resistencia a la compresión como los más confiables sobre los de resistencia a la flexión, ya que las vigas son sensibles a la manipulación y pueden ser dañadas en el transporte a laboratorio, así como sus requerimientos de curado y humedad los cuales son difíciles de lograr en obra.
2. Se recomienda tener una buena relación de agregados, ya que para el uso de macro fibras de polipropileno y fibras metálicas es esencial la cantidad de agregado fino en la mezcla sino se desea que aparezcan los erizos en el concreto en estado endurecido. Una manera de reconocer este problema, es cuando las fibras no salen recubiertas cuando se retiran de la mezcla de concreto.
3. Para concreto convencional en obra se recomienda el siguiente protocolo: un tercio de agua con todo el agregado grueso, luego otro tercio de agua con todo el agregado fino y finalmente todo el cemento y el tercio final del agua.
4. Para el uso de fibras de polipropileno y metálicas en obras se recomienda lo siguiente: añadir la micro fibra al final a la mezcla de concreto, ya que se debe evitar que la fibra se mezcle con el agua antes de que se halla mezclado completamente con el cemento una vez hecho esto se prolonga la mezcla por un tiempo mínimo de 5 minutos. Con el uso de macro fibras se repite el procedimiento anterior, sin embargo el tiempo de mezclado debe ser de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico. Finalmente, las fibras metálicas deben adherirse en la mezcla después del agregado fino y la velocidad del mixer debe ser de 12 rpm o más, procurando solo vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto, con este tipo de fibra no se requiere un tiempo mínimo, cuidando que su distribución sea uniforme.

5. Recomendamos investigar la correlación, variación de las propiedades mecánicas y optimización del espesor resultante de la combinación de micro fibras de polipropileno con fibras metálicas, para un futuro proyecto de investigación.
6. Recomendamos realizar el mismo estudio variando las resistencias y sus relaciones a/c enfocado a veredas, losas deportivas, pisos industriales y vías cíclicas, como un futuro proyecto de investigación.
7. Para el diseño de resistencias que tengan una relación a/c menor a 0.50, se recomienda el uso de aditivos de última generación (de policarboxilato), así como trabajar con aditivos y fibras de la misma línea, para una mejor homogenización y compactibilidad de materiales.
8. Para una mejor optimización de la trabajabilidad del concreto en obras donde se requieran vaciados masivos, se recomienda considerar un factor de escala entre las dosificaciones del cemento y del aditivo propuestas en este proyecto de investigación, ya que el policarboxilato es susceptible al cemento, y de lo contrario se estaría sobredimensionando este valor.
9. No se recomienda trabajar las fibras con relaciones a/c menores a 0.30, ya que requieren un alto contenido de aditivo superplastificante, excediendo lo recomendado por sus especificaciones técnicas. De lo contrario podría afectar de manera negativa la trabajabilidad del concreto en estado fresco.
10. Se recomienda hacer un ensayo de compactación de agregados para lograr la máxima compactación entre agregados y cemento, esto a su vez permitiría reducir la cantidad de cemento y logrando una mayor trabajabilidad con el uso de macro fibras metálicas y de polipropileno evitando la aparición de erizos en el concreto.
11. En el presente proyecto se realizaron los diseños de mezclas con un factor de seguridad, esto a su vez implica un aumento significativo de costo en el cemento, por ello se propone que se realice una investigación usando diferentes relaciones a/c para no depender del factor de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute ACI. (2010). *Report on high strength concrete*. Report ACI 363R-10, Farmington Hills, M.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Método Aashto 93 para el Diseño de Pavimentos Rígidos*. Illinois, Estados Unidos.
- ASSHTO T330-07. (2011). *Detección cualitativa de arcillas dañinas del grupo esmética en agregados usando azul de metileno*.
- ASTM C1609-19. (2019). *tandard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)*. Subcommittee C09.42 on Fiber-Reinforced Concrete.
- ASTM D6433-18. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Survey*. Subcommittee E17.42 on Pavement Management and Data Needs.
- Augusto J. y Legarda P. (2011). *Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión del concreto fabricado con materiales pétreos de la mina "Las Terrazas " y cantera "La Victoria" del Municipio de Pasto*. Colombia: Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.
- Champi M. (2017). *Análisis de la relación entre la resistencia a flexión y compresión del concreto reforzado con fibras de Polipropileno tipo fibromac 12 y fibras metálicas según diseño MR = 42.15 kgf/cm² utilizado en las vías auxiliares de la vía evitamiento*. Repositorio de la Universidad Andina del Cusco, Perú.
<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1370>.
- Cruz Paye, S. (2017). *CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO CON REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO POR MICROSILICA • LICE UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA REGIÓN DE PUNO*. Juliaca.
- Diaz Vilca, M. (2019). *Correlación Entre La Porosidad Y La Resistencia Del Concreto*. Surco: http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/103/1/diaz_mj.pdf.
- Enconcreto.com. (2019). *ESFUERZOS TÉRMICOS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO*. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/esfuerzos-termicos-en-pavimentos-de-concreto>.
- Guía ASSHTO T330-07. (2011). *Detección cualitativa de arcillas dañinas del grupo esmética en agregados usando azul de metileno*.
- Guzman. (2019). *Control de calidad del concreto*.
<https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/control-de-calidad-del-concreto-44135880>.
- Hanco Larico, H. (2016). *ESTUDIO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA AV.PERU DE LA CIUDAD DE JULIACA, TRAMO I JR.MANTARO JR.FRANCISCO PIZARRO*.

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7058/Hancoo_Larico_Henry.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- INV. E- 235 – 13. (2013). Determinación del valor de azul de metileno para material que pasa la malla N°. 200.
- Manual de Carreteras. (2013). *Especificaciones técnicas generales para construcción, EG*.
- Mendoza C., Aire C. y Dávila P. (2011). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública en Carreteras*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas para construcción TOMO I*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Carreteras: Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Perú.
- MTC E-110: Suelos. (2016). *Determinación del Limite Liquido (L.L.) de los suelos*. Lima, Perú: Manual de Ensayos de Materiales Ed.
- MTC E-111: Suelos. (2016). *Determinación del Limite Plástico (L.P.) de los suelos e Índice de Plasticidad (I.P.)*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-114: Suelos. (2016). *Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-202: Agregados. (2016). *Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ m (N°. 200) por lavado*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-203: Agregados. (2016). *Peso unitario y vacíos de los agregados*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-204: Agregados. (2016). *Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-205: Agregados. (2016). *Gravedad específica y absorción de agregados fino*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-206: Agregados. (2016). *Peso específico y Absorción de agregados gruesos*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-207: Agregados. (2016). *“Abrasión los Ángeles (L.A) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”)*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.

- MTC E-702 Concreto. (2016). *Elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-702: Concreto. (2016). *Elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. 2016. Lima, Perú.
- MTC E-704: Concreto. (2016). *Resistencia a la compresión testigos cilíndricos*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-705: Concreto. (2016). *Asentamiento del concreto (slump)*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-706: Concreto. (2016). *Contenido de aire en el concreto fresco método de presión*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-708: Concreto. (2016). *Ensayo de tracción indirecta de cilindros estándares de concreto*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-709: Concreto. (2016). *Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-714: Concreto. (2016). *Peso Unitario de producción (rendimiento)*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC E-724: Concreto. (2016). *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- MTC-215: Agregados. (2016). *Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado*. Manual de Ensayos de Materiales Ed. Lima, Perú.
- Plan De Abastecimiento Por Tanques Cisternas En Caso De Emergencia - Arequipa Metropolitana. (2019). *Catastro Empresarial*. Arequipa.
- Portland Cement Association. (1984). *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*. New York City, Estados Unidos.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2010). *NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS*.
- Riva E. (1992). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú.
- Rivera G. (2000). *Concreto Simple*. Colombia: Universidad del Cauca, Popayán.
- Rodríguez F. (2013). *Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimentos reforzados con fibras metálicas*. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Sika Colombia S.A. (2014). *Concreto Reforzado con Fibra*. Colombia.

Silva A., Pavón C. y Hernández L. (2013). *Relación de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura del concreto hidráulico*. San Pedro Sula, Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).





ANEXOS

ANEXO N° 1:

RESULTADOS ENSAYOS DE AGREGADOS FINO Y GRUESO

ANEXO N° 2:

RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
RESULTADOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ANEXO N° 3:

TABLA DE DOSIFICACIONES POR KG FIBRA
TABLA DE DOSIFICACIONES POR VOLUMEN
TABLA DE CORRELACIONES

ANEXO N° 4:

CONSTANCIAS DE LABORATORIO

ANEXO N° 5:

HOJAS TÉCNICAS DE MATERIALES UTILIZADOS

ANEXO N° 6:

EXPEDIENTE TÉCNICO URB. MAGISTERIAL III

ANEXO N° 7:

ESTUDIO DE CONDICIÓN DE ÍNDICE DE PAVIMENTO (PCI)

ANEXO N° 8:

ESTUDIO DE TRANSITO VEHICULAR

ANEXO N° 9:

PLANOS



ANEXO N° 1
RESULTADOS ENSAYOS DE
AGREGADOS FINO Y GRUESO



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

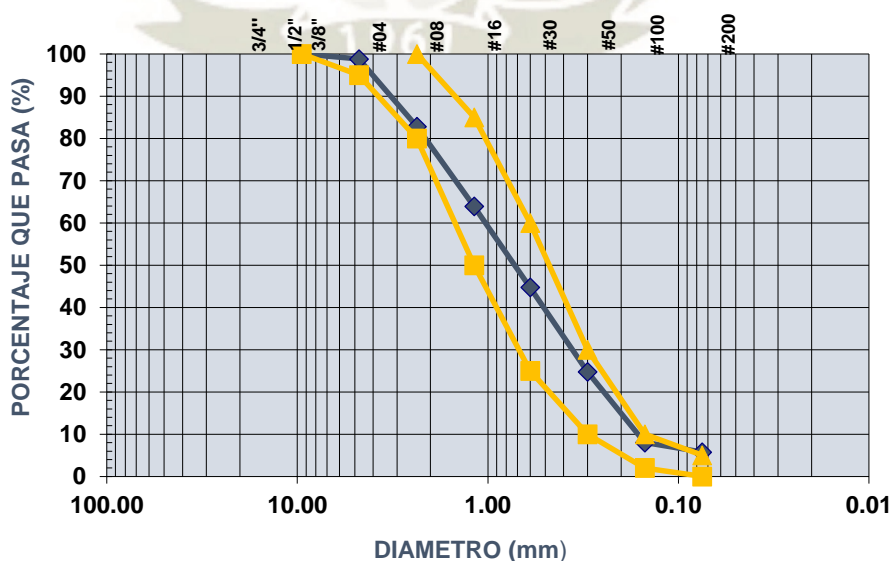
CANTERA: La Poderosa


FECHA: 10/06/2019

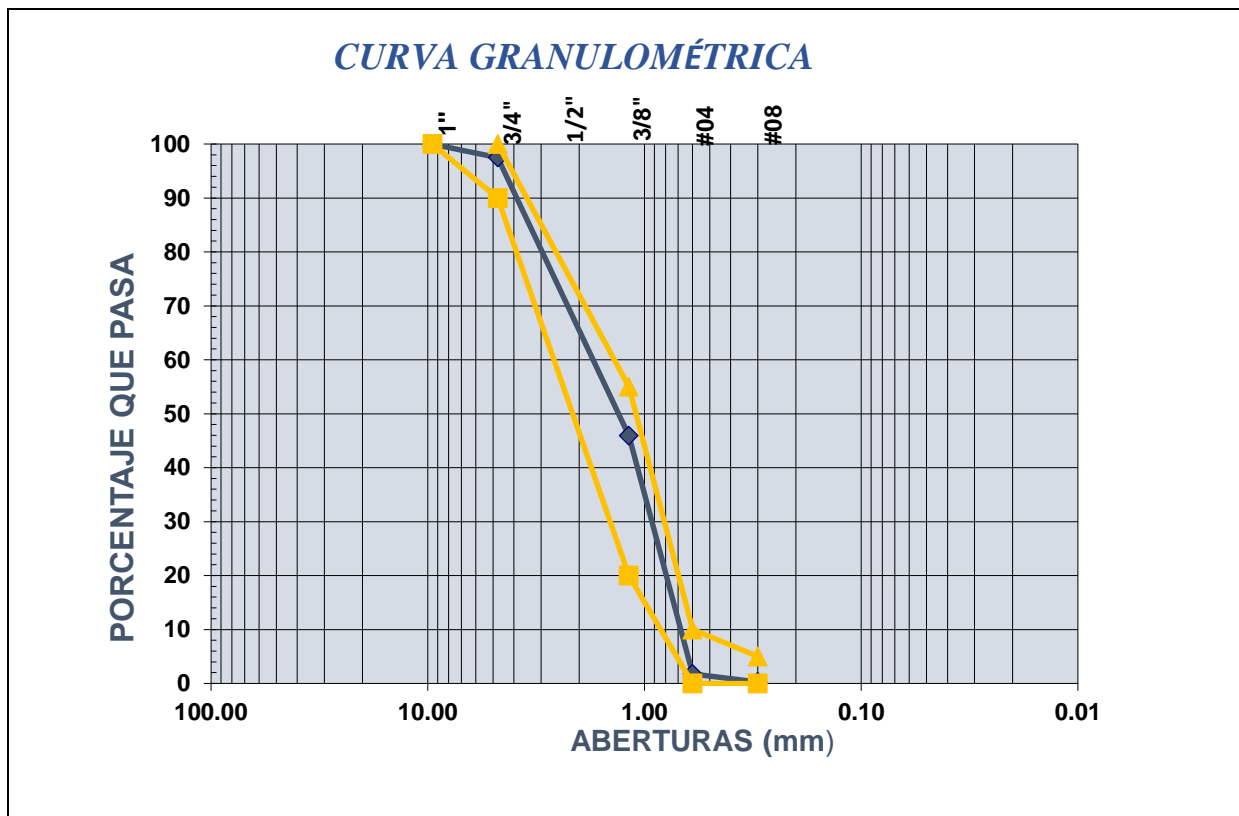
MTC E-204: Agregados. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

| MALLA ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------------|---------------|-------------------|------------|----------------------|------------|---|
| 3/8" | 12.5 | 0 | 0 | 0 | 100 | TAMAÑO MAX: 3/8" PESO TOTAL: 500 g LIMITE LIQUIDO: NP ÍNDICE PLÁSTICO: NP MF: 2.77 OBSERVACIONES: El pasante de la malla N° 200 se sale de los limites. |
| N° 4 | 4.75 | 6.15 | 1.23 | 1.23 | 98.77 | |
| N° 8 | 2.36 | 79.59 | 15.95 | 17.18 | 82.82 | |
| N° 16 | 1.18 | 94.48 | 18.93 | 36.11 | 63.89 | |
| N° 30 | 0.6 | 95.53 | 19.14 | 55.26 | 44.74 | |
| N° 50 | 0.3 | 99.65 | 19.97 | 75.23 | 24.77 | |
| N° 100 | 0.15 | 83.56 | 16.74 | 91.97 | 8.03 | |
| N° 200 | 0.075 | 11.26 | 2.26 | 94.23 | 5.77 | |
| <N° 200 | >0.075 | 28.8 | 5.77 | 100 | 0 | |
| TOTAL: | | 499.02 | 100 | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



|  Universidad Católica de Santa María | | FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | |
|---|---|--|------------|----------------------|------------|---|
| LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | |
| TESIS: | "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f't) y compresión (f'c) de concreto f'c = 280, 300, 350, 420 kg/cm ² para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa" | | | | | |
| CANTERA: | La Poderosa | | | | | |
| FECHA: | 10/06/2019 | | | | | |
| MTC E-204: Agregados. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. | | | | | | |
| MALLA ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 1" | 25 | 0 | 0 | 0 | 100 | TAMAÑO MAX: 1" PESO TOTAL: 5000 g LIMITE LIQUIDO: NP ÍNDICE PLÁSTICO: NP MF: 6.53 OBSERVACIONES: La curva de la grava corresponde a la gradación del Manual de Carreteras: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013). |
| 3/4" | 19 | 125.5 | 2.51 | 2.51 | 97.49 | |
| 1/2" | 12.5 | 1500 | 30 | 32.51 | 67.49 | |
| 3/8" | 9.5 | 1078 | 21.56 | 54.07 | 45.93 | |
| Nº 4 | 4.75 | 2208 | 44.16 | 98.23 | 1.77 | |
| Nº 8 | 2.36 | 75 | 1.5 | 99.73 | 0.27 | |
| Nº 16 | 1.18 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 | |
| Nº 30 | 0.6 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 | |
| Nº 50 | 0.3 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 | |
| Nº 100 | 0.15 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 | |
| Nº 200 | 0.075 | 0 | 0 | 99.73 | 0.27 | |
| <Nº 200 | >0.075 | 13.5 | 0.27 | 100 | 0 | |
| TOTAL: | | 5000 | 100 | | | |





Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

| | |
|-----------------|--|
| TESIS: | “Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa” |
| CANTERA: | La Poderosa |
| FECHA: | 10/06/2019 |

MTC E-202: Agregados. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (N° 200) por lavado.

RESULTADOS:

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso después del lavado (g) | Material fino que pasa por la malla N° 200 (%) |
|---------|------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 500 | 476 | 5.04% |
| 2 | 500 | 478 | 4.60% |
| 3 | 500 | 475 | 5.26% |
| | | Promedio | 4.97% |



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

| | |
|-----------------|--|
| TESIS: | “Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa” |
| CANTERA: | La Poderosa |
| FECHA: | 10/06/2019 |

MTC E-114: Suelo. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

DATOS:

| | |
|--------------------------|-------------------|
| Método de agitación: | Manual |
| Método de cuarteo: | Manual |
| Material usado: | Pasante malla N°4 |
| Peso muestra inicial: | 1500 g |
| Tiempo de saturación: | 10 min |
| Tiempo de sedimentación: | 20 min |

RESULTADOS:

| Muestra | Lectura de Arena | Lectura de Arcilla | Equivalente de Arena |
|---------|------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 3.6 | 4.4 | 82 |
| 2 | 3.5 | 4.55 | 77 |
| 3 | 3.55 | 4.5 | 79 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Equivalente de Arena (%) | 80 |
|---------------------------------|----|



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

CANTERA: La Poderosa

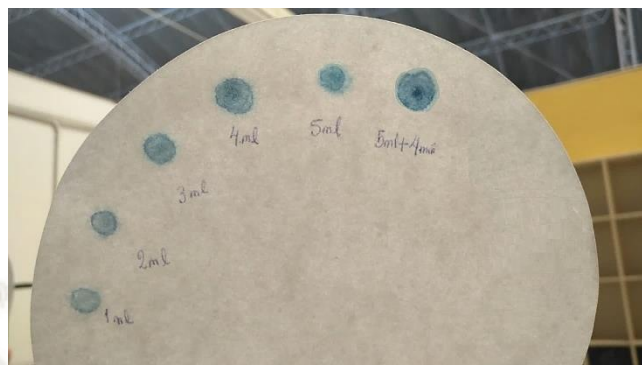
FECHA: 10/06/2019

- INV. E- 235 – 13: Determinación del valor de azul de metileno para material que pasa la malla N°. 200.
- ASSHTOT330-07(2011): Detección cualitativa de arcillas dañinas del grupo esméctica en agregados usando azul de metileno.

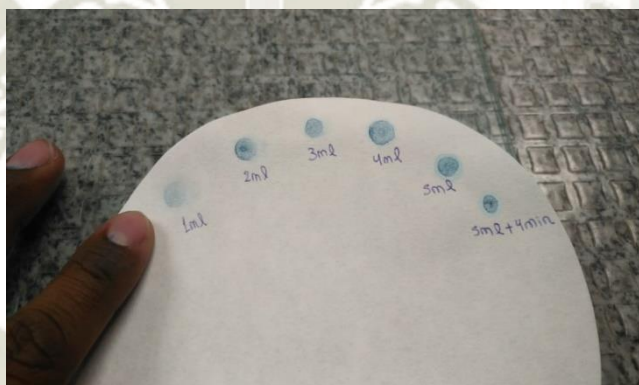
RESULTADOS:

| Muestra | C _{SOL} mg | P _{FILLER} g | AM mg/g |
|-----------|------------------------|--------------------------|------------|
| Muestra 1 | 5 | 1 | 5 |
| Muestra 2 | 5 | 1 | 5 |
| Muestra 3 | 6 | 1 | 6 |
| | | Promedio | 5.33 |

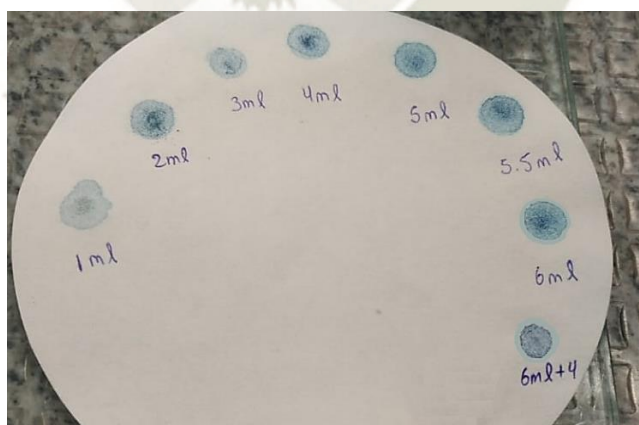
Azul de Metileno: Muestra 01



Azul de Metileno: Muestra 02



Azul de Metileno: Muestra 03





Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

CANTERA: La Poderosa

FECHA: 10/06/2019

MTC E-207: Agregados. Abrasión los Ángeles (L.A) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 1/2").

DATOS:

Tipo de gradación: B
Número de esferas: 11
Peso total de las esferas: 4584 g
Peso inicial del agregado: 5000 g

| Que pasa | Retenido sobre | Peso (g) |
|----------|----------------|----------|
| 3/4" | 1/2" | 2500 |
| 1/2" | 3/8" | 2500 |
| | Total: | 5000 |

Ensayo Muestra 1:

| | |
|------------------------------|--------|
| Retenido sobre el tamiz # 12 | 3994 |
| % Abrasión: | 20.12% |

Ensayo Muestra 2:

| | |
|------------------------------|--------|
| Retenido sobre el tamiz # 12 | 3989 |
| % Abrasión: | 20.22% |

Ensayo Muestra 3:

| | |
|------------------------------|--------|
| Retenido sobre el tamiz # 12 | 3997 |
| % Abrasión: | 20.06% |



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

CANTERA: La Poderosa

FECHA: 10/06/2019

MTC E-203: Agregados. Peso unitario y vacíos de los agregados.

DATOS:

Temperatura del agua: 15.6 °C
 Densidad del agua: 999.01 kg/m^3
 Volumen Recipiente Fino: 0.0028 m^3
 Volumen Recipiente
 Grueso: 0.0093 m^3

Peso Unitario Suelto

Fino:

| Muestra | Peso del Recipiente (kg) | Peso del Recipiente + Muestra (kg) | Volumen del Recipiente (m^3) | P.U.S Seco (kg/m^3) |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 1.614 | 6.193 | 0.0028 | 1635.36 |
| 2 | 1.614 | 6.186 | 0.0028 | 1632.86 |
| 3 | 1.614 | 6.230 | 0.0028 | 1648.57 |
| Promedio | | | | 1638.93 |

Peso Unitario Compactado Fino:

| Muestra | Peso del Recipiente (kg) | Peso del Recipiente + Muestra (kg) | Volumen del Recipiente (m^3) | P.U.C Seco (kg/m^3) |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 1.614 | 6.512 | 0.0028 | 1749.29 |
| 2 | 1.614 | 6.573 | 0.0028 | 1771.07 |
| 3 | 1.614 | 6.639 | 0.0028 | 1794.64 |
| Promedio | | | | 1771.67 |

Unitario Suelto Grueso:

| Muestra | Peso del Recipiente (kg) | Peso del Recipiente + Muestra (kg) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.S Seco (kg/m ³) |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 5.193 | 19.504 | 0.0093 | 1538.8 |
| 2 | 5.193 | 19.609 | 0.0093 | 1550.1 |
| 3 | 5.193 | 19.42 | 0.0093 | 1529.8 |
| Promedio | | | | 1539.57 |

Peso Unitario Compactado Grueso:

| Muestra | Peso del Recipiente (kg) | Peso del Recipiente + Muestra (kg) | Volumen del Recipiente (m ³) | P.U.C Seco (kg/m ³) |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 5.193 | 20.324 | 0.0093 | 1627 |
| 2 | 5.193 | 20.383 | 0.0093 | 1633.3 |
| 3 | 5.193 | 20.135 | 0.0093 | 1606.7 |
| Promedio | | | | 1622.33 |



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f'_t) y compresión (f'_c) de concreto $f'_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

CANTERA: La Poderosa

FECHA: 10/06/2019

MTC E-205: Agregados. Gravedad específica y absorción de agregados fino.

Calibración del Volumen de la Fiola:

| | M1 | M2 | M3 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso Fiola | 149 | 151.2 | 150.2 |
| Temperatura | 25 | 23 | 23 |
| Densidad Agua | 0.99705 | 0.99754 | 0.99754 |
| Peso Fiola + Agua | 648 | 649 | 647.4 |
| Masa Agua | 499 | 497.8 | 497.2 |
| Volumen Fiola Calibrada | 500.48 | 499.03 | 498.43 |

Peso Específico de masa Agregado Fino:

| Muestra | Peso seco (g) | Volumen Fiola (cm³) | Volumen Agua (cm³) | Corrección K | Peso Específico de masa (kg/m³) |
|----------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---|
| 1 | 492.5 | 500.48 | 312 | 0.99884 | 2609.98 |
| 2 | 491 | 499.03 | 308.8 | 0.99933 | 2579.36 |
| 3 | 492 | 498.43 | 311.4 | 0.99933 | 2628.83 |
| | | | | Promedio | 2606.06 |

Peso específico de masa saturado con superficie seca Agregado Fino

Fino

| Muestra | Peso Muestra (g) | Volumen Fiola (cm ³) | Volumen Agua (cm ³) | Corrección K | Peso Específico SSS (kg/m ³) |
|-----------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|--|
| 1 | 492.5 | 500.48 | 312 | 0.99884 | 2649.72 |
| 2 | 491 | 499.03 | 308.8 | 0.99933 | 2626.64 |
| 3 | 492 | 498.43 | 311.4 | 0.99933 | 2671.58 |
| Promedio | | | | | 2649.31 |

Peso específico aparente Agregado Fino

| Muestra | Peso seco (g) | Volumen Fiola (cm ³) | Volumen Agua (cm ³) | Corrección K | Peso Específico Aparente (kg/m ³) |
|-----------------|---------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------|---|
| 1 | 492.5 | 500.48 | 312 | 0.99884 | 2718.14 |
| 2 | 491 | 499.03 | 308.8 | 0.99933 | 2707.45 |
| 3 | 492 | 498.43 | 311.4 | 0.99933 | 2746.30 |
| Promedio | | | | | 2723.96 |

Absorción Agregado Fino

| Muestra | Peso seco (g) | Ab (%) |
|-----------------|---------------|--------|
| 1 | 492.5 | 1.52% |
| 2 | 491 | 1.83% |
| 3 | 492 | 1.63% |
| Promedio | | 1.66% |



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

| | |
|-----------------|--|
| TESIS: | “Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa” |
| CANTERA: | La Poderosa |
| FECHA: | 10/06/2019 |

MTC E-206: Agregados. Peso específico y Absorción de agregados gruesos.

**Peso Específico de masa Agregado
Grueso:**

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Muestra SSS (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico de Masa (kg/m^3) |
|-----------------|---------------|----------------------|--------------------|---|
| 1 | 2989 | 3020 | 1912 | 2697.65 |
| 2 | 2985 | 3013 | 1914 | 2716.11 |
| 3 | 2988 | 3015 | 1903 | 2687.05 |
| Promedio | | | | 2700.27 |

**Peso específico de masa saturado con superficie seca
Agregado Grueso**

| Muestra | Peso Muestra SSS (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico SSS (kg/m^3) |
|-----------------|----------------------|--------------------|---|
| 1 | 3020 | 1912 | 2725.63 |
| 2 | 3013 | 1914 | 2741.58 |
| 3 | 3015 | 1903 | 2711.33 |
| Promedio | | | 2726.18 |

Peso específico aparente Agregado

Fino:

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Sumergido (g) | Peso Específico Aparente (kg/m ³) |
|-----------------|---------------|--------------------|---|
| 1 | 2989 | 1912 | 2775.3 |
| 2 | 2985 | 1914 | 2787.11 |
| 3 | 2988 | 1903 | 2753.92 |
| Promedio | | | 2772.11 |

Absorción Agregado

Fino:

| Muestra | Peso Seco (g) | Peso Muestra SSS (g) | Ab (%) |
|-----------------|---------------|----------------------|--------|
| 1 | 2989 | 3020 | 1.04% |
| 2 | 2985 | 3013 | 0.94% |
| 3 | 2988 | 3015 | 0.90% |
| Promedio | | | 0.96% |



Universidad Católica
de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f_t) y compresión (f_c) de concreto $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa"

CANTERA: La Poderosa

FECHA: 10/06/2019

MTC-215: Agregados. Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado.

Contenido de Humedad Agregado

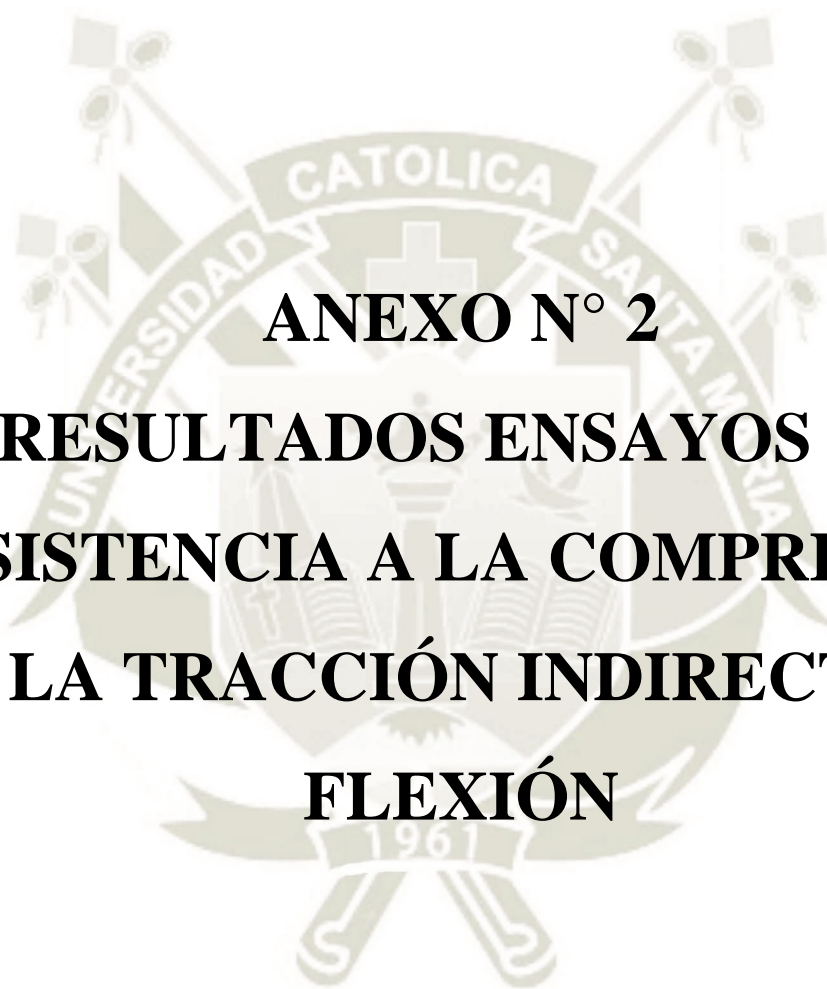
Fino:

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso Seco (g) | Contenido de Humedad (%) |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | 500 | 495 | 1.01% |
| 2 | 500 | 494.5 | 1.11% |
| 3 | 1000 | 990 | 1.01% |
| Promedio | | | 1.04% |

Contenido de Humedad Agregado

Grueso:

| Muestra | Peso Inicial (g) | Peso Seco (g) | Contenido de Humedad (%) |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | 5000 | 4975 | 0.50% |
| 2 | 3000 | 2988 | 0.40% |
| 3 | 3000 | 2986 | 0.47% |
| Promedio | | | 0.46% |



ANEXO N° 2

RESULTADOS ENSAYOS DE

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN,

A LA TRACCIÓN INDIRECTA Y

FLEXIÓN

Resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | d _{prom} (mm) | Área (cm ²) | P _{max} | f'c (kgf/cm ²) |
|----|------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|
| 1 | 280 CC | 7 días | 100.45 | 100.48 | 100.98 | 100.64 | 79.54 | 16639 | 210 |
| 2 | 280 CC | 7 días | 101 | 100.98 | 101.02 | 101 | 80.12 | 17281 | 220 |
| 3 | 280 CC | 7 días | 101 | 101.32 | 101 | 101.11 | 80.29 | 17686 | 225 |
| 4 | 280 MIC-POL | 7 días | 101.59 | 101.48 | 101.32 | 101.46 | 80.86 | 21991 | 280 |
| 5 | 280 MIC-POL | 7 días | 101.8 | 101.2 | 101.14 | 101.38 | 80.72 | 22227 | 283 |
| 6 | 280 MIC-POL | 7 días | 101.68 | 101.5 | 101.17 | 101.45 | 80.83 | 23169 | 295 |
| 7 | 280 MAC-POL | 7 días | 101.34 | 101.28 | 101.3 | 101.31 | 80.61 | 22868 | 290 |
| 8 | 280 MAC-POL | 7 días | 100.98 | 100.45 | 100.59 | 100.67 | 79.6 | 23183 | 294 |
| 9 | 280 MAC-POL | 7 días | 101 | 101.2 | 101.35 | 101.18 | 80.41 | 23341 | 296 |
| 10 | 280 MET | 7 días | 100.46 | 101.5 | 101.14 | 101.03 | 80.17 | 21685 | 275 |
| 11 | 280 MET | 7 días | 101.12 | 101.16 | 101.18 | 101.15 | 80.36 | 22079 | 280 |
| 12 | 280 MET | 7 días | 101.32 | 101.14 | 101.52 | 101.33 | 80.64 | 21444 | 272 |
| 13 | 280 CC | 14 días | 100.3 | 100.58 | 101.01 | 100.63 | 79.53 | 25271 | 321 |
| 14 | 280 CC | 14 días | 101.02 | 101.12 | 101 | 101.05 | 80.19 | 25271 | 330 |
| 15 | 280 CC | 14 días | 100.4 | 100.55 | 100.6 | 100.52 | 79.35 | 25626 | 326 |
| 16 | 280 MIC-POL | 14 días | 101.66 | 101.55 | 101.36 | 101.52 | 80.95 | 28353 | 361 |
| 17 | 280 MIC-POL | 14 días | 101.32 | 101.51 | 101.85 | 101.56 | 81.01 | 28350 | 361 |
| 18 | 280 MIC-POL | 14 días | 101.33 | 101.55 | 101.56 | 101.48 | 80.88 | 27803 | 354 |
| 19 | 280 MAC-POL | 14 días | 101.4 | 101.21 | 101.25 | 101.29 | 80.57 | 26810 | 340 |
| 20 | 280 MAC-POL | 14 días | 101.72 | 101.7 | 101.89 | 101.77 | 81.34 | 26653 | 338 |
| 21 | 280 MAC-POL | 14 días | 101.76 | 101.78 | 101.88 | 101.81 | 81.4 | 26732 | 339 |
| 22 | 280 MET | 14 días | 101.8 | 101.41 | 101.13 | 101.45 | 80.83 | 29965 | 380 |
| 23 | 280 MET | 14 días | 101.01 | 101.12 | 101.38 | 101.17 | 80.39 | 30043 | 381 |
| 24 | 280 MET | 14 días | 101.41 | 101.43 | 101.85 | 101.56 | 81.01 | 29728 | 377 |
| 25 | 280 CC | 28 días | 100.3 | 100.4 | 100.35 | 100.35 | 79.09 | 28303 | 360 |
| 26 | 280 CC | 28 días | 100.2 | 100.1 | 100.5 | 100.27 | 78.96 | 28620 | 364 |
| 27 | 280 CC | 28 días | 100.2 | 100.12 | 100.13 | 100.15 | 78.78 | 28308 | 363 |
| 28 | 280 MIC-POL | 28 días | 100.87 | 100.93 | 100.88 | 100.89 | 79.95 | 30945 | 394 |
| 29 | 280 MIC-POL | 28 días | 100.92 | 101.07 | 101.22 | 101.07 | 80.23 | 30631 | 390 |
| 30 | 280 MIC-POL | 28 días | 101.34 | 100.96 | 100.66 | 100.99 | 80.1 | 31023 | 395 |
| 31 | 280 MAC-POL | 28 días | 100.98 | 100.58 | 100.2 | 100.59 | 79.46 | 29492 | 374 |
| 32 | 280 MAC-POL | 28 días | 100.46 | 100.9 | 100.41 | 100.59 | 79.47 | 29334 | 372 |
| 33 | 280 MAC-POL | 28 días | 100.01 | 101.02 | 101.14 | 100.72 | 79.68 | 29489 | 374 |
| 34 | 280 MET | 28 días | 101.38 | 101.41 | 101.13 | 101.31 | 80.61 | 32330 | 410 |
| 35 | 280 MET | 28 días | 101.11 | 101.12 | 101.38 | 101.2 | 80.44 | 31436 | 405 |
| 36 | 280 MET | 28 días | 101.41 | 101.43 | 101.35 | 101.4 | 80.75 | 32015 | 406 |

Resistencia a la compresión $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | d _{prom} (mm) | Área (cm ²) | P _{max} | f'c (kgf/cm ²) |
|----|------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|
| 37 | 300 CC | 7 días | 101.88 | 101.8 | 101.49 | 101.72 | 81.27 | 17986 | 229 |
| 38 | 300 CC | 7 días | 101.52 | 101.66 | 101.78 | 101.65 | 81.16 | 18064 | 230 |
| 39 | 300 CC | 7 días | 101.4 | 101.33 | 101.24 | 101.32 | 80.63 | 18221 | 232 |
| 40 | 300 MIC-POL | 7 días | 101.18 | 101.15 | 101.98 | 101.44 | 80.81 | 23955 | 305 |
| 41 | 300 MIC-POL | 7 días | 101.22 | 101.58 | 101.2 | 101.33 | 80.65 | 24269 | 309 |
| 42 | 300 MIC-POL | 7 días | 101.46 | 101.56 | 101.8 | 101.61 | 81.08 | 24426 | 311 |
| 43 | 300 MAC-POL | 7 días | 101.3 | 101.6 | 101.33 | 101.41 | 80.77 | 24504 | 312 |
| 44 | 300 MAC-POL | 7 días | 101.42 | 101.6 | 101.15 | 101.39 | 80.74 | 24347 | 310 |
| 45 | 300 MAC-POL | 7 días | 101.44 | 101.44 | 101.29 | 101.39 | 80.74 | 24740 | 315 |
| 46 | 300 MET | 7 días | 102.01 | 101.8 | 101.45 | 101.75 | 81.32 | 24426 | 311 |
| 47 | 300 MET | 7 días | 101.58 | 101.46 | 101.58 | 101.54 | 80.98 | 24269 | 309 |
| 48 | 300 MET | 7 días | 101.12 | 101.88 | 101.85 | 101.62 | 81.1 | 24976 | 318 |
| 49 | 300 CC | 14 días | 102.17 | 101.5 | 101.2 | 101.62 | 81.11 | 26861 | 342 |
| 50 | 300 CC | 14 días | 102.22 | 101.63 | 100.94 | 101.6 | 81.07 | 27096 | 345 |
| 51 | 300 CC | 14 días | 101.9 | 101.51 | 101.09 | 101.5 | 80.91 | 27253 | 347 |
| 52 | 300 MIC-POL | 14 días | 101.14 | 101.58 | 101.72 | 101.48 | 80.88 | 30395 | 387 |
| 53 | 300 MIC-POL | 14 días | 101.16 | 101.14 | 101.49 | 101.26 | 80.54 | 30081 | 383 |
| 54 | 300 MIC-POL | 14 días | 101.43 | 101.74 | 101.8 | 101.66 | 81.16 | 29845 | 380 |
| 55 | 300 MAC-POL | 14 días | 101.09 | 101.62 | 101.27 | 101.33 | 80.64 | 26939 | 343 |
| 56 | 300 MAC-POL | 14 días | 101.45 | 101.72 | 100.94 | 101.37 | 80.71 | 27725 | 353 |
| 57 | 300 MAC-POL | 14 días | 101.59 | 101.7 | 101.22 | 101.5 | 80.92 | 28117 | 358 |
| 58 | 300 MET | 14 días | 101.58 | 101.56 | 101.96 | 101.7 | 81.23 | 31259 | 398 |
| 59 | 300 MET | 14 días | 101.48 | 101.14 | 101.18 | 101.27 | 80.54 | 31809 | 405 |
| 60 | 300 MET | 14 días | 101.7 | 101.72 | 101.82 | 101.75 | 81.31 | 31573 | 402 |
| 61 | 300 CC | 28 días | 101.45 | 101.54 | 101.39 | 101.46 | 80.85 | 30002 | 382 |
| 62 | 300 CC | 28 días | 101.15 | 101.16 | 101.42 | 101.24 | 80.5 | 29610 | 377 |
| 63 | 300 CC | 28 días | 101.14 | 101.45 | 101.38 | 101.32 | 80.63 | 29688 | 378 |
| 64 | 300 MIC-POL | 28 días | 101.16 | 101.15 | 101.18 | 101.16 | 80.38 | 32987 | 420 |
| 65 | 300 MIC-POL | 28 días | 101.3 | 101.29 | 101.34 | 101.31 | 80.61 | 32594 | 415 |
| 66 | 300 MIC-POL | 28 días | 101.64 | 101.65 | 101.7 | 101.66 | 81.17 | 32515 | 414 |
| 67 | 300 MAC-POL | 28 días | 101.88 | 101.58 | 101.14 | 101.53 | 80.97 | 31180 | 397 |
| 68 | 300 MAC-POL | 28 días | 102.8 | 102.24 | 102.2 | 102.41 | 82.38 | 31809 | 405 |
| 69 | 300 MAC-POL | 28 días | 102.57 | 102.33 | 102.81 | 102.57 | 82.63 | 31416 | 400 |
| 70 | 300 MET | 28 días | 101.34 | 101.28 | 101.36 | 101.33 | 80.64 | 33694 | 429 |
| 71 | 300 MET | 28 días | 101.47 | 101.14 | 101.43 | 101.35 | 80.67 | 34165 | 435 |
| 72 | 300 MET | 28 días | 101.38 | 101.31 | 101.33 | 101.34 | 80.66 | 33537 | 427 |

Resistencia a la compresión $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | d _{prom} (mm) | Área (cm ²) | P _{max} | f'c (kgf/cm ²) |
|-----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|
| 73 | 350 CC | 7 días | 101.43 | 101.4 | 101.12 | 101.32 | 80.62 | 20342 | 259 |
| 74 | 350 CC | 7 días | 101.53 | 101.84 | 101.91 | 101.76 | 81.33 | 20499 | 261 |
| 75 | 350 CC | 7 días | 101.48 | 101.67 | 101.15 | 101.43 | 80.81 | 20185 | 257 |
| 76 | 350 MIC-POL | 7 días | 102.75 | 102.79 | 103.85 | 103.13 | 83.53 | 29767 | 379 |
| 77 | 350 MIC-POL | 7 días | 102.77 | 102.37 | 102.67 | 102.6 | 82.68 | 29217 | 372 |
| 78 | 350 MIC-POL | 7 días | 103.1 | 103.36 | 102.47 | 102.98 | 83.29 | 30316 | 386 |
| 79 | 350 MAC-POL | 7 días | 102.09 | 101.62 | 101.27 | 101.66 | 81.17 | 27960 | 356 |
| 80 | 350 MAC-POL | 7 días | 102.45 | 101.72 | 100.94 | 101.7 | 81.24 | 28196 | 359 |
| 81 | 350 MAC-POL | 7 días | 102.59 | 102.7 | 101.22 | 102.17 | 81.99 | 27646 | 352 |
| 82 | 350 MET | 7 días | 100.74 | 101.33 | 101.21 | 101.09 | 80.27 | 27410 | 349 |
| 83 | 350 MET | 7 días | 101.2 | 101.28 | 101.01 | 101.16 | 80.38 | 27725 | 353 |
| 84 | 350 MET | 7 días | 102.13 | 102.06 | 101.32 | 101.84 | 81.45 | 27960 | 356 |
| 85 | 350 CC | 14 días | 101.33 | 101.48 | 101.22 | 101.34 | 80.66 | 30316 | 386 |
| 86 | 350 CC | 14 días | 101.2 | 101.63 | 102.15 | 101.66 | 81.17 | 30552 | 389 |
| 87 | 350 CC | 14 días | 101.38 | 101.87 | 102.29 | 101.85 | 81.47 | 29531 | 376 |
| 88 | 350 MIC-POL | 14 días | 104.88 | 103.58 | 103.14 | 103.87 | 84.73 | 32358 | 412 |
| 89 | 350 MIC-POL | 14 días | 103.24 | 103.02 | 103.2 | 103.15 | 83.57 | 32044 | 408 |
| 90 | 350 MIC-POL | 14 días | 104.57 | 103.33 | 102.81 | 103.57 | 84.25 | 31573 | 402 |
| 91 | 350 MAC-POL | 14 días | 102.09 | 101.62 | 101.27 | 101.66 | 81.17 | 31337 | 399 |
| 92 | 350 MAC-POL | 14 días | 102.45 | 101.72 | 100.94 | 101.7 | 81.24 | 31809 | 405 |
| 93 | 350 MAC-POL | 14 días | 102.59 | 102.7 | 101.22 | 102.17 | 81.99 | 31966 | 407 |
| 94 | 350 MET | 14 días | 101.3 | 101.6 | 101.33 | 101.41 | 80.77 | 35579 | 453 |
| 95 | 350 MET | 14 días | 101.6 | 101.6 | 101.15 | 101.45 | 80.83 | 35657 | 454 |
| 96 | 350 MET | 14 días | 101.44 | 101.44 | 101.29 | 101.39 | 80.74 | 35814 | 456 |
| 97 | 350 CC | 28 días | 101.45 | 101.63 | 102.28 | 101.79 | 81.37 | 32044 | 408 |
| 98 | 350 CC | 28 días | 101.55 | 101.64 | 102.18 | 101.79 | 81.38 | 32280 | 411 |
| 99 | 350 CC | 28 días | 101.22 | 101.15 | 101.14 | 101.17 | 80.39 | 32358 | 412 |
| 100 | 350 MIC-POL | 28 días | 101.09 | 101.16 | 101.2 | 101.15 | 80.36 | 34793 | 443 |
| 101 | 350 MIC-POL | 28 días | 101.16 | 101.18 | 101.07 | 101.14 | 80.34 | 35107 | 447 |
| 102 | 350 MIC-POL | 28 días | 101.2 | 101.33 | 101.25 | 101.26 | 80.53 | 35579 | 453 |
| 103 | 350 MAC-POL | 28 días | 101.65 | 101.72 | 101.51 | 101.63 | 81.12 | 33144 | 422 |
| 104 | 350 MAC-POL | 28 días | 101.23 | 101.33 | 101.27 | 101.28 | 80.56 | 32987 | 420 |
| 105 | 350 MAC-POL | 28 días | 101.3 | 101.38 | 101.27 | 101.32 | 80.62 | 32751 | 417 |
| 106 | 350 MET | 28 días | 101.13 | 101.1 | 101.12 | 101.12 | 80.3 | 36600 | 466 |
| 107 | 350 MET | 28 días | 101 | 101.09 | 101.08 | 101.06 | 80.21 | 36521 | 465 |
| 108 | 350 MET | 28 días | 101.17 | 101.21 | 101.28 | 101.22 | 80.47 | 37071 | 472 |

Resistencia a la compresión $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | d _{prom} (mm) | Área (cm ²) | P _{max} | f'c (kgf/cm ²) |
|-----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|
| 109 | 420 CC | 7 días | 101.51 | 101.56 | 101.39 | 101.49 | 80.89 | 24347 | 310 |
| 110 | 420 CC | 7 días | 101.41 | 101.66 | 101.33 | 101.47 | 80.86 | 24426 | 311 |
| 111 | 420 CC | 7 días | 101.5 | 101.65 | 101.42 | 101.52 | 80.95 | 24190 | 308 |
| 112 | 420 MIC-POL | 7 días | 104.88 | 103.58 | 103.14 | 103.87 | 84.73 | 33379 | 425 |
| 113 | 420 MIC-POL | 7 días | 103.24 | 103.02 | 103.2 | 103.15 | 83.57 | 33772 | 430 |
| 114 | 420 MIC-POL | 7 días | 103.2 | 103.4 | 103.22 | 103.27 | 83.77 | 33065 | 421 |
| 115 | 420 MAC-POL | 7 días | 101.7 | 101.94 | 101.3 | 101.65 | 81.15 | 32908 | 419 |
| 116 | 420 MAC-POL | 7 días | 101.45 | 102.5 | 102.15 | 102.03 | 81.77 | 32594 | 415 |
| 117 | 420 MAC-POL | 7 días | 101.61 | 102.08 | 101.32 | 101.67 | 81.18 | 33144 | 422 |
| 118 | 420 MET | 7 días | 101.11 | 100.89 | 101.11 | 101.04 | 80.18 | 33772 | 430 |
| 119 | 420 MET | 7 días | 102.22 | 102.47 | 101.89 | 102.19 | 82.02 | 32908 | 419 |
| 120 | 420 MET | 7 días | 102.74 | 102.49 | 101.39 | 102.21 | 82.04 | 32987 | 420 |
| 121 | 420 CC | 14 días | 101.66 | 101.51 | 101.32 | 101.5 | 80.91 | 36364 | 463 |
| 122 | 420 CC | 14 días | 100.89 | 101.22 | 101.28 | 101.13 | 80.32 | 38170 | 486 |
| 123 | 420 CC | 14 días | 101.75 | 101.4 | 101.13 | 101.43 | 80.8 | 38249 | 487 |
| 124 | 420 MIC-POL | 14 días | 102.01 | 102.14 | 102.2 | 102.12 | 81.9 | 42254 | 538 |
| 125 | 420 MIC-POL | 14 días | 103.1 | 103.12 | 103.3 | 103.17 | 83.6 | 41783 | 532 |
| 126 | 420 MIC-POL | 14 días | 104.5 | 103.33 | 102.81 | 103.55 | 84.21 | 42412 | 540 |
| 127 | 420 MAC-POL | 14 días | 102.37 | 102.26 | 101.47 | 102.03 | 81.77 | 38956 | 496 |
| 128 | 420 MAC-POL | 14 días | 101.15 | 101.01 | 101.5 | 101.22 | 80.47 | 38720 | 493 |
| 129 | 420 MAC-POL | 14 días | 104.2 | 102.42 | 102.24 | 102.95 | 83.25 | 38327 | 488 |
| 130 | 420 MET | 14 días | 101.66 | 101.52 | 101.68 | 101.62 | 81.11 | 39741 | 506 |
| 131 | 420 MET | 14 días | 101.85 | 101.93 | 101.43 | 101.74 | 81.29 | 40448 | 515 |
| 132 | 420 MET | 14 días | 101.45 | 101.15 | 101.32 | 101.31 | 80.61 | 39113 | 498 |
| 133 | 420 CC | 28 días | 101.44 | 101.22 | 101.26 | 101.31 | 80.61 | 40369 | 514 |
| 134 | 420 CC | 28 días | 101.88 | 101.43 | 101.28 | 101.53 | 80.96 | 40527 | 516 |
| 135 | 420 CC | 28 días | 101.66 | 101.52 | 101.33 | 101.5 | 80.92 | 41390 | 527 |
| 136 | 420 MIC-POL | 28 días | 101.5 | 101.48 | 101.56 | 101.51 | 80.93 | 43040 | 548 |
| 137 | 420 MIC-POL | 28 días | 101.3 | 101.33 | 101.27 | 101.3 | 80.6 | 43197 | 550 |
| 138 | 420 MIC-POL | 28 días | 101.6 | 101.66 | 101.22 | 101.49 | 80.9 | 43590 | 555 |
| 139 | 420 MAC-POL | 28 días | 101.18 | 101.19 | 101 | 101.12 | 80.31 | 41469 | 528 |
| 140 | 420 MAC-POL | 28 días | 101.16 | 101.12 | 101.06 | 101.11 | 80.3 | 41940 | 534 |
| 141 | 420 MAC-POL | 28 días | 101.22 | 101.34 | 101.4 | 101.32 | 80.63 | 41626 | 530 |
| 142 | 420 MET | 28 días | 101.13 | 101.08 | 101.16 | 101.12 | 80.31 | 45553 | 580 |
| 143 | 420 MET | 28 días | 101.3 | 101.16 | 101.29 | 101.25 | 80.52 | 46181 | 588 |
| 144 | 420 MET | 28 días | 101.18 | 101.26 | 101.5 | 101.31 | 80.62 | 46103 | 587 |

Resistencia a la tracción indirecta $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | L ₁ (mm) | L ₂ (mm) | L ₃ (mm) | P _{max} | f _t (kgf/cm ²) |
|----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|--|
| 1 | 280 CC | 7 días | 152.68 | 152.32 | 151.92 | 303.5 | 303.2 | 303.64 | 19086 | 27 |
| 2 | 280 CC | 7 días | 150.66 | 151.52 | 151.72 | 303.7 | 304.6 | 303.71 | 19795 | 28 |
| 3 | 280 CC | 7 días | 151.24 | 152.55 | 151.33 | 302.83 | 302.8 | 302.71 | 18382 | 26 |
| 4 | 280 MIC-POL | 7 días | 151.05 | 151.04 | 151.1 | 301.65 | 301.15 | 301.85 | 26866 | 38 |
| 5 | 280 MIC-POL | 7 días | 151.3 | 151.28 | 151.52 | 301.15 | 301.48 | 301.16 | 26162 | 37 |
| 6 | 280 MIC-POL | 7 días | 151.25 | 151.35 | 151.28 | 301.3 | 301.28 | 301.35 | 26166 | 37 |
| 7 | 280 MAC-POL | 7 días | 150.65 | 150.55 | 150.45 | 300.15 | 300.15 | 300.2 | 25451 | 36 |
| 8 | 280 MAC-POL | 7 días | 150.85 | 150.56 | 150.77 | 300.2 | 300.25 | 300.33 | 24767 | 35 |
| 9 | 280 MAC-POL | 7 días | 150.14 | 150.13 | 150.2 | 300.6 | 300.55 | 300.5 | 25449 | 36 |
| 10 | 280 MET | 7 días | 150.6 | 150.7 | 150.8 | 301.65 | 301.85 | 301.44 | 26875 | 38 |
| 11 | 280 MET | 7 días | 150.75 | 150.65 | 150.66 | 301.98 | 301.16 | 301.65 | 26866 | 38 |
| 12 | 280 MET | 7 días | 150.55 | 150.45 | 150.35 | 301.64 | 301.47 | 301.49 | 26165 | 37 |
| 13 | 280 CC | 14 días | 150.77 | 150.88 | 152.2 | 301.85 | 302.23 | 302.14 | 25451 | 36 |
| 14 | 280 CC | 14 días | 151.53 | 150.93 | 152.01 | 304.1 | 304.6 | 304.9 | 26863 | 38 |
| 15 | 280 CC | 14 días | 152.03 | 151.56 | 150.51 | 302.39 | 302.13 | 302.36 | 25448 | 36 |
| 16 | 280 MIC-POL | 14 días | 151.66 | 151.55 | 151.36 | 301.62 | 302.05 | 301.6 | 28986 | 41 |
| 17 | 280 MIC-POL | 14 días | 151.2 | 151.8 | 152.32 | 302.39 | 302.74 | 302.96 | 27567 | 39 |
| 18 | 280 MIC-POL | 14 días | 151.22 | 151.4 | 151.34 | 303.18 | 302.89 | 303.42 | 28986 | 41 |
| 19 | 280 MAC-POL | 14 días | 150.87 | 150.93 | 150.88 | 303.35 | 303.01 | 302.98 | 30399 | 43 |
| 20 | 280 MAC-POL | 14 días | 150.92 | 151.07 | 151.22 | 303.43 | 303.37 | 303 | 30403 | 43 |
| 21 | 280 MAC-POL | 14 días | 151.34 | 150.96 | 150.66 | 302.92 | 302.74 | 303.26 | 29698 | 42 |
| 22 | 280 MET | 14 días | 151.23 | 152.14 | 151.68 | 302.16 | 302.17 | 302.2 | 33941 | 48 |
| 23 | 280 MET | 14 días | 151.14 | 151 | 151.16 | 302.87 | 303 | 303.1 | 31819 | 45 |
| 24 | 280 MET | 14 días | 151.94 | 151.95 | 152 | 302 | 302.14 | 302.22 | 31105 | 44 |
| 25 | 280 CC | 28 días | 151.05 | 151.88 | 151.87 | 303.73 | 303.29 | 303.8 | 26962 | 38 |
| 26 | 280 CC | 28 días | 151.15 | 151.16 | 151.25 | 303.15 | 302.55 | 302.9 | 27591 | 39 |
| 27 | 280 CC | 28 días | 151.09 | 151.25 | 151.65 | 301.69 | 301.55 | 302 | 26157 | 37 |
| 28 | 280 MIC-POL | 28 días | 151.05 | 151.77 | 152.22 | 303.84 | 304.21 | 303.6 | 28983 | 41 |
| 29 | 280 MIC-POL | 28 días | 150.96 | 151.13 | 151.12 | 303 | 303.04 | 303.05 | 30398 | 43 |
| 30 | 280 MIC-POL | 28 días | 150.95 | 151.15 | 151.29 | 303.34 | 303.01 | 303.38 | 29698 | 42 |
| 31 | 280 MAC-POL | 28 días | 152.1 | 151.76 | 150.65 | 302.93 | 302.55 | 302.92 | 31811 | 45 |
| 32 | 280 MAC-POL | 28 días | 150.56 | 150.53 | 150.84 | 303.51 | 303.42 | 303.68 | 31126 | 44 |
| 33 | 280 MAC-POL | 28 días | 151 | 150.95 | 151.76 | 302.6 | 303.1 | 302.39 | 31102 | 44 |
| 34 | 280 MET | 28 días | 151.05 | 151.65 | 151.49 | 302.18 | 301.65 | 301.99 | 34637 | 49 |
| 35 | 280 MET | 28 días | 151.49 | 151.4 | 151.94 | 302.65 | 302.77 | 302.17 | 36055 | 51 |
| 36 | 280 MET | 28 días | 151.97 | 151.64 | 151 | 301.56 | 301.68 | 301.78 | 36051 | 51 |

Resistencia a la tracción indirecta $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | L ₁ (mm) | L ₂ (mm) | L ₃ (mm) | P _{max} | f _t (kgf/cm ²) |
|----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|--|
| 37 | 300 CC | 7 días | 151.54 | 151.51 | 151.21 | 302.68 | 302.24 | 302.15 | 21209 | 30 |
| 38 | 300 CC | 7 días | 151.06 | 151.27 | 151.19 | 304.76 | 304.19 | 304.93 | 21215 | 30 |
| 39 | 300 CC | 7 días | 151.51 | 151.33 | 150.9 | 305.01 | 304.89 | 304.78 | 20506 | 29 |
| 40 | 300 MIC-POL | 7 días | 151.77 | 151.6 | 151.03 | 305.21 | 305.64 | 304.75 | 26869 | 38 |
| 41 | 300 MIC-POL | 7 días | 151.42 | 151.42 | 151.11 | 303.33 | 302.68 | 303.2 | 27572 | 39 |
| 42 | 300 MIC-POL | 7 días | 151.96 | 151.98 | 150.91 | 303.75 | 304.43 | 304.15 | 25447 | 36 |
| 43 | 300 MAC-POL | 7 días | 151.05 | 151.04 | 151.1 | 301.65 | 301.15 | 301.85 | 26863 | 38 |
| 44 | 300 MAC-POL | 7 días | 151.3 | 151.28 | 151.52 | 301.15 | 301.48 | 301.16 | 24035 | 34 |
| 45 | 300 MAC-POL | 7 días | 151.25 | 151.35 | 151.28 | 301.3 | 301.28 | 301.35 | 22620 | 32 |
| 46 | 300 MET | 7 días | 150.6 | 150.7 | 150.8 | 301.65 | 301.85 | 301.44 | 27581 | 39 |
| 47 | 300 MET | 7 días | 150.75 | 150.65 | 150.66 | 301.98 | 301.16 | 301.65 | 26865 | 38 |
| 48 | 300 MET | 7 días | 150.55 | 150.45 | 150.35 | 301.64 | 301.47 | 301.49 | 24746 | 35 |
| 49 | 300 CC | 14 días | 151.96 | 151.98 | 150.91 | 303.75 | 304.43 | 304 | 37568 | 39 |
| 50 | 300 CC | 14 días | 151.77 | 151.6 | 151.03 | 305.21 | 305.64 | 304.75 | 26159 | 37 |
| 51 | 300 CC | 14 días | 151.42 | 151.42 | 151.11 | 303.33 | 302.68 | 303.2 | 25468 | 36 |
| 52 | 300 MIC-POL | 14 días | 152.1 | 151.76 | 150.65 | 302.93 | 302.55 | 302.92 | 29693 | 42 |
| 53 | 300 MIC-POL | 14 días | 150.56 | 150.53 | 150.84 | 303.51 | 303.42 | 303.68 | 26860 | 38 |
| 54 | 300 MIC-POL | 14 días | 151 | 150.95 | 151.76 | 302.6 | 303.1 | 302.39 | 26863 | 38 |
| 55 | 300 MAC-POL | 14 días | 151.66 | 151.55 | 151.36 | 301.62 | 302.05 | 301.6 | 31105 | 44 |
| 56 | 300 MAC-POL | 14 días | 151.2 | 151.8 | 152.32 | 302.39 | 302.74 | 302.96 | 31808 | 45 |
| 57 | 300 MAC-POL | 14 días | 151.22 | 151.4 | 151.34 | 303.18 | 302.89 | 303.42 | 29690 | 42 |
| 58 | 300 MET | 14 días | 151.23 | 152.14 | 151.68 | 302.16 | 302.17 | 302.2 | 30403 | 43 |
| 59 | 300 MET | 14 días | 150.92 | 151.07 | 151.22 | 303.43 | 303.37 | 303 | 31108 | 44 |
| 60 | 300 MET | 14 días | 151.34 | 150.96 | 150.66 | 302.92 | 302.74 | 303.26 | 32526 | 46 |
| 61 | 300 CC | 28 días | 150.87 | 150.93 | 150.88 | 303.35 | 303.01 | 302.98 | 27562 | 39 |
| 62 | 300 CC | 28 días | 150.92 | 151.07 | 151.22 | 303.43 | 303.37 | 303 | 28276 | 40 |
| 63 | 300 CC | 28 días | 151.34 | 150.96 | 150.66 | 302.92 | 302.74 | 303.26 | 29689 | 42 |
| 64 | 300 MIC-POL | 28 días | 151.54 | 151.51 | 151.21 | 302.68 | 302.24 | 302.15 | 29697 | 42 |
| 65 | 300 MIC-POL | 28 días | 151.06 | 151.27 | 151.19 | 304.76 | 304.19 | 304.93 | 31108 | 44 |
| 66 | 300 MIC-POL | 28 días | 151.51 | 151.33 | 150.9 | 305.01 | 304.89 | 304.78 | 32517 | 46 |
| 67 | 300 MAC-POL | 28 días | 153.34 | 153 | 153.05 | 307.58 | 306.67 | 306.53 | 31817 | 45 |
| 68 | 300 MAC-POL | 28 días | 151.65 | 151.7 | 151.29 | 306.82 | 305.66 | 306.32 | 32531 | 46 |
| 69 | 300 MAC-POL | 28 días | 151.18 | 151.13 | 151.38 | 304.71 | 304.98 | 305.21 | 33941 | 48 |
| 70 | 300 MET | 28 días | 151.97 | 152.93 | 151.1 | 303.93 | 304.11 | 303.83 | 33934 | 48 |
| 71 | 300 MET | 28 días | 151.9 | 152.19 | 151.22 | 303.77 | 303.65 | 303.65 | 36062 | 51 |
| 72 | 300 MET | 28 días | 152.12 | 151.67 | 151.31 | 304.51 | 303.58 | 304.08 | 37469 | 53 |

Resistencia a la tracción indirecta $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | L ₁ (mm) | L ₂ (mm) | L ₃ (mm) | P _{max} | f _t (kgf/cm ²) |
|-----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|--|
| 73 | 350 CC | 7 días | 151.38 | 151.87 | 152.29 | 304.6 | 305.08 | 305 | 33222 | 29 |
| 74 | 350 CC | 7 días | 150.98 | 151.15 | 151.21 | 303.14 | 303.41 | 302.57 | 21915 | 31 |
| 75 | 350 CC | 7 días | 153.16 | 153.36 | 152.47 | 301.88 | 301.65 | 301.2 | 28996 | 31 |
| 76 | 350 MIC-POL | 7 días | 152.75 | 152.79 | 154.85 | 301 | 301.2 | 301.47 | 28985 | 41 |
| 77 | 350 MIC-POL | 7 días | 152.77 | 152.37 | 152.67 | 301.46 | 301.06 | 301.8 | 29688 | 42 |
| 78 | 350 MIC-POL | 7 días | 153.16 | 153.36 | 152.47 | 301.88 | 301.65 | 301.2 | 28996 | 41 |
| 79 | 350 MAC-POL | 7 días | 151.46 | 151.56 | 151.01 | 303.81 | 304 | 303.9 | 28275 | 40 |
| 80 | 350 MAC-POL | 7 días | 151.84 | 151.25 | 151.31 | 304 | 303.8 | 303.9 | 29691 | 42 |
| 81 | 350 MAC-POL | 7 días | 151.53 | 151.59 | 151.54 | 305.05 | 305.8 | 306.66 | 28279 | 40 |
| 82 | 350 MET | 7 días | 150.98 | 151.15 | 151.21 | 303.14 | 303.41 | 302.57 | 32517 | 46 |
| 83 | 350 MET | 7 días | 152.15 | 152.08 | 151.46 | 304.73 | 304.31 | 304.29 | 33928 | 48 |
| 84 | 350 MET | 7 días | 152.1 | 151.65 | 151.1 | 304.59 | 304.2 | 304.84 | 34637 | 49 |
| 85 | 350 CC | 14 días | 151.46 | 151.56 | 151.01 | 303.81 | 304 | 303.9 | 28278 | 40 |
| 86 | 350 CC | 14 días | 151.38 | 151.87 | 152.29 | 304.6 | 305.08 | 305 | 28283 | 40 |
| 87 | 350 CC | 14 días | 151.16 | 151.49 | 151.46 | 306.1 | 306.15 | 306.17 | 28983 | 41 |
| 88 | 350 MIC-POL | 14 días | 151.3 | 151.48 | 151.22 | 305.76 | 304.9 | 305.65 | 31811 | 45 |
| 89 | 350 MIC-POL | 14 días | 151.2 | 151.63 | 152.15 | 304.4 | 303.72 | 304.52 | 32548 | 46 |
| 90 | 350 MIC-POL | 14 días | 151.38 | 151.87 | 152.29 | 304.6 | 305.08 | 305 | 33222 | 47 |
| 91 | 350 MAC-POL | 14 días | 151.27 | 151.11 | 151.36 | 303.45 | 303.35 | 303.56 | 34637 | 49 |
| 92 | 350 MAC-POL | 14 días | 151.83 | 151.27 | 151.33 | 304.27 | 304.58 | 304.05 | 33930 | 48 |
| 93 | 350 MAC-POL | 14 días | 152.16 | 151.81 | 151.2 | 304.6 | 305.5 | 306.37 | 33929 | 48 |
| 94 | 350 MET | 14 días | 151.86 | 151.84 | 151.15 | 303.81 | 303.94 | 304.04 | 38879 | 55 |
| 95 | 350 MET | 14 días | 151.24 | 151.24 | 151.14 | 304.66 | 304.35 | 304.23 | 37463 | 53 |
| 96 | 350 MET | 14 días | 152.21 | 151.81 | 151.04 | 304.25 | 305.12 | 305.95 | 36759 | 52 |
| 97 | 350 CC | 28 días | 152.77 | 152.37 | 152.67 | 301.46 | 301.06 | 301.8 | 29689 | 42 |
| 98 | 350 CC | 28 días | 151.2 | 151.63 | 152.15 | 304.4 | 303.72 | 304.52 | 29695 | 42 |
| 99 | 350 CC | 28 días | 152.75 | 152.79 | 154.85 | 301 | 301.2 | 301.47 | 29691 | 42 |
| 100 | 350 MIC-POL | 28 días | 151.16 | 151.49 | 151.46 | 306.1 | 306.15 | 306.17 | 33941 | 48 |
| 101 | 350 MIC-POL | 28 días | 151.2 | 151.3 | 151.25 | 305.15 | 305.65 | 305.33 | 35347 | 50 |
| 102 | 350 MIC-POL | 28 días | 151.49 | 151.49 | 151.55 | 304.65 | 304.57 | 304.55 | 34639 | 49 |
| 103 | 350 MAC-POL | 28 días | 151.3 | 151.48 | 151.22 | 305.76 | 301.65 | 301.2 | 37467 | 53 |
| 104 | 350 MAC-POL | 28 días | 151.2 | 151.63 | 152.15 | 304.4 | 304.9 | 305.65 | 38176 | 54 |
| 105 | 350 MAC-POL | 28 días | 151.16 | 151.49 | 151.46 | 306.1 | 303.72 | 304.52 | 36060 | 51 |
| 106 | 350 MET | 28 días | 151.77 | 151.54 | 151 | 305.05 | 305.8 | 306.66 | 39586 | 56 |
| 107 | 350 MET | 28 días | 150.75 | 151.65 | 151 | 303.45 | 303.35 | 303.56 | 38877 | 55 |
| 108 | 350 MET | 28 días | 151.79 | 151.81 | 151.2 | 304.27 | 304.58 | 304.05 | 40998 | 58 |

Resistencia a la tracción indirecta $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | d ₁ (mm) | d ₂ (mm) | d ₃ (mm) | L ₁ (mm) | L ₂ (mm) | L ₃ (mm) | P _{max} | f _t (kgf/cm ²) |
|-----|------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|--|
| 109 | 420 CC | 7 días | 152.74 | 152.47 | 151.39 | 306.86 | 306.21 | 306.86 | 32531 | 46 |
| 110 | 420 CC | 7 días | 153.45 | 153.05 | 153.99 | 309.26 | 309.71 | 309.41 | 32539 | 46 |
| 111 | 420 CC | 7 días | 152.59 | 152.38 | 151.93 | 307.99 | 307.95 | 307.56 | 33929 | 48 |
| 112 | 420 MIC-POL | 7 días | 152.91 | 152.91 | 152.83 | 301.7 | 301.78 | 301.29 | 33225 | 47 |
| 113 | 420 MIC-POL | 7 días | 153.75 | 153.78 | 152.96 | 302.24 | 302.24 | 302.5 | 33230 | 47 |
| 114 | 420 MIC-POL | 7 días | 154.21 | 153.52 | 153.02 | 301.81 | 301.81 | 301.16 | 36057 | 51 |
| 115 | 420 MAC-POL | 7 días | 151.5 | 151.85 | 151.72 | 36.51 | 306.4 | 306.23 | 37465 | 53 |
| 116 | 420 MAC-POL | 7 días | 151.98 | 151.81 | 151.74 | 306.46 | 306.01 | 305.58 | 36058 | 51 |
| 117 | 420 MAC-POL | 7 días | 152.94 | 152.63 | 152.93 | 306.88 | 306 | 306.49 | 33931 | 48 |
| 118 | 420 MET | 7 días | 151.34 | 151.52 | 151.18 | 304.61 | 304.16 | 304.33 | 37465 | 53 |
| 119 | 420 MET | 7 días | 152.75 | 152.49 | 151.89 | 306.26 | 306.49 | 306.75 | 38877 | 55 |
| 120 | 420 MET | 7 días | 152.74 | 152.47 | 151.39 | 306.86 | 306.21 | 306.86 | 33929 | 48 |
| 121 | 420 CC | 14 días | 152.52 | 151.7 | 151.28 | 303.35 | 303.4 | 303.41 | 35345 | 50 |
| 122 | 420 CC | 14 días | 151.46 | 151.43 | 151.18 | 303.77 | 303.5 | 303.77 | 36057 | 51 |
| 123 | 420 CC | 14 días | 151.85 | 151.73 | 151.6 | 303.26 | 303.95 | 303.32 | 33931 | 48 |
| 124 | 420 MIC-POL | 14 días | 152.78 | 152.88 | 152.6 | 300.43 | 300.17 | 300.85 | 38879 | 55 |
| 125 | 420 MIC-POL | 14 días | 152.31 | 152.32 | 152.51 | 300.64 | 300.6 | 300.86 | 41002 | 58 |
| 126 | 420 MIC-POL | 14 días | 152.04 | 152.62 | 152.79 | 301.59 | 301.96 | 301.72 | 39586 | 56 |
| 127 | 420 MAC-POL | 14 días | 152.52 | 152.02 | 151.56 | 305.91 | 305.94 | 306.88 | 39587 | 56 |
| 128 | 420 MAC-POL | 14 días | 152.64 | 151.97 | 152.34 | 306.4 | 306.5 | 306.93 | 40293 | 57 |
| 129 | 420 MAC-POL | 14 días | 151.63 | 151.81 | 151.84 | 306.51 | 306.39 | 306.66 | 38879 | 55 |
| 130 | 420 MET | 14 días | 153.45 | 153.05 | 153.99 | 309.26 | 309.71 | 309.41 | 41706 | 59 |
| 131 | 420 MET | 14 días | 152.59 | 152.38 | 151.93 | 307.99 | 307.95 | 307.56 | 42413 | 60 |
| 132 | 420 MET | 14 días | 152.67 | 152.07 | 152.42 | 309.38 | 308.97 | 308.89 | 42415 | 60 |
| 133 | 420 CC | 28 días | 152.04 | 152.62 | 152.79 | 301.59 | 301.96 | 301.72 | 36758 | 52 |
| 134 | 420 CC | 28 días | 153.75 | 153.78 | 152.96 | 302.24 | 302.24 | 302.5 | 36761 | 52 |
| 135 | 420 CC | 28 días | 154.21 | 153.52 | 153.02 | 301.81 | 301.81 | 301.16 | 37469 | 53 |
| 136 | 420 MIC-POL | 28 días | 152.04 | 152.62 | 152.79 | 301.59 | 301.96 | 301.72 | 41708 | 59 |
| 137 | 420 MIC-POL | 28 días | 153.75 | 153.78 | 152.96 | 302.24 | 302.24 | 302.5 | 39591 | 56 |
| 138 | 420 MIC-POL | 28 días | 152.52 | 151.7 | 151.28 | 303.35 | 303.4 | 303.41 | 40997 | 58 |
| 139 | 420 MAC-POL | 28 días | 152.75 | 152.49 | 151.89 | 306.26 | 306.49 | 306.75 | 43119 | 61 |
| 140 | 420 MAC-POL | 28 días | 152.74 | 152.47 | 151.39 | 306.86 | 306.21 | 306.86 | 43835 | 62 |
| 141 | 420 MAC-POL | 28 días | 153.45 | 153.05 | 153.99 | 309.26 | 309.71 | 309.41 | 41705 | 59 |
| 142 | 420 MET | 28 días | 151.98 | 151.81 | 151.74 | 306.46 | 306.01 | 305.58 | 45946 | 65 |
| 143 | 420 MET | 28 días | 151.98 | 151.81 | 151.74 | 306.46 | 306.01 | 305.58 | 43825 | 62 |
| 144 | 420 MET | 28 días | 152.64 | 151.97 | 152.34 | 306.4 | 306.5 | 306.93 | 42418 | 60 |

Resistencia a la flexión $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

| # | Tipo de Concreto | Edad | l_1 (mm) | l_2 (mm) | l_3 (mm) | l_{prom} (mm) | b_1 (mm) | b_2 (mm) | b_3 (mm) | b_{prom} (mm) | $P_{m\acute{a}x}$ KN | MR (kgf/cm ²) |
|----|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 280 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 21.52 | 29.26 |
| 2 | 280 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 22.15 | 30.12 |
| 3 | 280 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 23.15 | 31.48 |
| 4 | 280 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.25 | 39.77 |
| 5 | 280 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.53 | 38.79 |
| 6 | 280 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 26.53 | 36.06 |
| 7 | 280 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.35 | 41.27 |
| 8 | 280 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 25.08 | 34.09 |
| 9 | 280 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 31.81 | 43.25 |
| 10 | 280 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 27.14 | 36.9 |
| 11 | 280 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 27.24 | 37.04 |
| 12 | 280 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 25.71 | 34.96 |
| 13 | 280 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.51 | 40.12 |
| 14 | 280 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.97 | 40.74 |
| 15 | 280 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 26.95 | 36.65 |
| 16 | 280 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.05 | 47.66 |
| 17 | 280 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.11 | 47.74 |
| 18 | 280 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.31 | 46.64 |
| 19 | 280 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.84 | 39.21 |
| 20 | 280 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.08 | 39.54 |
| 21 | 280 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.84 | 47.37 |
| 22 | 280 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 27.17 | 36.94 |
| 23 | 280 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.22 | 47.89 |
| 24 | 280 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.43 | 45.45 |
| 25 | 280 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.11 | 40.93 |
| 26 | 280 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.05 | 40.86 |
| 27 | 280 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.95 | 40.72 |
| 28 | 280 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.73 | 48.97 |
| 29 | 280 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 37.09 | 49.45 |
| 30 | 280 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 37.51 | 50.01 |
| 31 | 280 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.75 | 45 |
| 32 | 280 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.22 | 45.63 |
| 33 | 280 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.31 | 45.75 |
| 34 | 280 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.76 | 45.9 |
| 35 | 280 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.05 | 44.93 |
| 36 | 280 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.45 | 45.48 |

Resistencia a la flexión $f'c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

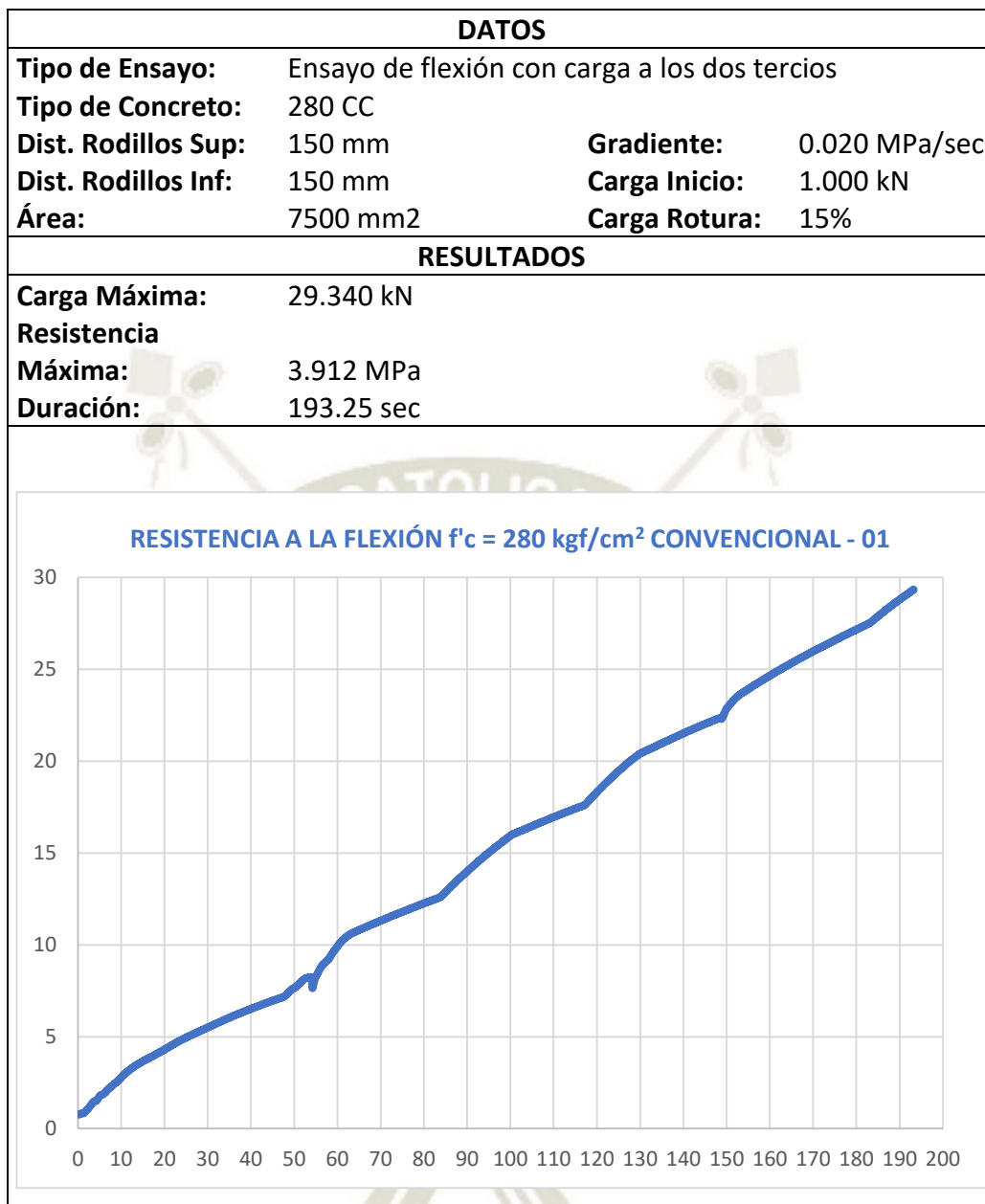
| # | Tipo de Concreto | Edad | l_1 (mm) | l_2 (mm) | l_3 (mm) | l_{prom} (mm) | b_1 (mm) | b_2 (mm) | b_3 (mm) | b_{prom} (mm) | $P_{m\acute{a}x}$ KN | MR (kgf/cm^2) |
|----|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 37 | 300 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 23.71 | 32.24 |
| 38 | 300 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 23.16 | 31.48 |
| 39 | 300 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 23.62 | 32.11 |
| 40 | 300 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.14 | 43.7 |
| 41 | 300 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.71 | 39.03 |
| 42 | 300 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 26.69 | 36.29 |
| 43 | 300 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.99 | 40.78 |
| 44 | 300 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.78 | 41.85 |
| 45 | 300 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.46 | 38.7 |
| 46 | 300 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 31.27 | 42.51 |
| 47 | 300 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.07 | 38.17 |
| 48 | 300 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 25.66 | 34.89 |
| 49 | 300 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.98 | 39.4 |
| 50 | 300 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29 | 39.43 |
| 51 | 300 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 28.75 | 39.09 |
| 52 | 300 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.48 | 48.24 |
| 53 | 300 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.96 | 48.89 |
| 54 | 300 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.16 | 45.09 |
| 55 | 300 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.38 | 39.95 |
| 56 | 300 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.63 | 47.08 |
| 57 | 300 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.77 | 45.91 |
| 58 | 300 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.97 | 44.83 |
| 59 | 300 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.61 | 45.7 |
| 60 | 300 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.94 | 50.22 |
| 61 | 300 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.98 | 42.12 |
| 62 | 300 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 31 | 42.15 |
| 63 | 300 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.75 | 41.81 |
| 64 | 300 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.07 | 51.76 |
| 65 | 300 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.36 | 52.48 |
| 66 | 300 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.25 | 52.01 |
| 67 | 300 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.4 | 45.86 |
| 68 | 300 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.93 | 46.57 |
| 69 | 300 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.46 | 45.94 |
| 70 | 300 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.35 | 49.42 |
| 71 | 300 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.14 | 48.19 |
| 72 | 300 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.98 | 48.92 |

Resistencia a la flexión $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

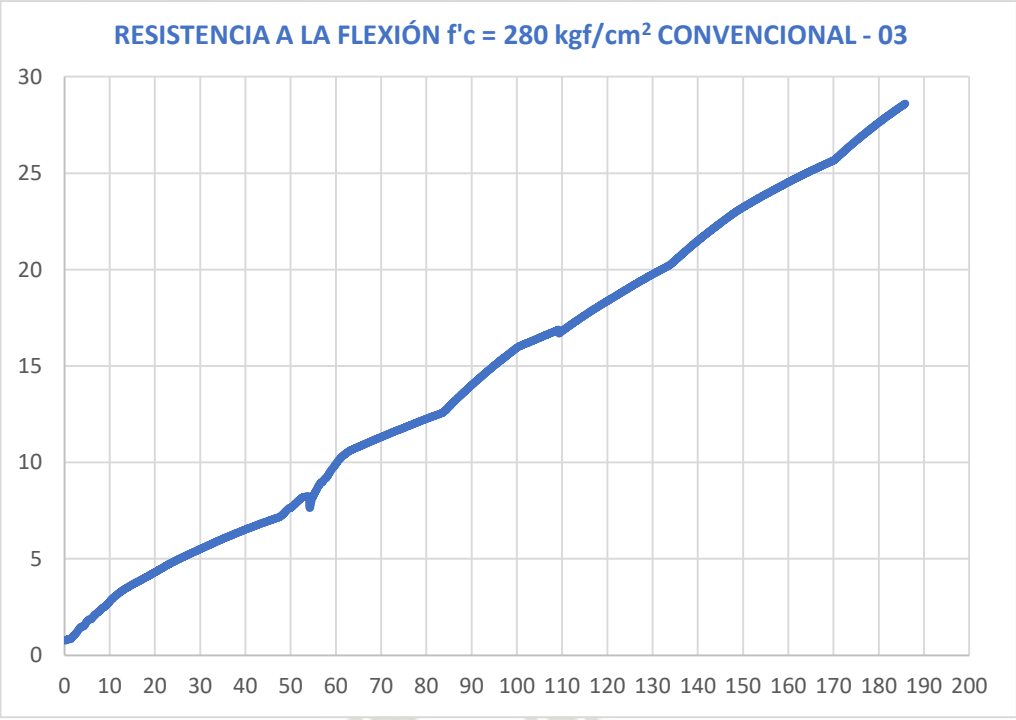
| # | Tipo de Concreto | Edad | l_1 (mm) | l_2 (mm) | l_3 (mm) | l_{prom} (mm) | b_1 (mm) | b_2 (mm) | b_3 (mm) | b_{prom} (mm) | $P_{m\acute{a}x}$ KN | MR (kgf/cm^2) |
|-----|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 73 | 350 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 26.1 | 35.49 |
| 74 | 350 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 24.11 | 32.78 |
| 75 | 350 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 25.23 | 34.31 |
| 76 | 350 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.73 | 48.58 |
| 77 | 350 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.39 | 45.4 |
| 78 | 350 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 29.76 | 40.46 |
| 79 | 350 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.8 | 44.59 |
| 80 | 350 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 31.69 | 43.08 |
| 81 | 350 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 30.47 | 41.43 |
| 82 | 350 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32 | 43.51 |
| 83 | 350 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.21 | 43.8 |
| 84 | 350 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 26.66 | 36.25 |
| 85 | 350 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 31.72 | 43.13 |
| 86 | 350 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.33 | 43.95 |
| 87 | 350 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.7 | 44.45 |
| 88 | 350 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42.17 | 57.34 |
| 89 | 350 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.67 | 53.94 |
| 90 | 350 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.81 | 52.76 |
| 91 | 350 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.12 | 45.03 |
| 92 | 350 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.32 | 48.02 |
| 93 | 350 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.83 | 48.72 |
| 94 | 350 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.63 | 49.8 |
| 95 | 350 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.63 | 49.8 |
| 96 | 350 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.78 | 52.72 |
| 97 | 350 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.32 | 45.3 |
| 98 | 350 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.89 | 44.72 |
| 99 | 350 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.63 | 45.72 |
| 100 | 350 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42.74 | 56.98 |
| 101 | 350 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 43.04 | 57.38 |
| 102 | 350 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 41.81 | 56.84 |
| 103 | 350 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 36.12 | 49.11 |
| 104 | 350 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 37.32 | 50.74 |
| 105 | 350 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 35.83 | 48.72 |
| 106 | 350 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.63 | 52.52 |
| 107 | 350 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.56 | 52.75 |
| 108 | 350 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.15 | 53.22 |

Resistencia a la flexión $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

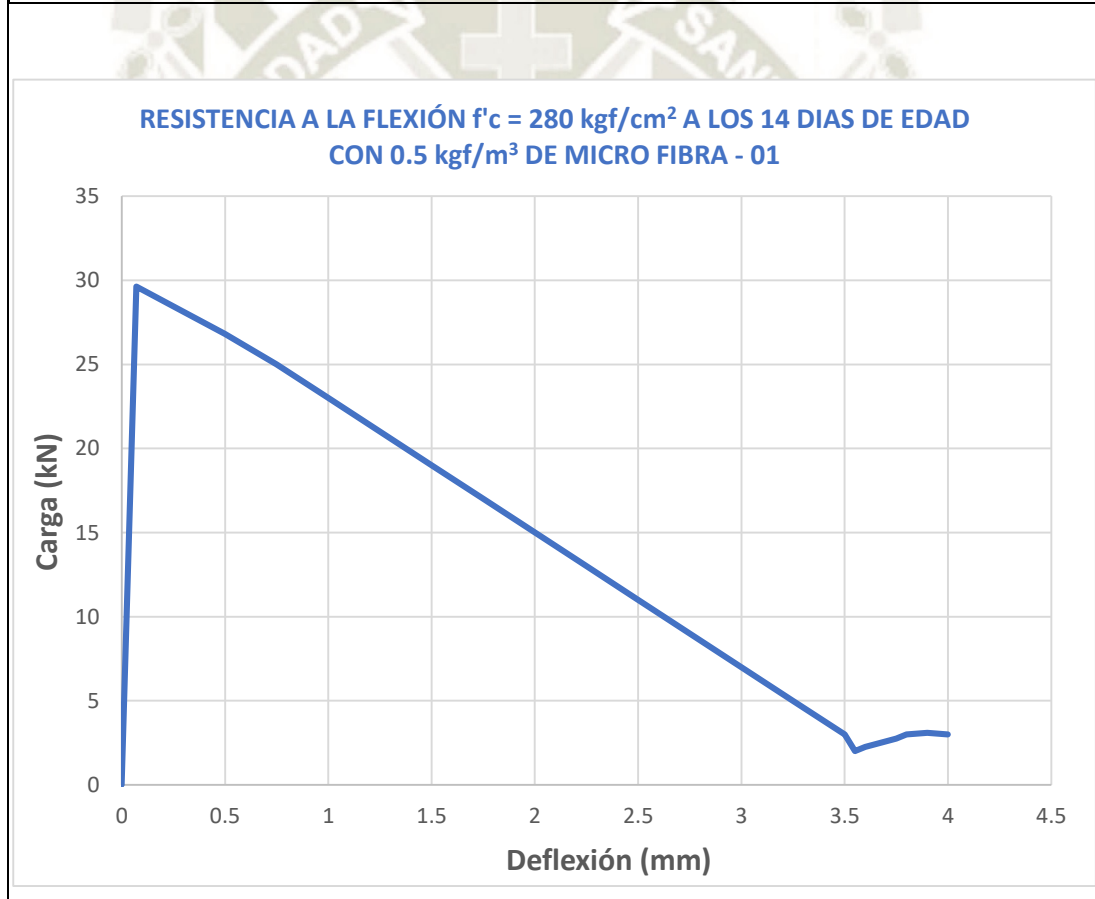
| # | Tipo de Concreto | Edad | l_1 (mm) | l_2 (mm) | l_3 (mm) | l_{prom} (mm) | b_1 (mm) | b_2 (mm) | b_3 (mm) | b_{prom} (mm) | $P_{máx}$ KN | MR (kgf/cm ²) |
|-----|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| 109 | 420 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 32.84 | 44.65 |
| 110 | 420 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 34.37 | 46.73 |
| 111 | 420 CC | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 33.69 | 45.81 |
| 112 | 420 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 40.77 | 55.43 |
| 113 | 420 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.99 | 53.02 |
| 114 | 420 MIC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 37.3 | 50.71 |
| 115 | 420 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 40.25 | 54.72 |
| 116 | 420 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.96 | 52.97 |
| 117 | 420 MAC-POL | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 43.51 | 59.16 |
| 118 | 420 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.76 | 54.05 |
| 119 | 420 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 37.25 | 50.64 |
| 120 | 420 MET | 7 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.72 | 54 |
| 121 | 420 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 40.29 | 54.78 |
| 122 | 420 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 39.64 | 53.89 |
| 123 | 420 CC | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 38.28 | 52.05 |
| 124 | 420 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 46.37 | 63.04 |
| 125 | 420 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 45.85 | 62.34 |
| 126 | 420 MIC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42.24 | 57.43 |
| 127 | 420 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42.7 | 58.05 |
| 128 | 420 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 41.16 | 55.96 |
| 129 | 420 MAC-POL | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42 | 57.1 |
| 130 | 420 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 40.49 | 55.06 |
| 131 | 420 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 44.65 | 60.71 |
| 132 | 420 MET | 14 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 40.76 | 55.42 |
| 133 | 420 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 41.04 | 55.79 |
| 134 | 420 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 42.94 | 58.38 |
| 135 | 420 CC | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 41.51 | 56.44 |
| 136 | 420 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 48.43 | 65.84 |
| 137 | 420 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 50.87 | 69.16 |
| 138 | 420 MIC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 47.57 | 64.67 |
| 139 | 420 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 45.26 | 61.53 |
| 140 | 420 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 44.87 | 61.01 |
| 141 | 420 MAC-POL | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 46.48 | 61.97 |
| 142 | 420 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 47.34 | 64.36 |
| 143 | 420 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 46.82 | 63.65 |
| 144 | 420 MET | 28 días | 450 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 | 150 | 47.65 | 64.78 |



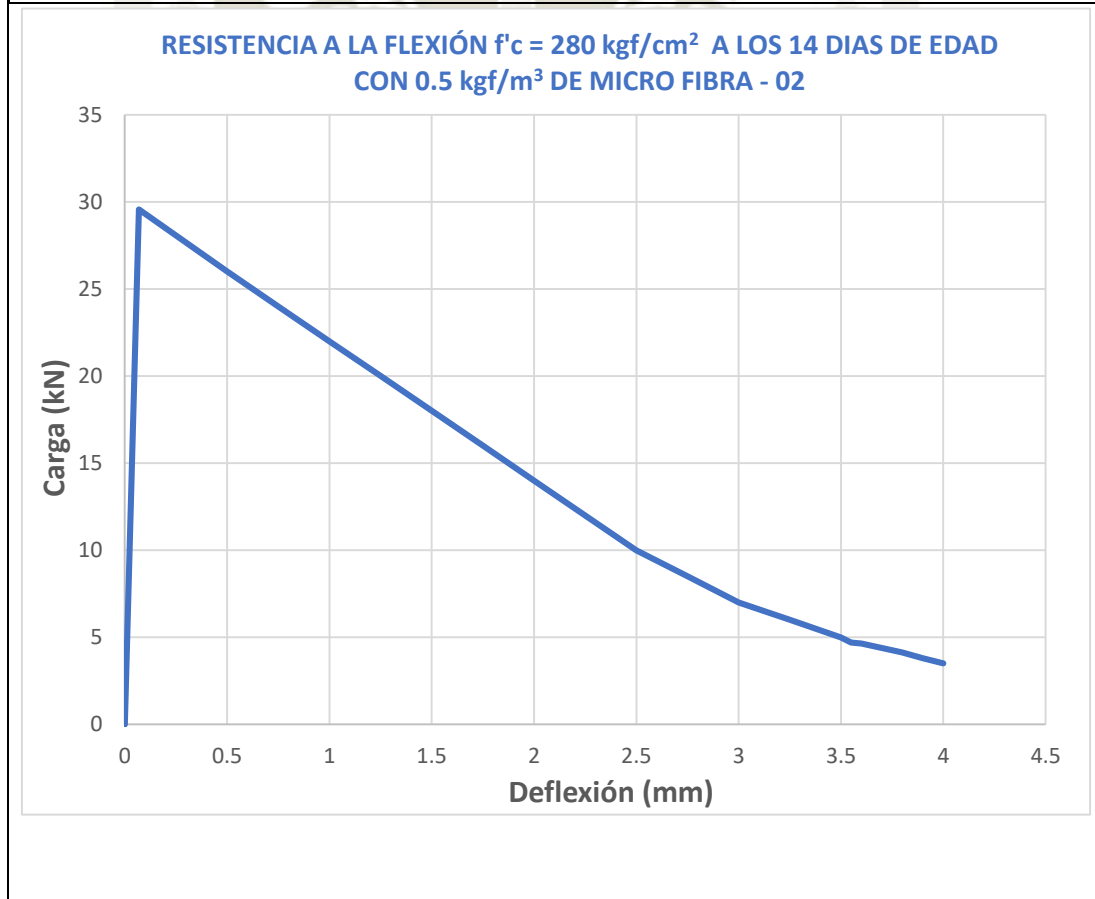


| DATOS | | | |
|---|---|----------------------|---------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión con carga a los dos tercios Concreto | | |
| Tipo de Concreto: | Convencional | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.020 MPa/sec |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | Carga Rotura: | 15% |
| RESULTADOS | | | |
| Carga Máxima: | 28.605 kN | | |
| Resistencia | | | |
| Máxima: | 3.814 MPa | | |
| Duración: | 185.85 sec | | |
|  | | | |

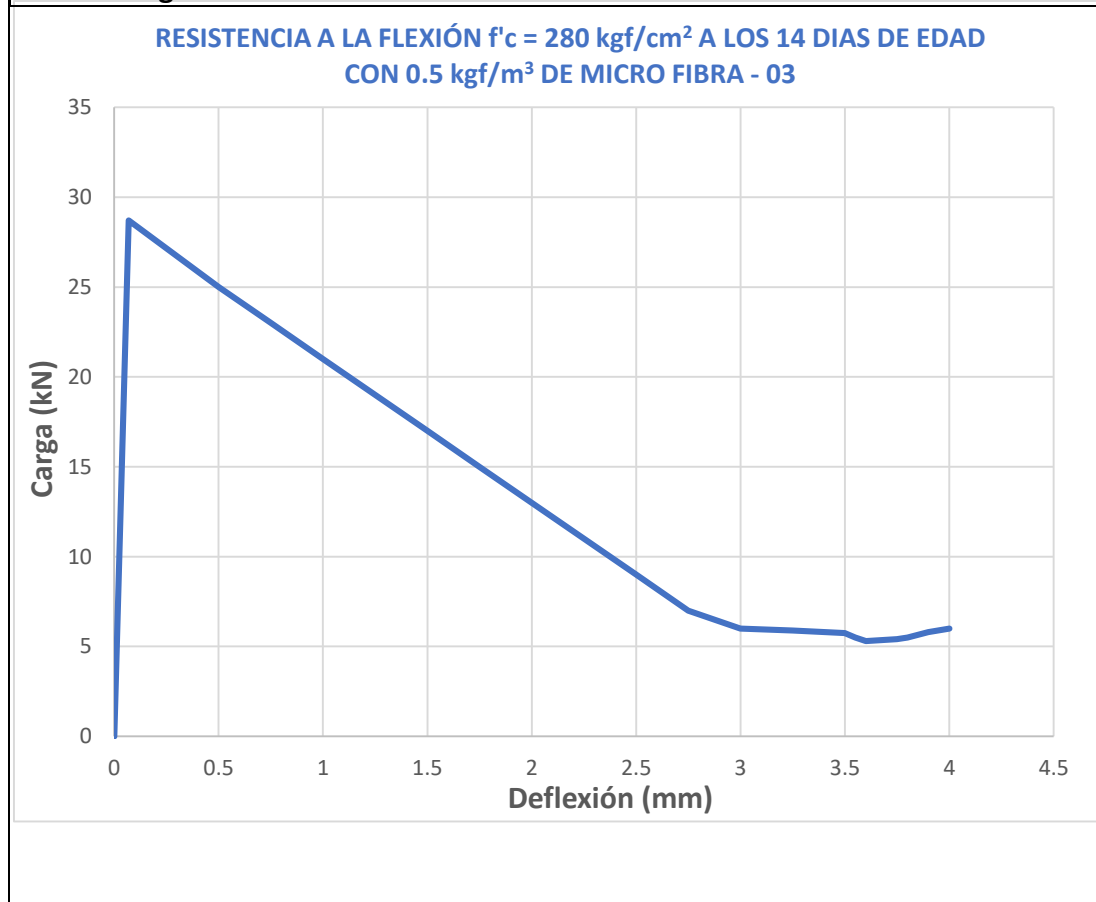
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 0.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 29.618 kN | Residual load (L/150): | 3.259 kN |
| First-Peak deflection: | 0.071 mm | Resistencia residual (L/150): | 0.301 MPa |
| First-Peak strength: | 3.949 MPa | Residual load (L/600): | 3.136 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 0.418 MPa |
| Índice de dureza: | 51.179 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.056 % | | |

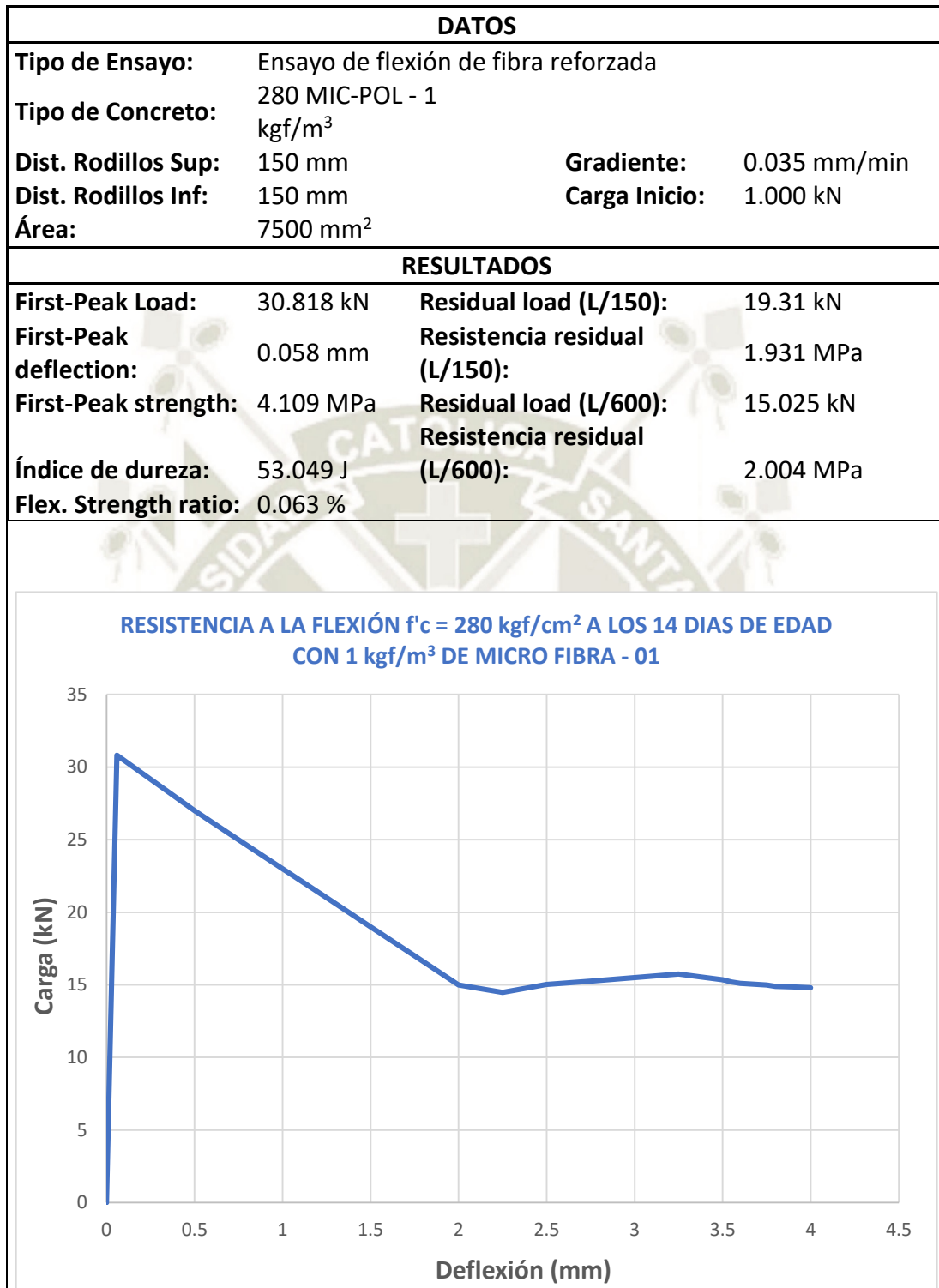


| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 0.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 29.560 kN | Residual load (L/150): | 5.408 kN |
| First-Peak deflection: | 0.069 mm | Resistencia residual (L/150): | 0.721 MPa |
| First-Peak strength: | 3.941 MPa | Residual load (L/600): | 23.836 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 3.178 MPa |
| Índice de dureza: | 52.018 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.056 % | | |



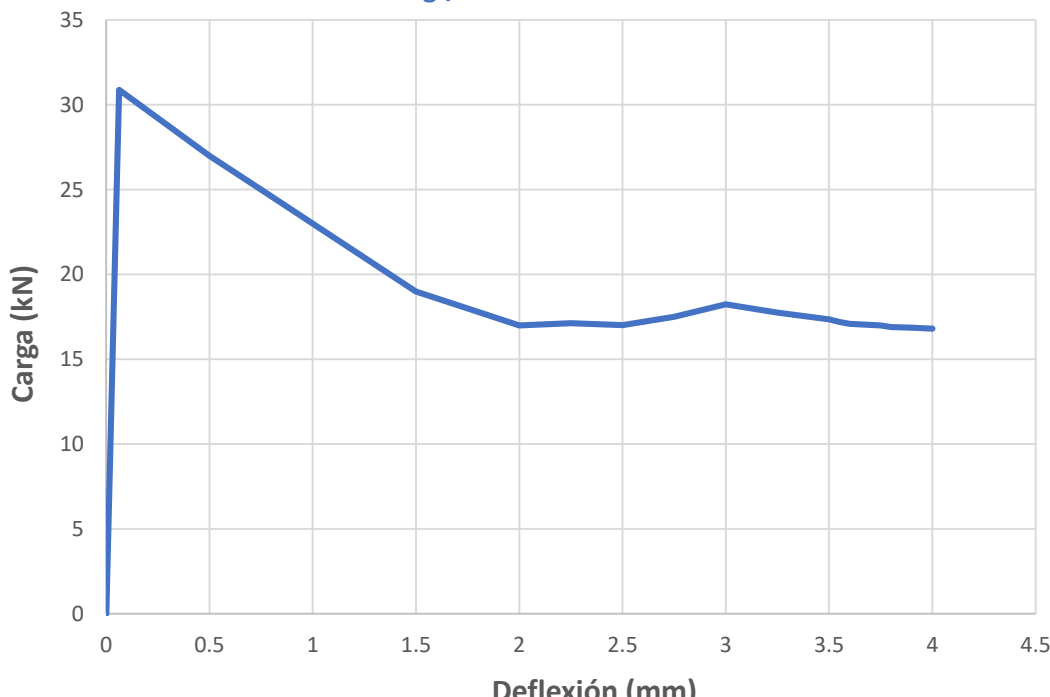
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 0.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 29.558 kN | Residual load (L/150): | 5.894 kN |
| First-Peak deflection: | 0.069 mm | Resistencia residual (L/150): | 0.786 MPa |
| First-Peak strength: | 3.826 MPa | Residual load (L/600): | 5.636 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 0.751 MPa |
| Índice de dureza: | 50.361 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.059 % | | |



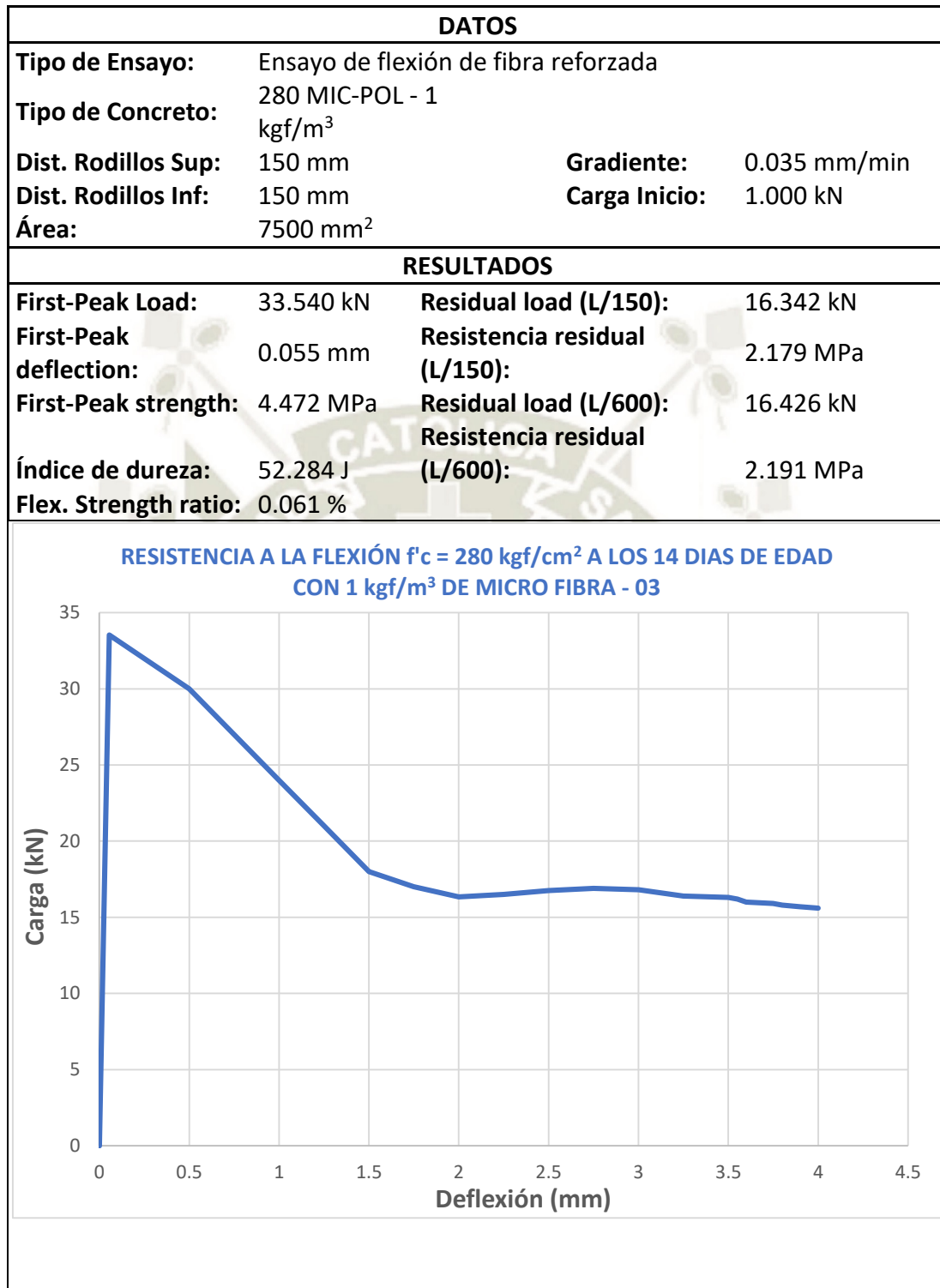


| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 1 | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 30.878 kN | Residual load (L/150): | 17.125 kN |
| First-Peak deflection: | 0.062 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.284 MPa |
| First-Peak strength: | 4.117 MPa | Residual load (L/600): | 18.253 kN |
| Índice de dureza: | 54.83 J | Resistencia residual (L/600): | 2.19 MPa |
| Flex. Strength ratio: | 0.059 % | | |

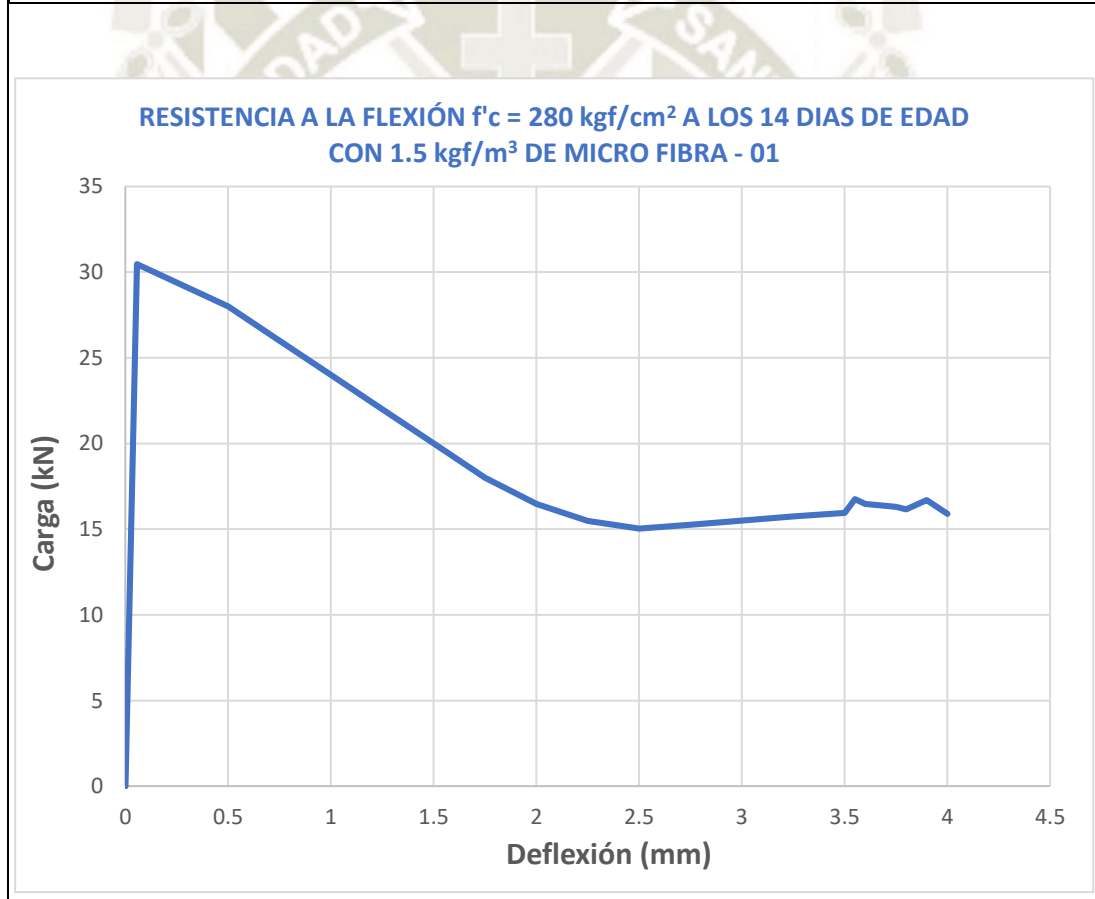
**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DIAS DE EDAD
CON 1 kgf/m^3 DE MICRO FIBRA - 02**



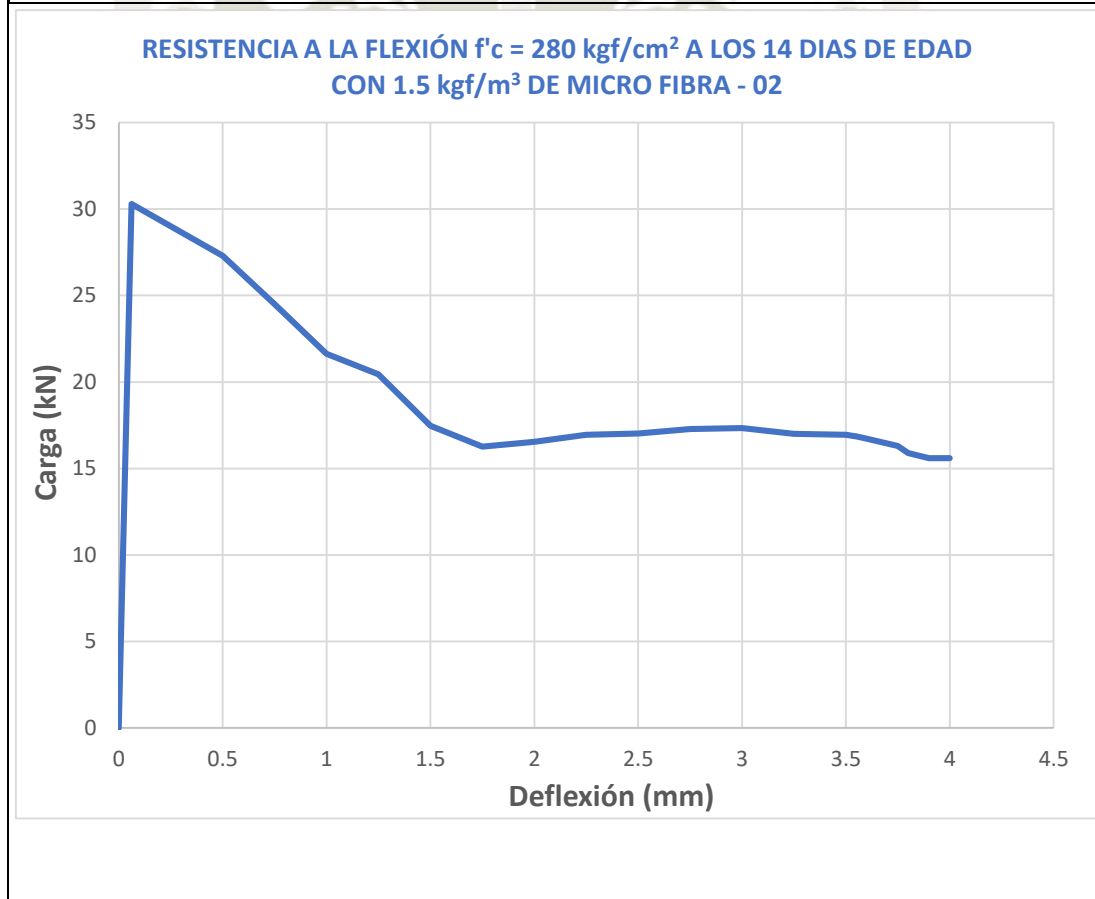
| Deflexión (mm) | Carga (kN) |
|----------------|------------|
| 0 | 0 |
| 0.062 | 30.878 |
| 1.5 | 17.125 |
| 2.0 | 17.125 |
| 2.5 | 17.125 |
| 3.0 | 18.253 |
| 3.5 | 17.125 |
| 4.0 | 17.125 |



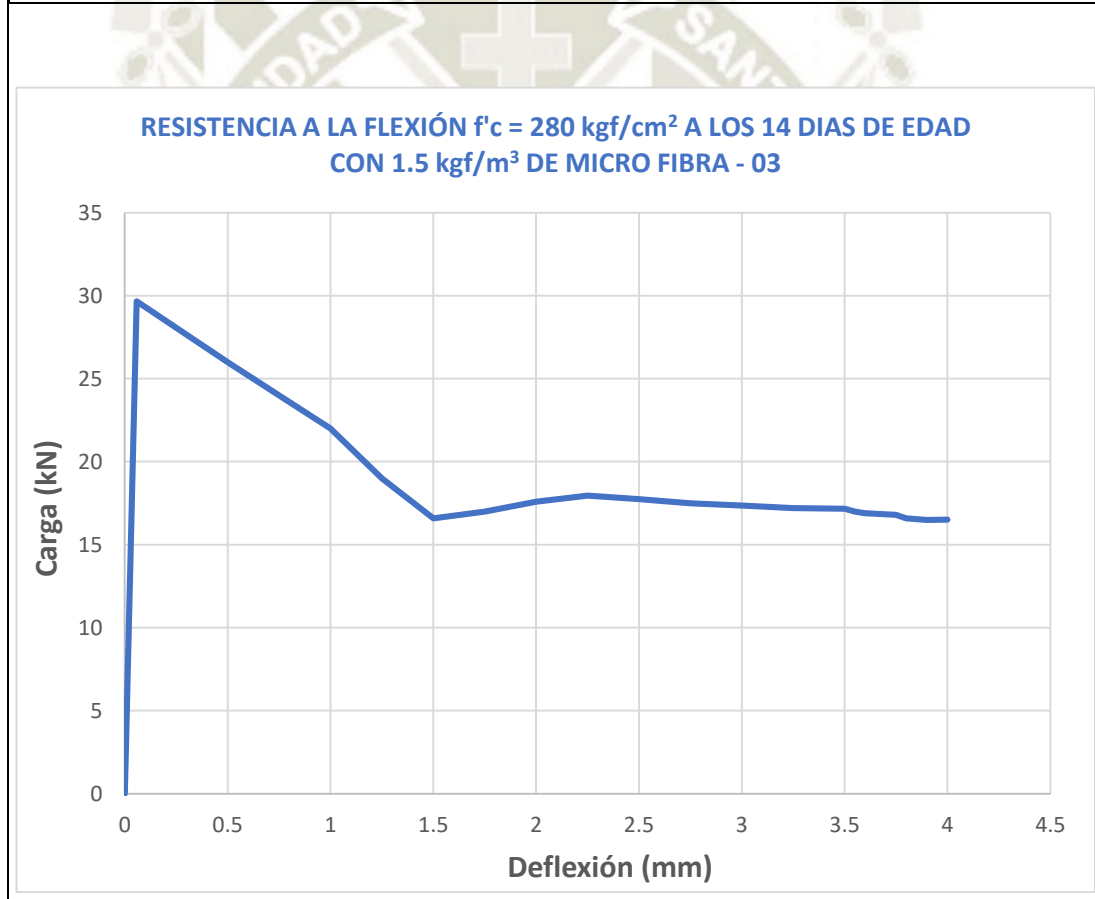
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 1.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 30.465 kN | Residual load (L/150): | 15.025 kN |
| First-Peak deflection: | 0.056 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.003 MPa |
| First-Peak strength: | 4.062 MPa | Residual load (L/600): | 16.753 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 2.234 MPa |
| Índice de dureza: | 51.440 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.051 % | | |

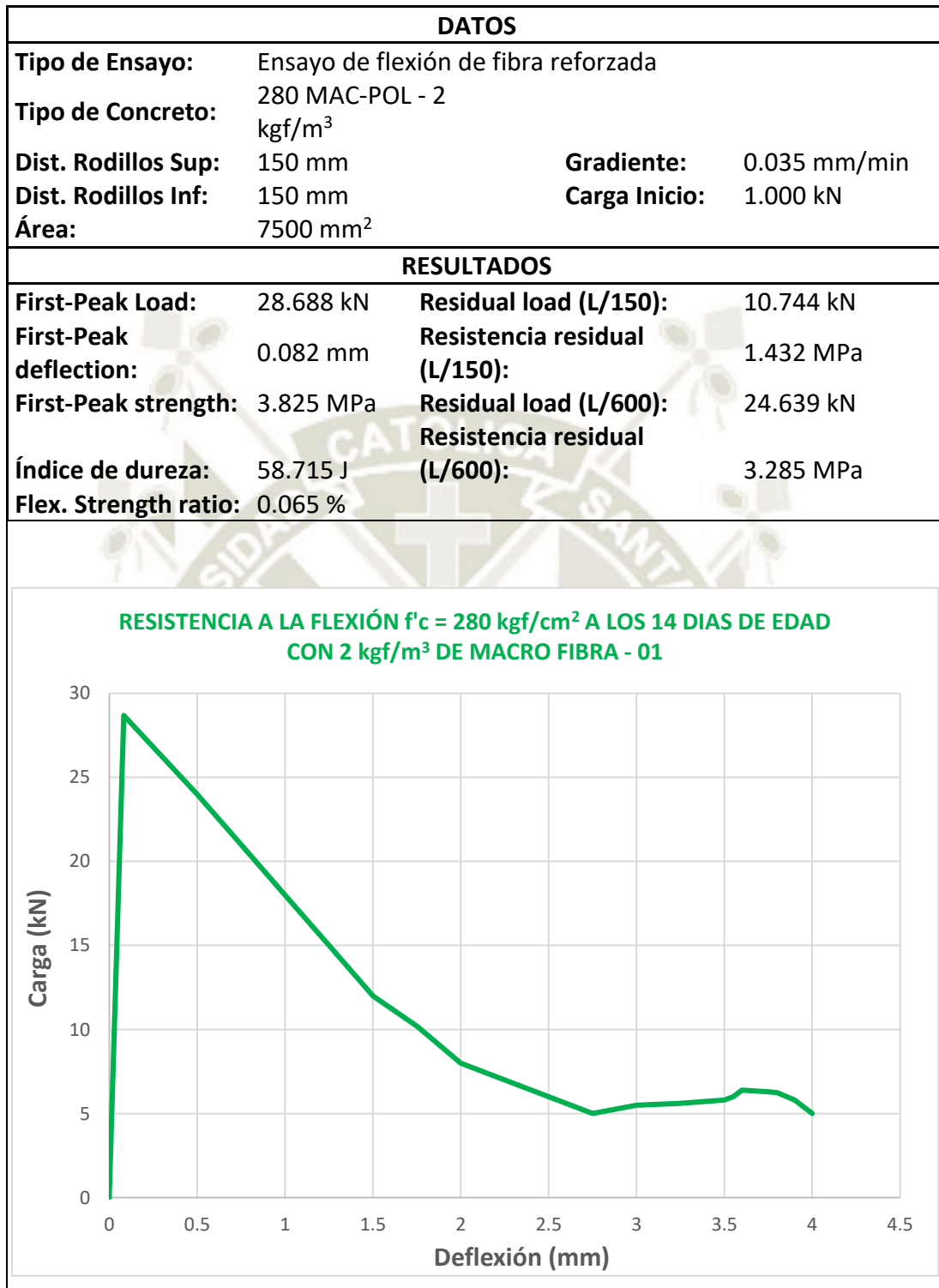


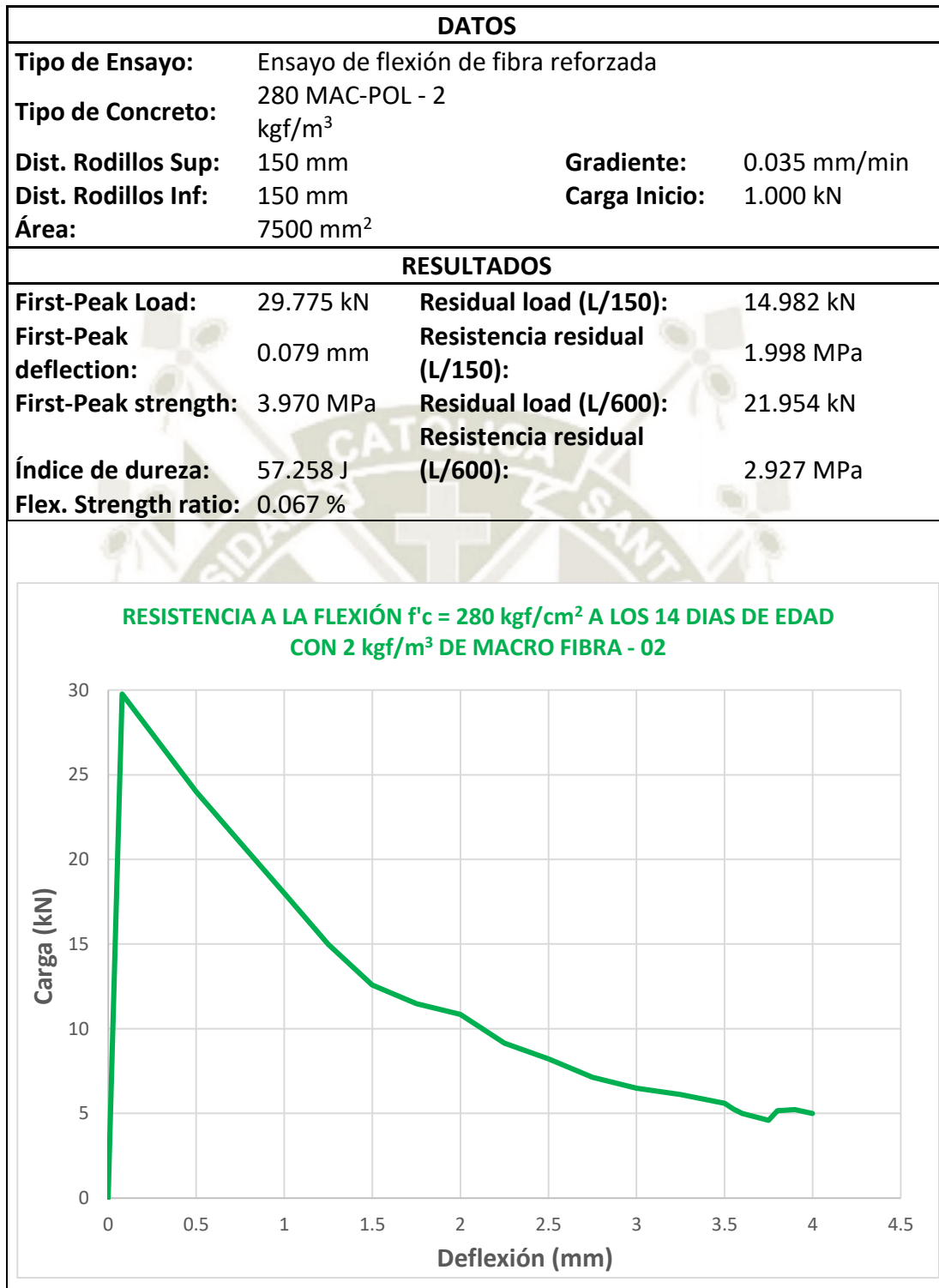
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 1.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 30.878 kN | Residual load (L/150): | 16.264 kN |
| First-Peak deflection: | 0.062 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.169 MPa |
| First-Peak strength: | 4.117 MPa | Residual load (L/600): | 17.392 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 2.319 MPa |
| Índice de dureza: | 51.645 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.052 % | | |

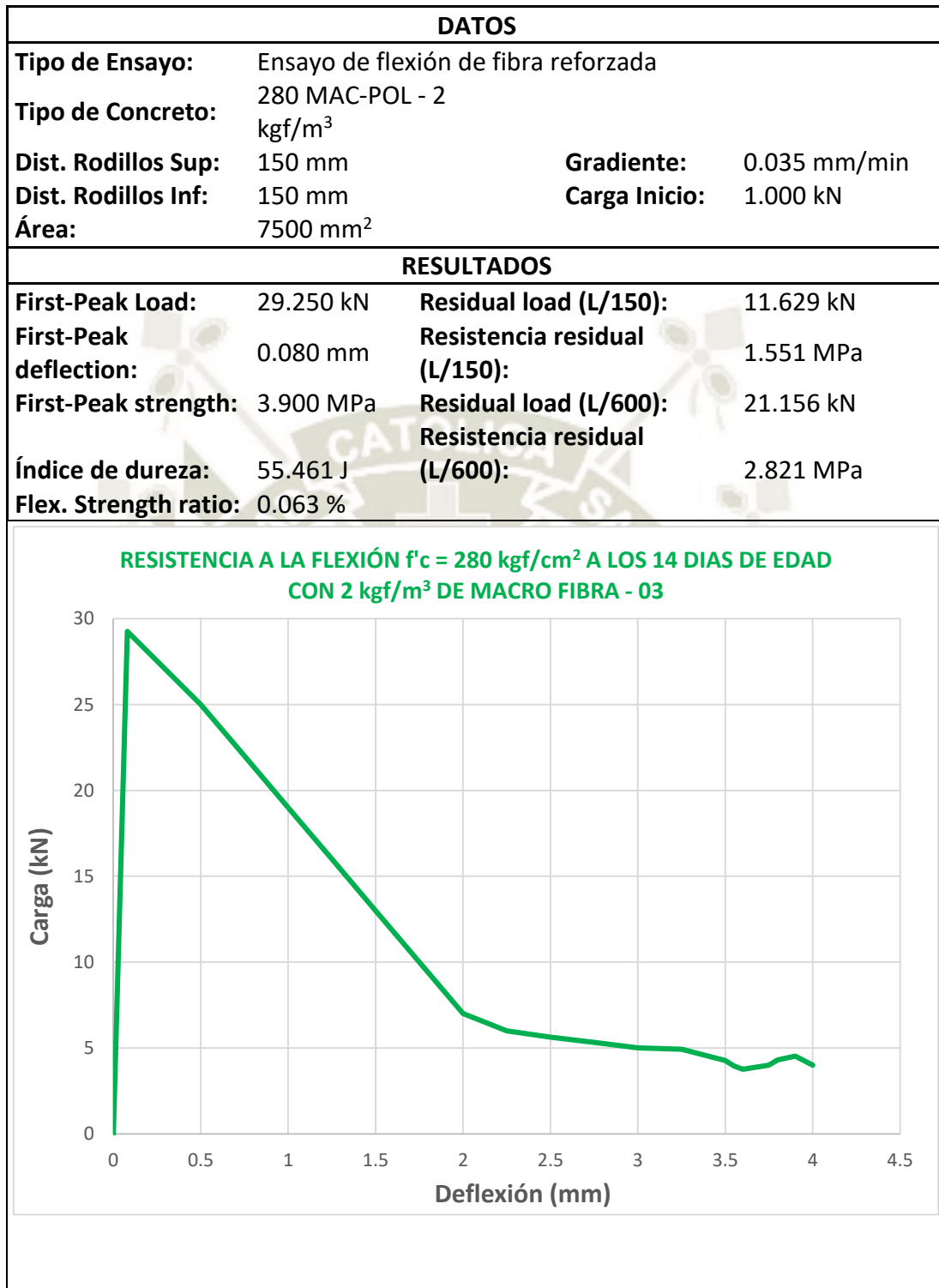


| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MIC-POL - 1.5 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 29.670 kN | Residual load (L/150): | 16.594 kN |
| First-Peak deflection: | 0.057 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.213 MPa |
| First-Peak strength: | 4.472 MPa | Residual load (L/600): | 17.369 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 2.316 MPa |
| Índice de dureza: | 52.861 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.053 % | | |

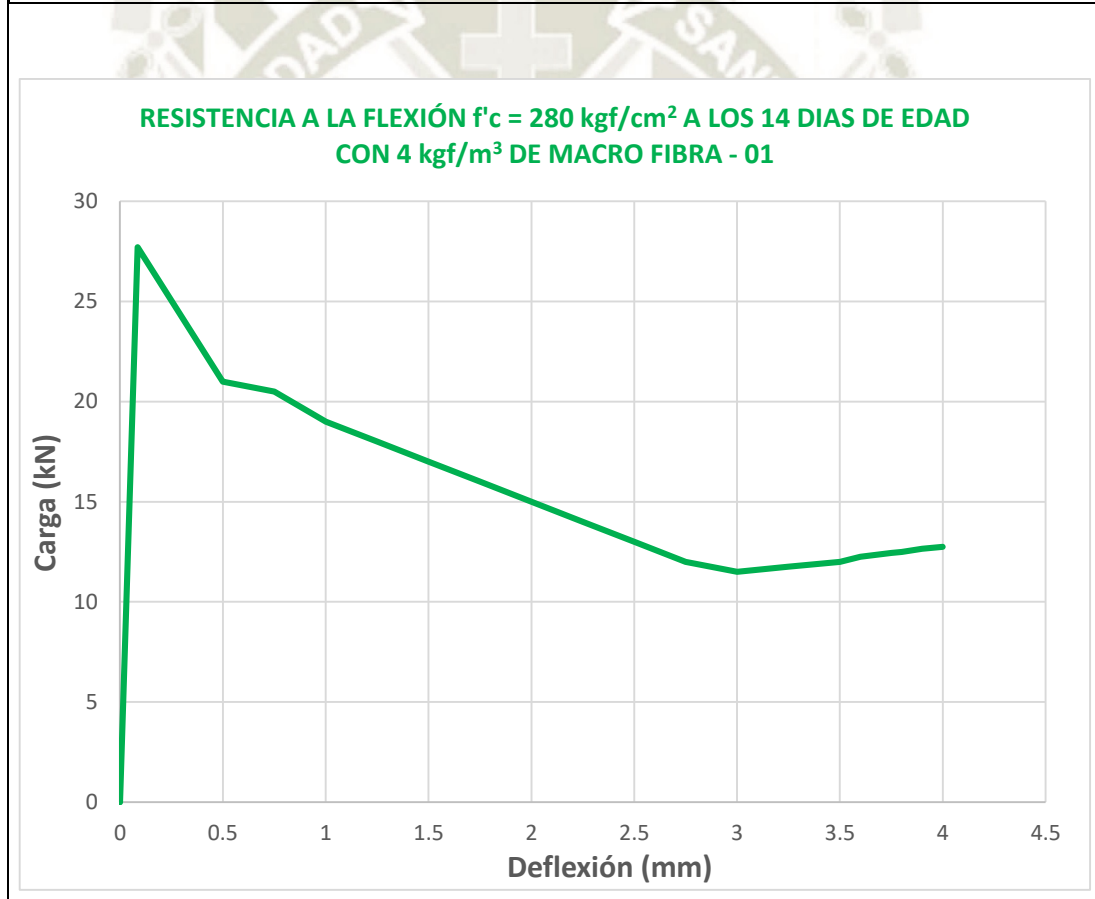






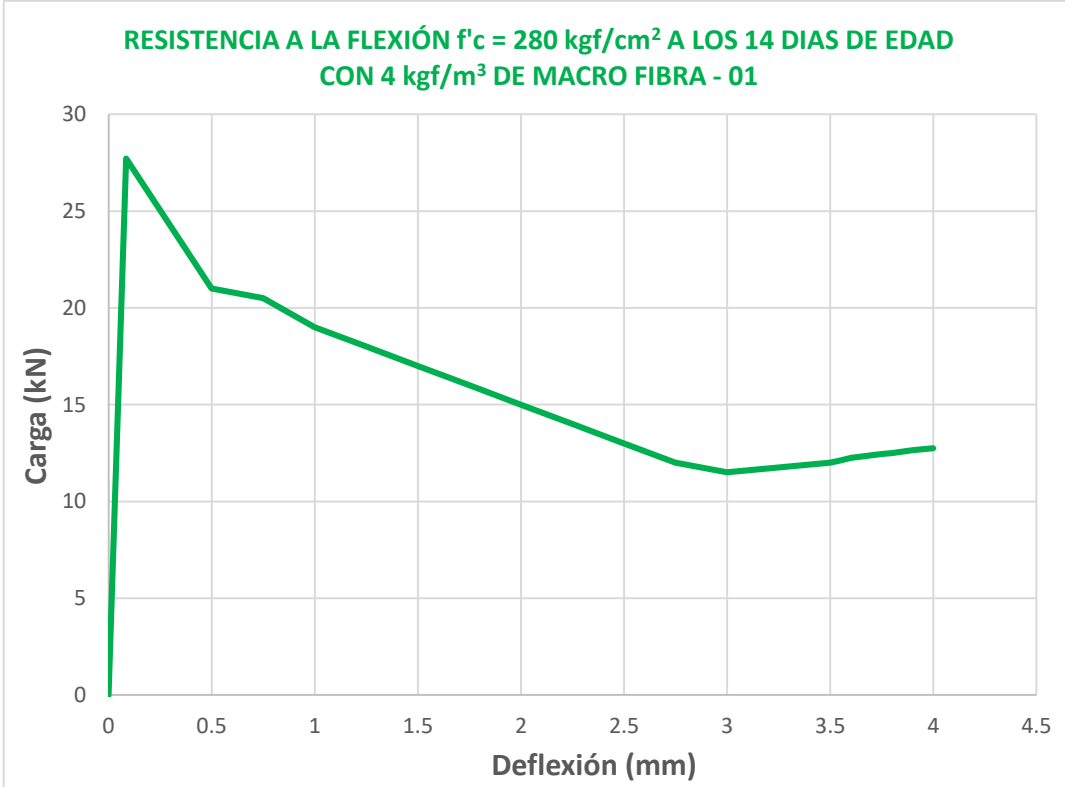


| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MAC-POL - 4 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 27.706 kN | Residual load (L/150): | 12.589 kN |
| First-Peak deflection: | 0.085 mm | Resistencia residual (L/150): | 1.679 MPa |
| First-Peak strength: | 3.694 MPa | Residual load (L/600): | 21.153 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 2.820 MPa |
| Índice de dureza: | 62.496 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.072 % | | |



| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MAC-POL - 4 | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 35.918 kN | Residual load (L/150): | 16.589 kN |
| First-Peak deflection: | 0.091 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.212 MPa |
| First-Peak strength: | 4.789 MPa | Residual load (L/600): | 24.149 kN |
| Índice de dureza: | 67.578 J | Resistencia residual (L/600): | 3.220 MPa |
| Flex. Strength ratio: | 0.081 % | | |

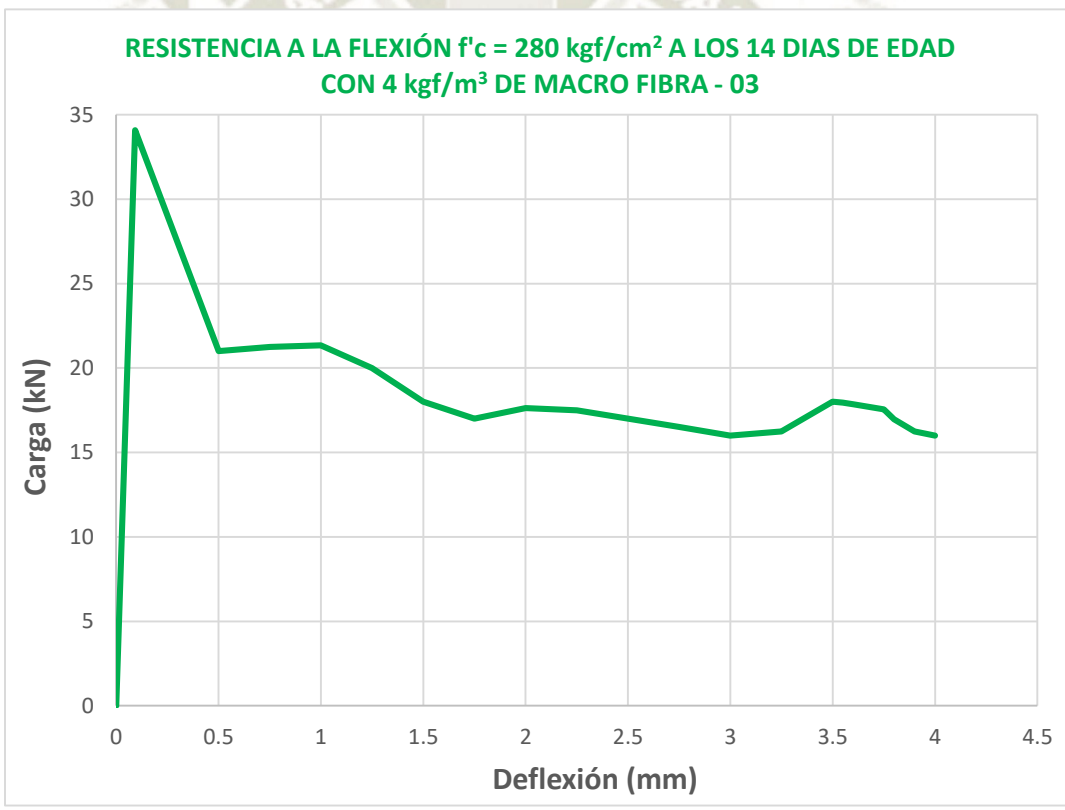
**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DIAS DE EDAD
CON 4 kgf/m^3 DE MACRO FIBRA - 01**



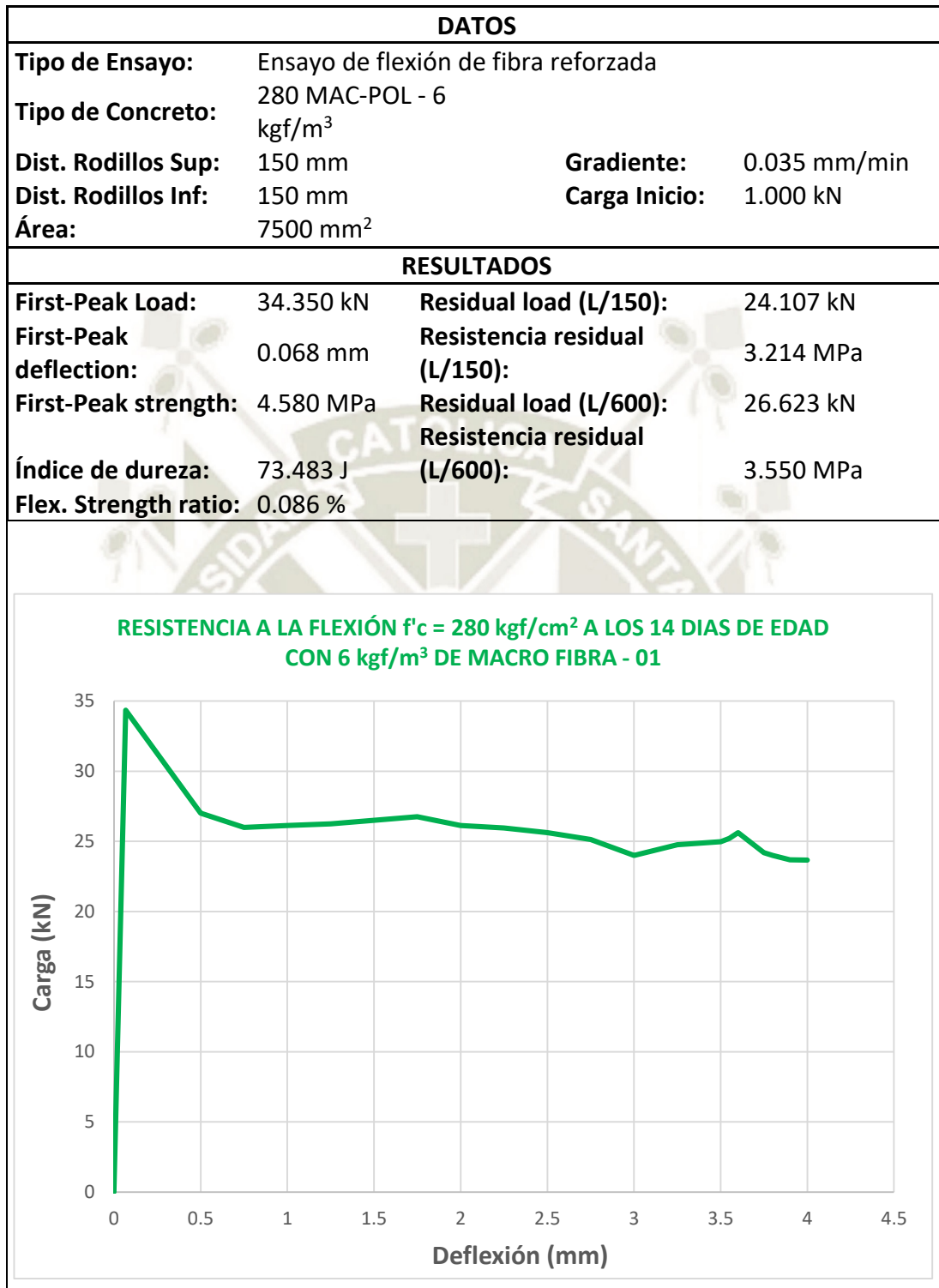
| Deflexión (mm) | Carga (kN) |
|----------------|------------|
| 0 | 0 |
| 0.091 | 28 |
| 0.5 | 21 |
| 1.0 | 19 |
| 1.5 | 17 |
| 2.0 | 15 |
| 2.5 | 13 |
| 3.0 | 12 |
| 3.5 | 12 |
| 4.0 | 13 |

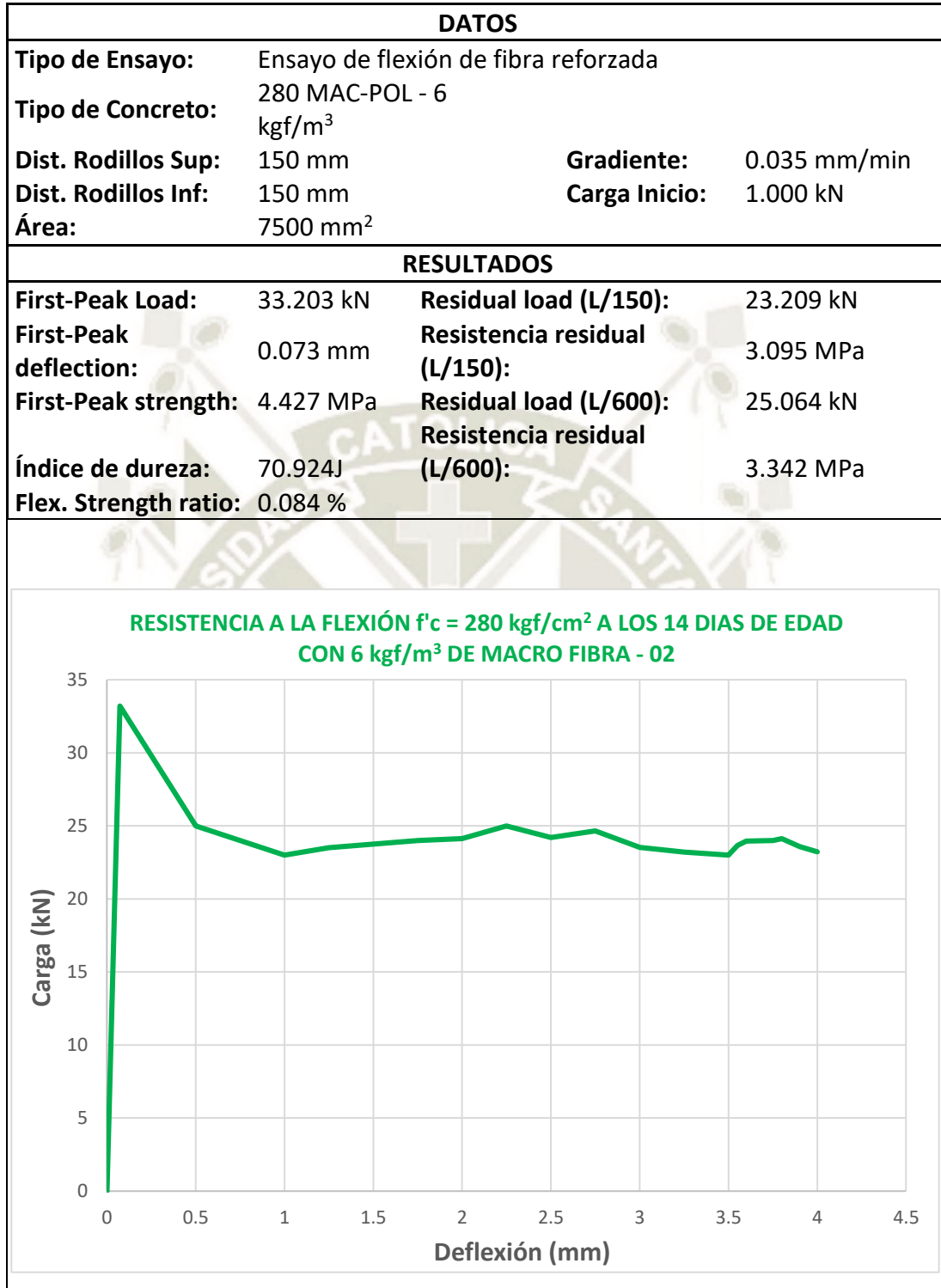
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MAC-POL - 4 | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 34.085 kN | Residual load (L/150): | 16.174 kN |
| First-Peak deflection: | 0.093 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.157 MPa |
| First-Peak strength: | 4.545 MPa | Residual load (L/600): | 23.954 kN |
| Índice de dureza: | 68.491 J | Resistencia residual (L/600): | 3.194 MPa |
| Flex. Strength ratio: | 0.086 % | | |

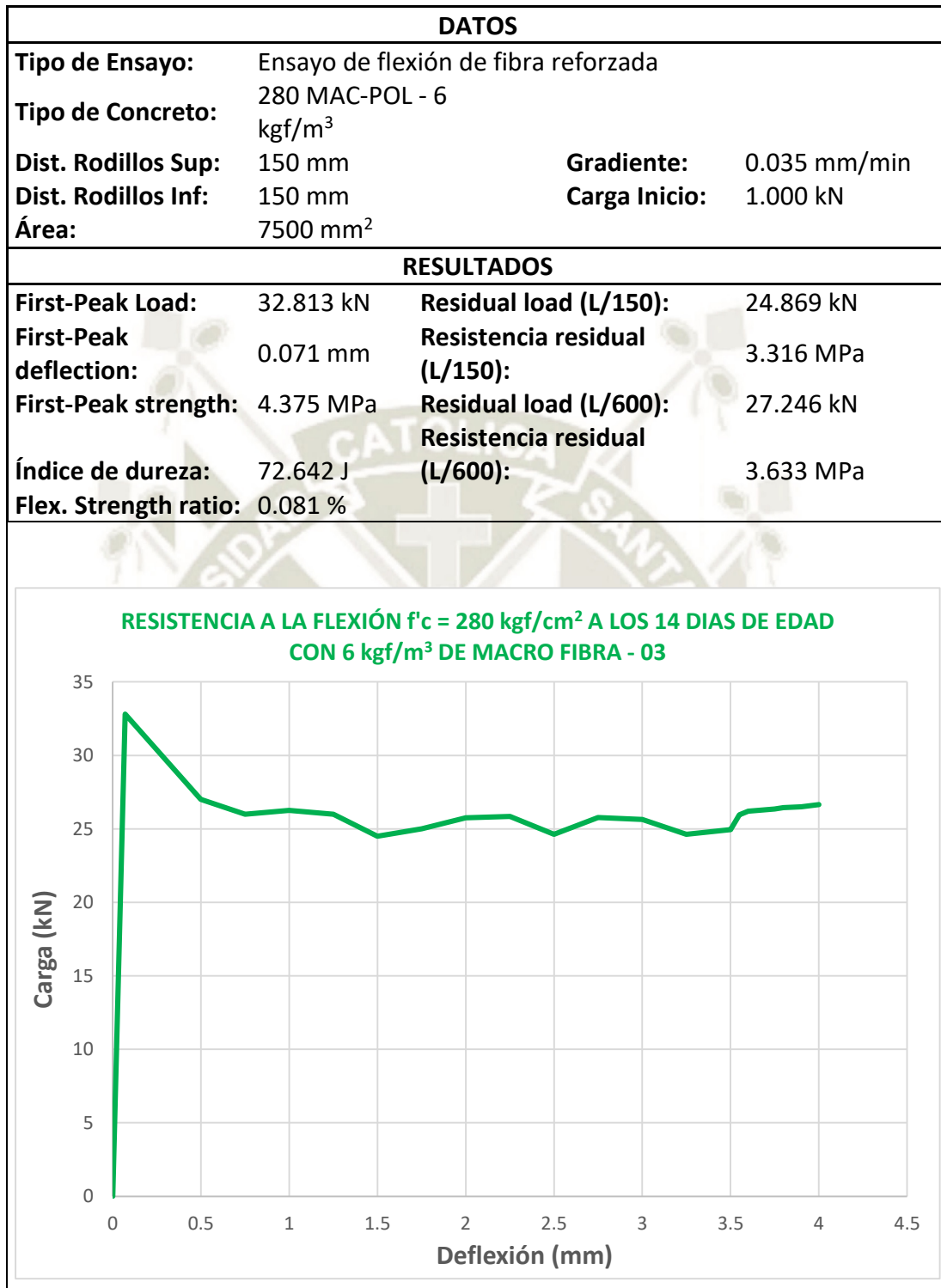
**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ A LOS 14 DIAS DE EDAD
CON 4 kgf/m^3 DE MACRO FIBRA - 03**



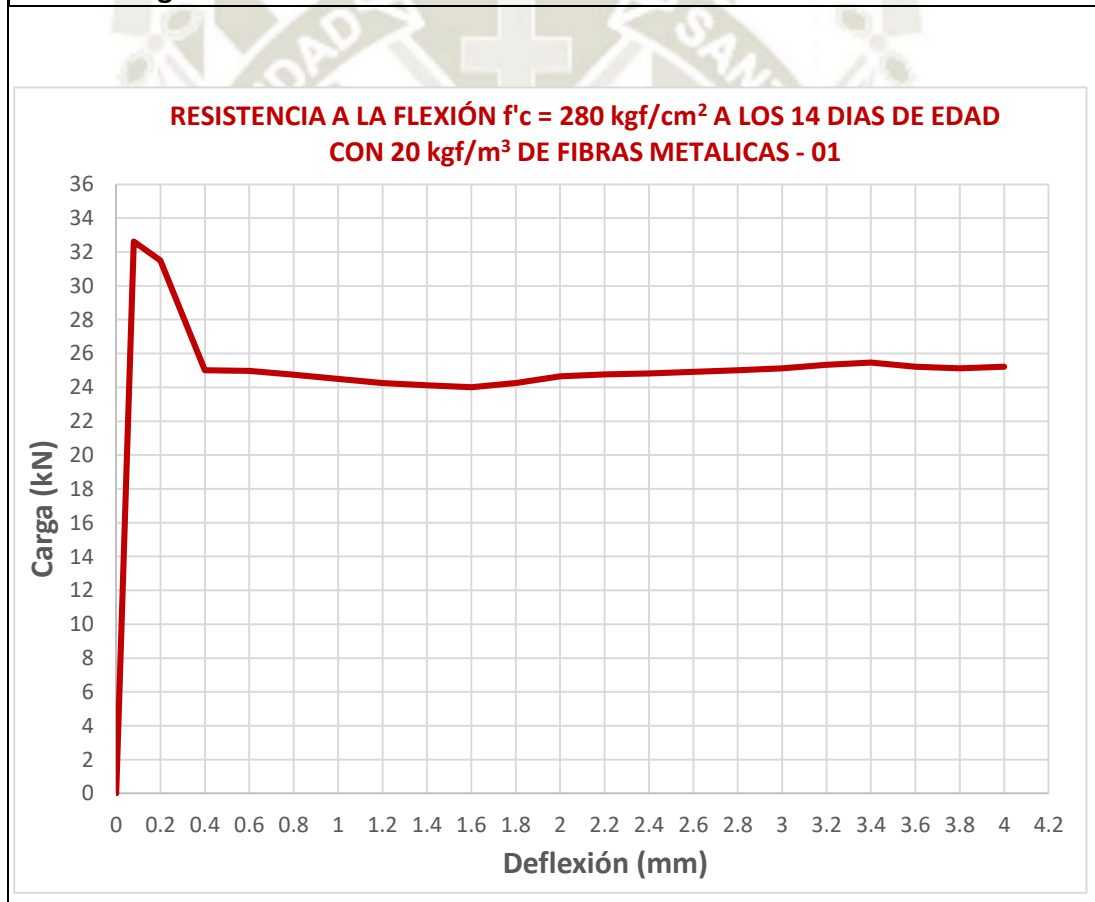
| Deflexión (mm) | Carga (kN) |
|----------------|------------|
| 0.0 | 0.0 |
| 0.093 | 34.085 |
| 0.5 | 21.0 |
| 1.0 | 21.5 |
| 1.5 | 18.0 |
| 2.0 | 17.5 |
| 3.0 | 16.0 |
| 3.5 | 18.0 |
| 4.0 | 16.0 |







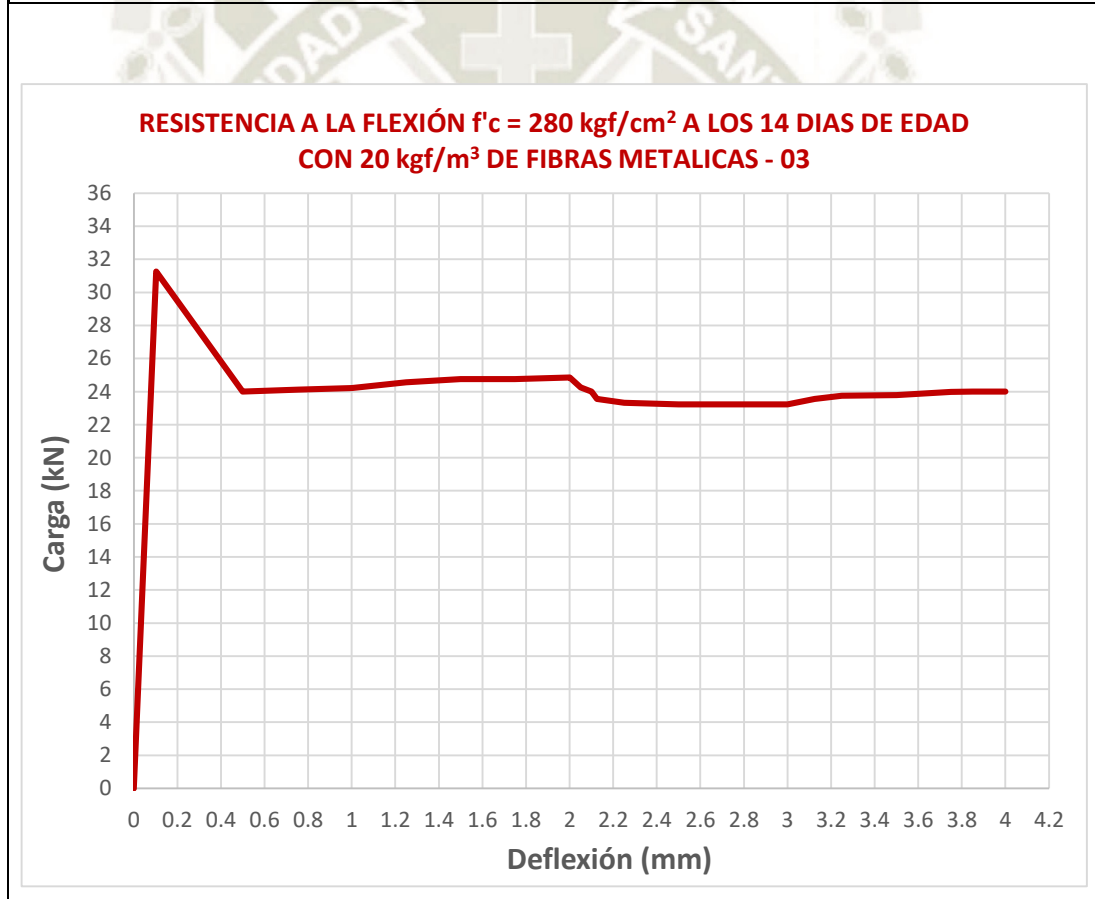
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 20 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 32.618 kN | Residual load (L/150): | 24.086 kN |
| First-Peak deflection: | 0.079 mm | Resistencia residual (L/150): | 3.210 MPa |
| First-Peak strength: | 4.349 MPa | Residual load (L/600): | 25.456 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 3.394 MPa |
| Índice de dureza: | 49.489 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.075 % | | |



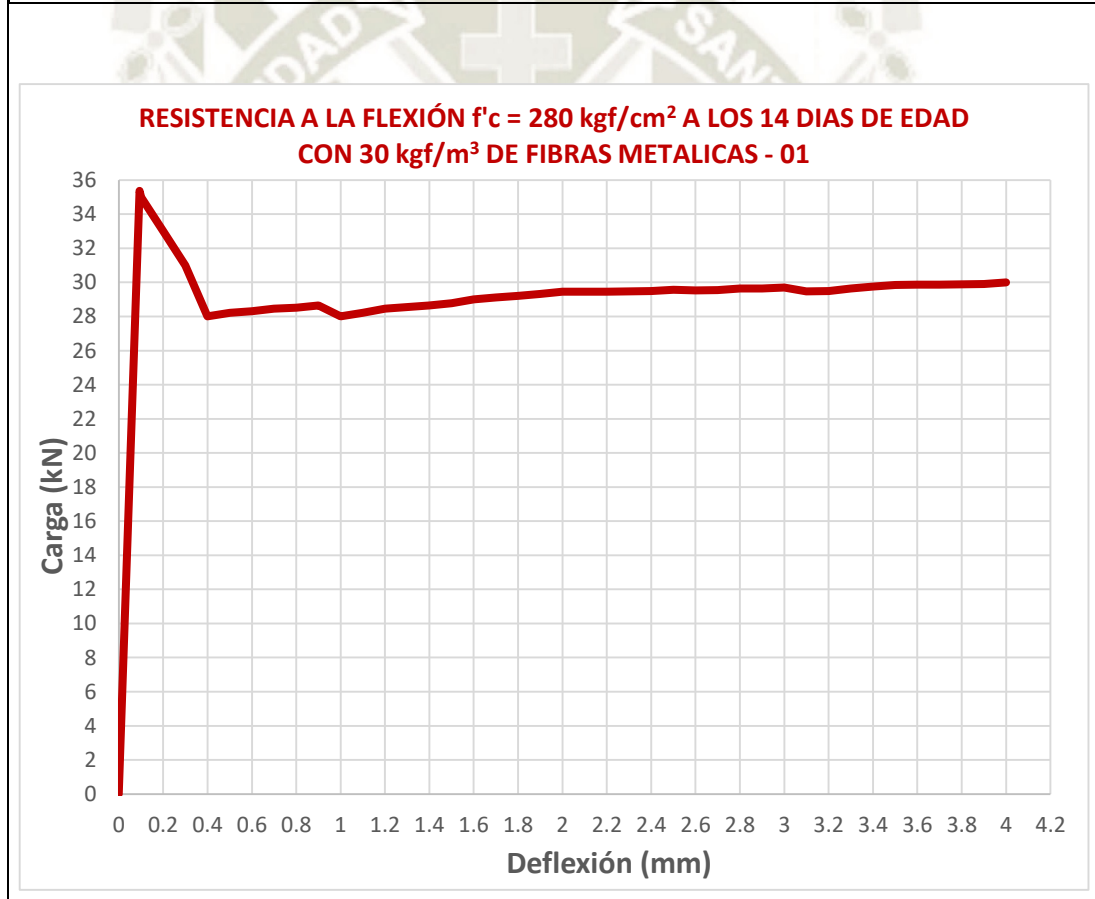
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 20 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 30.728 kN | Residual load (L/150): | 20.950 kN |
| First-Peak deflection: | 0.092 mm | Resistencia residual (L/150): | 2.793 MPa |
| First-Peak strength: | 4.097 MPa | Residual load (L/600): | 21.264 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 2.835 MPa |
| Índice de dureza: | 49.484 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.073 % | | |



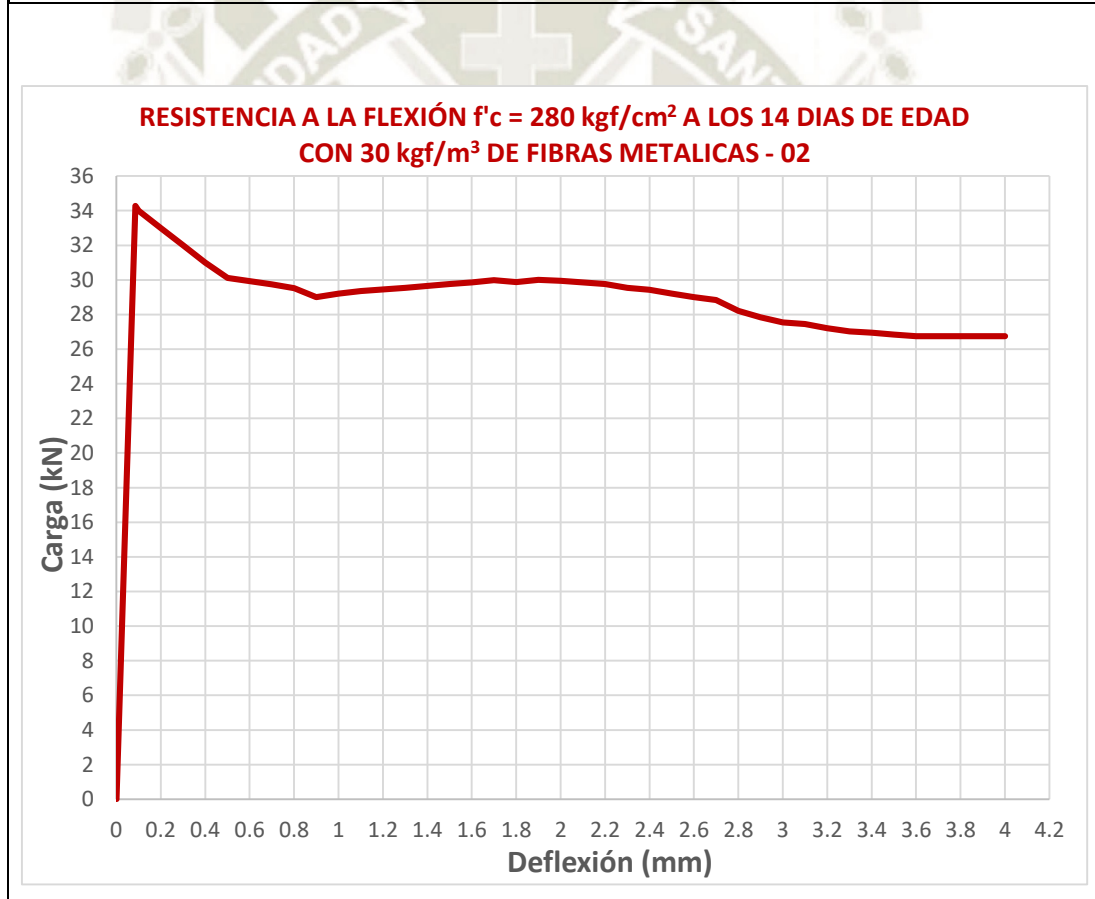
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 20 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 31.260 kN | Residual load (L/150): | 23.223 kN |
| First-Peak deflection: | 0.103 mm | Resistencia residual (L/150): | 3.096 MPa |
| First-Peak strength: | 4.168 MPa | Residual load (L/600): | 23.756 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 3.167 MPa |
| Índice de dureza: | 48.761 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.077 % | | |



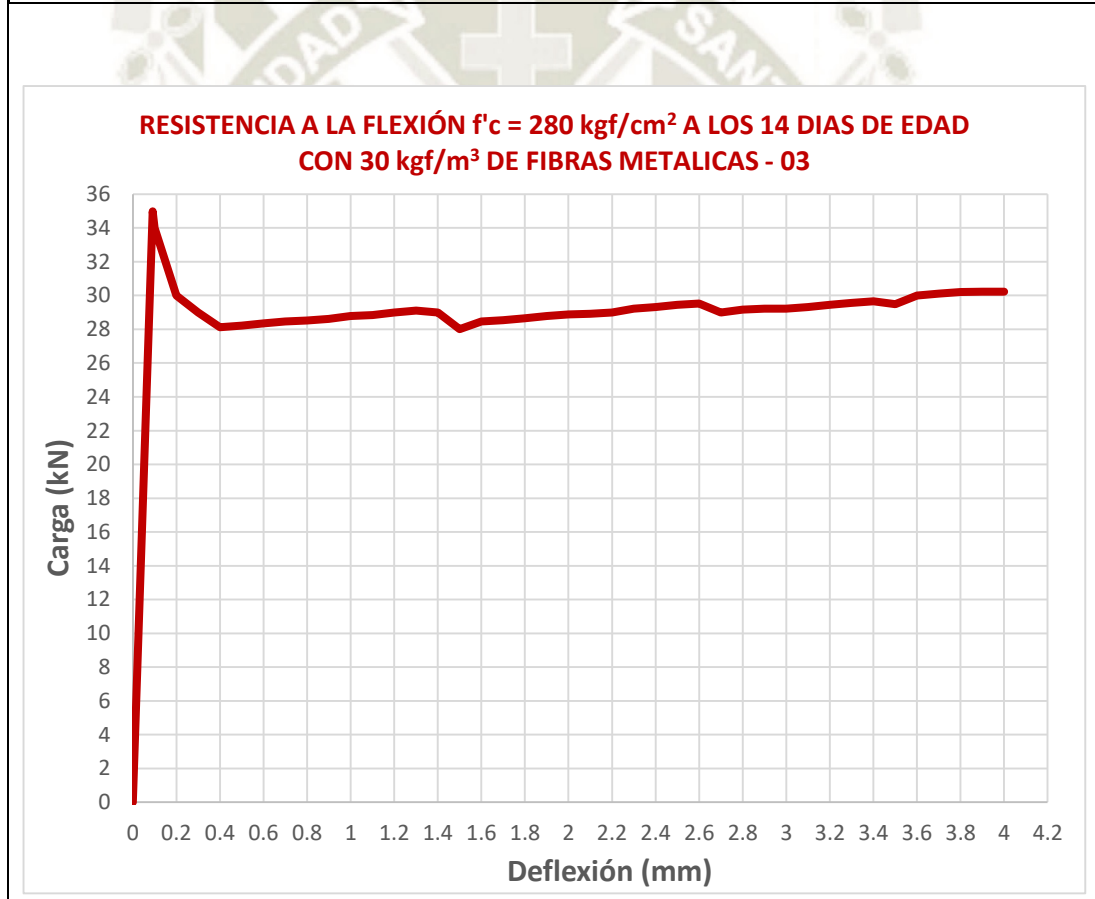
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 30 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 35.363 kN | Residual load (L/150): | 28.761 kN |
| First-Peak deflection: | 0.093 mm | Resistencia residual (L/150): | 3.835 MPa |
| First-Peak strength: | 4.715 MPa | Residual load (L/600): | 29.452 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 3.927 MPa |
| Índice de dureza: | 62.456 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.083 % | | |



| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 30 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 34.275 kN | Residual load (L/150): | 29.729 kN |
| First-Peak deflection: | 0.086 mm | Resistencia residual (L/150): | 3.964 MPa |
| First-Peak strength: | 4.570 MPa | Residual load (L/600): | 30.017 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 4.002 MPa |
| Índice de dureza: | 55.189 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.087 % | | |



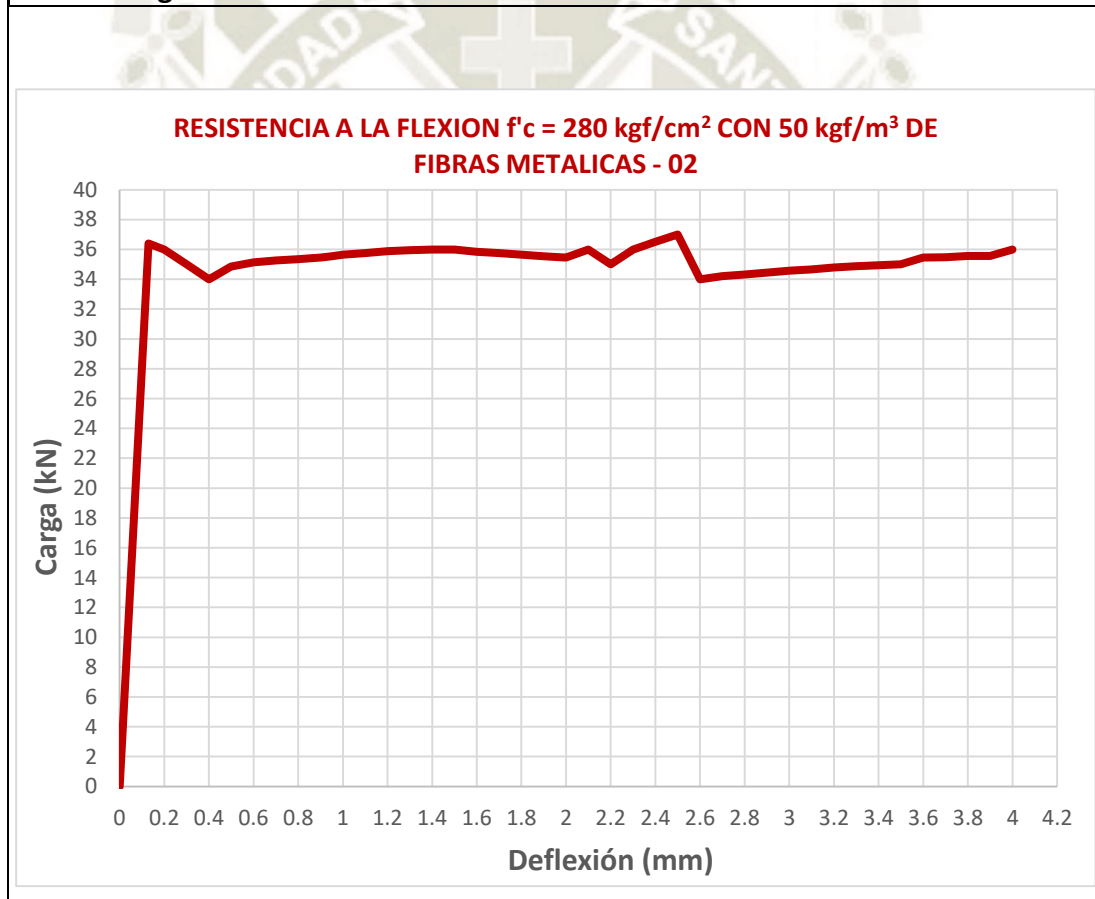
| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 30 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 31.26 kN | Residual load (L/150): | 29.056 kN |
| First-Peak deflection: | 0.091 mm | Resistencia residual (L/150): | 3.874 MPa |
| First-Peak strength: | 4.168 MPa | Residual load (L/600): | 29.515 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 3.935 MPa |
| Índice de dureza: | 65.786 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.081 % | | |



| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 50 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 35.093 kN | Residual load (L/150): | 33.485 kN |
| First-Peak deflection: | 0.140 mm | Resistencia residual (L/150): | 4.465 MPa |
| First-Peak strength: | 4.679 MPa | Residual load (L/600): | 34.455 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 4.594 MPa |
| Índice de dureza: | 80.194 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.106 % | | |

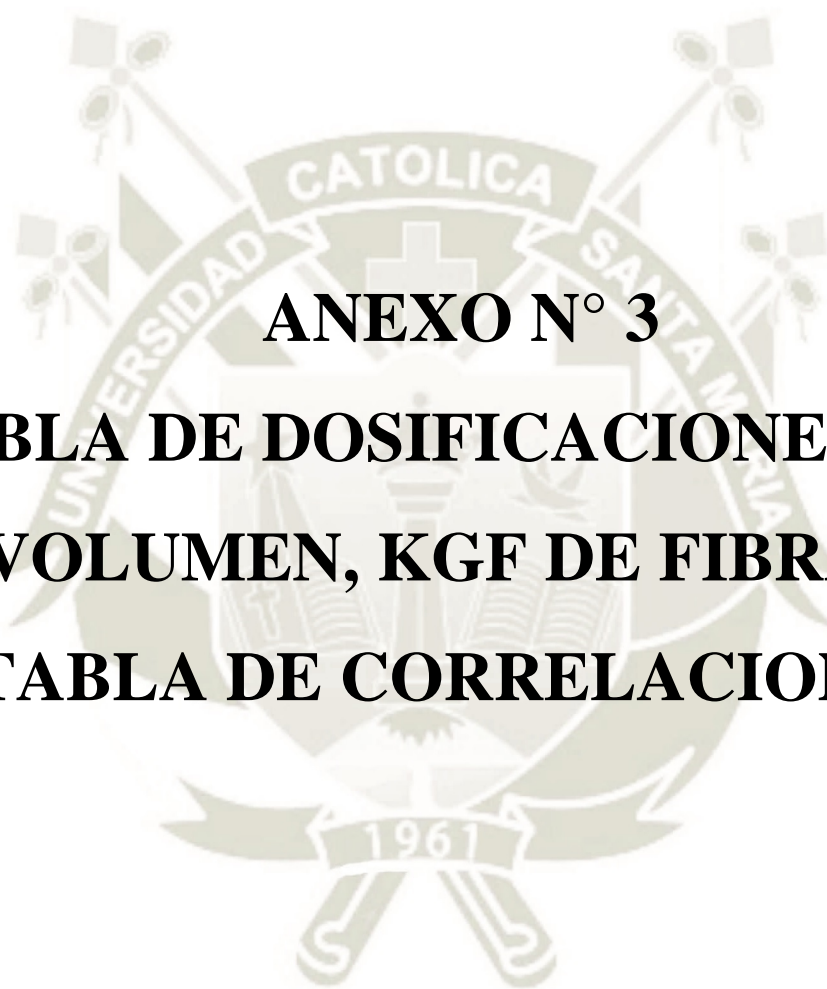


| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 50 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 36.398 kN | Residual load (L/150): | 34.015 kN |
| First-Peak deflection: | 0.129 mm | Resistencia residual (L/150): | 4.535 MPa |
| First-Peak strength: | 4.853 MPa | Residual load (L/600): | 35.984 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 4.798 MPa |
| Índice de dureza: | 82.319 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.111 % | | |



| DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tipo de Ensayo: | Ensayo de flexión de fibra reforzada | | |
| Tipo de Concreto: | 280 MET - 50 kgf/m ³ | | |
| Dist. Rodillos Sup: | 150 mm | Gradiente: | 0.035 mm/min |
| Dist. Rodillos Inf: | 150 mm | Carga Inicio: | 1.000 kN |
| Área: | 7500 mm ² | | |
| RESULTADOS | | | |
| First-Peak Load: | 33.885 kN | Residual load (L/150): | 30.126 kN |
| First-Peak deflection: | 0.091 mm | Resistencia residual (L/150): | 4.017 MPa |
| First-Peak strength: | 4.518 MPa | Residual load (L/600): | 30.870 kN |
| | | Resistencia residual (L/600): | 4.116 MPa |
| Índice de dureza: | 79.431 J | | |
| Flex. Strength ratio: | 0.102 % | | |





ANEXO N° 3

**TABLA DE DOSIFICACIONES POR
VOLUMEN, KGF DE FIBRA Y
TABLA DE CORRELACIONES**

TABLA DE DOSIFICACIONES POR VOLUMEN

| Dosificaciones para 1 m ³ | | | | | | |
|---|--------------|-------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Tipo de Concreto | Cemento (kg) | Piedra (kg) | Arena (kg) | Agua (lt) | Aditivo (lt) | Fibra (kg) |
| f'c = 300 kgf/cm² CC | 404.26 | 1014.49 | 741.18 | 199.81 | 1.62 | - |
| f'c = 300 kgf/cm² + MIC-POL | 404.26 | 1014.49 | 736.18 | 199.79 | 2.02 | 1 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MAC-POL | 404.26 | 1014.49 | 741.18 | 199.81 | 1.62 | 4 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MET | 404.26 | 1014.49 | 736.68 | 199.79 | 1.82 | 30 |
| f'c = 300 kgf/cm² CC | 422.22 | 1014.49 | 724.35 | 199.71 | 1.90 | - |
| f'c = 300 kgf/cm² + MIC-POL | 422.22 | 1014.49 | 718.62 | 199.67 | 2.32 | 1 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MAC-POL | 422.22 | 1014.49 | 719.14 | 199.68 | 2.11 | 4 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MET | 422.22 | 1014.49 | 719.14 | 199.68 | 2.11 | 30 |
| f'c = 300 kgf/cm² CC | 475 | 1014.49 | 674.93 | 199.39 | 2.85 | - |
| f'c = 300 kgf/cm² + MIC-POL | 475 | 1014.49 | 667.30 | 199.34 | 3.09 | 1 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MAC-POL | 475 | 1014.49 | 668.48 | 199.35 | 2.61 | 4 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MET | 475 | 1014.49 | 674.93 | 199.39 | 2.85 | 30 |
| f'c = 300 kgf/cm² CC | 612.90 | 1014.49 | 545.80 | 198.56 | 4.60 | - |
| f'c = 300 kgf/cm² + MIC-POL | 612.90 | 1014.49 | 533.69 | 198.48 | 4.90 | 1 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MAC-POL | 612.90 | 1014.49 | 545.80 | 198.56 | 4.60 | 4 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MET | 612.90 | 1014.49 | 545.80 | 198.56 | 4.60 | 30 |

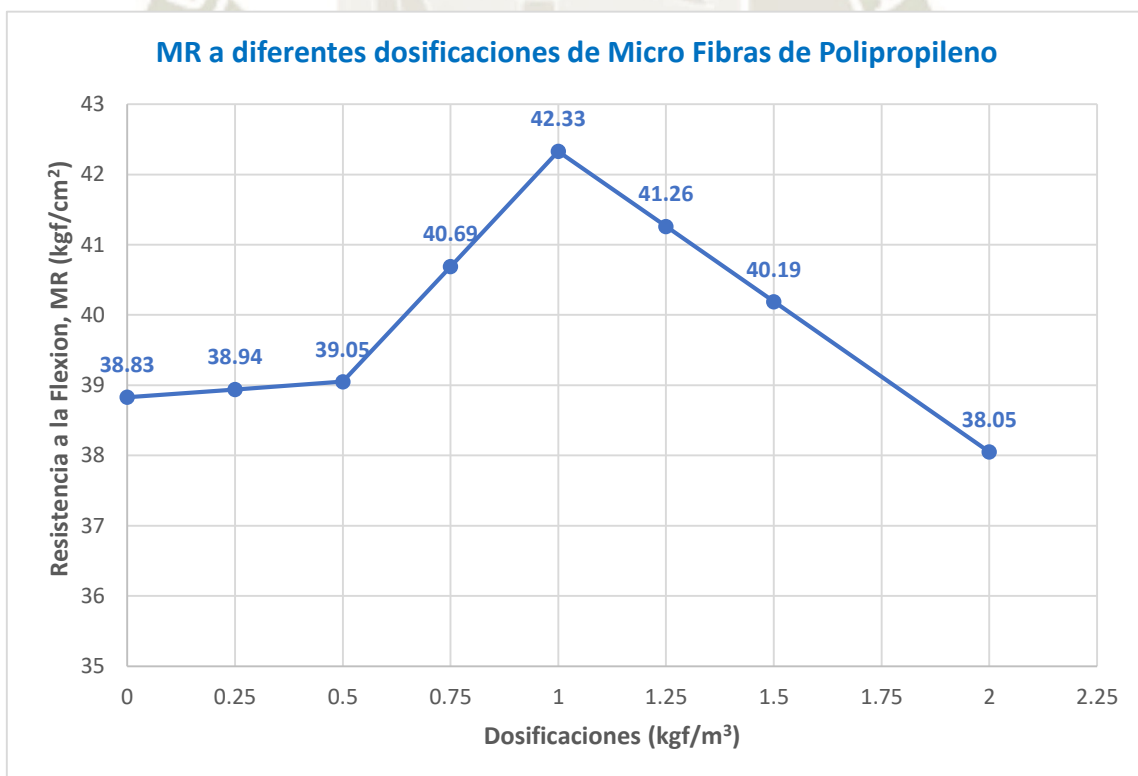
| Dosificaciones proporción en peso | | | | | | |
|---|---------|--------|-------|------|---------|---------|
| Tipo de Concreto | Cemento | Piedra | Arena | Agua | Aditivo | Fibra |
| f'c = 280 kgf/cm² CC | 1 | 2.51 | 1.83 | 0.49 | 0.40% | - |
| f'c = 280 kgf/cm² + MIC-POL | 1 | 2.51 | 1.82 | 0.49 | 0.50% | 0.0025 |
| f'c = 280 kgf/cm² + MAC-POL | 1 | 2.51 | 1.83 | 0.49 | 0.40% | 0.0099 |
| f'c = 280 kgf/cm² + MET | 1 | 2.51 | 1.82 | 0.49 | 0.45% | 0.0742 |
| f'c = 300 kgf/cm² CC | 1 | 2.40 | 1.72 | 0.47 | 0.45% | - |
| f'c = 300 kgf/cm² + MIC-POL | 1 | 2.40 | 1.70 | 0.47 | 0.55% | 0.0024 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MAC-POL | 1 | 2.40 | 1.70 | 0.47 | 0.50% | 0.0095 |
| f'c = 300 kgf/cm² + MET | 1 | 2.40 | 1.70 | 0.47 | 0.50% | 0.0711 |
| f'c = 350 kgf/cm² CC | 1 | 2.14 | 1.42 | 0.42 | 0.60% | - |
| f'c = 350 kgf/cm² + MIC-POL | 1 | 2.14 | 1.40 | 0.42 | 0.65% | 0.0021 |
| f'c = 350 kgf/cm² + MAC-POL | 1 | 2.14 | 1.41 | 0.42 | 0.55% | 0.0084 |
| f'c = 350 kgf/cm² + MET | 1 | 2.14 | 1.42 | 0.42 | 0.60% | 0.0632 |
| f'c = 420 kgf/cm² CC | 1 | 1.66 | 0.89 | 0.32 | 0.75% | - |
| f'c = 420 kgf/cm² + MIC-POL | 1 | 1.66 | 0.87 | 0.32 | 0.80% | 0.0016 |
| f'c = 420 kgf/cm² + MAC-POL | 1 | 1.66 | 0.89 | 0.32 | 0.75% | 0.0065 |
| f'c = 420 kgf/cm² + MET | 1 | 1.66 | 0.89 | 0.32 | 0.75% | 0.04895 |

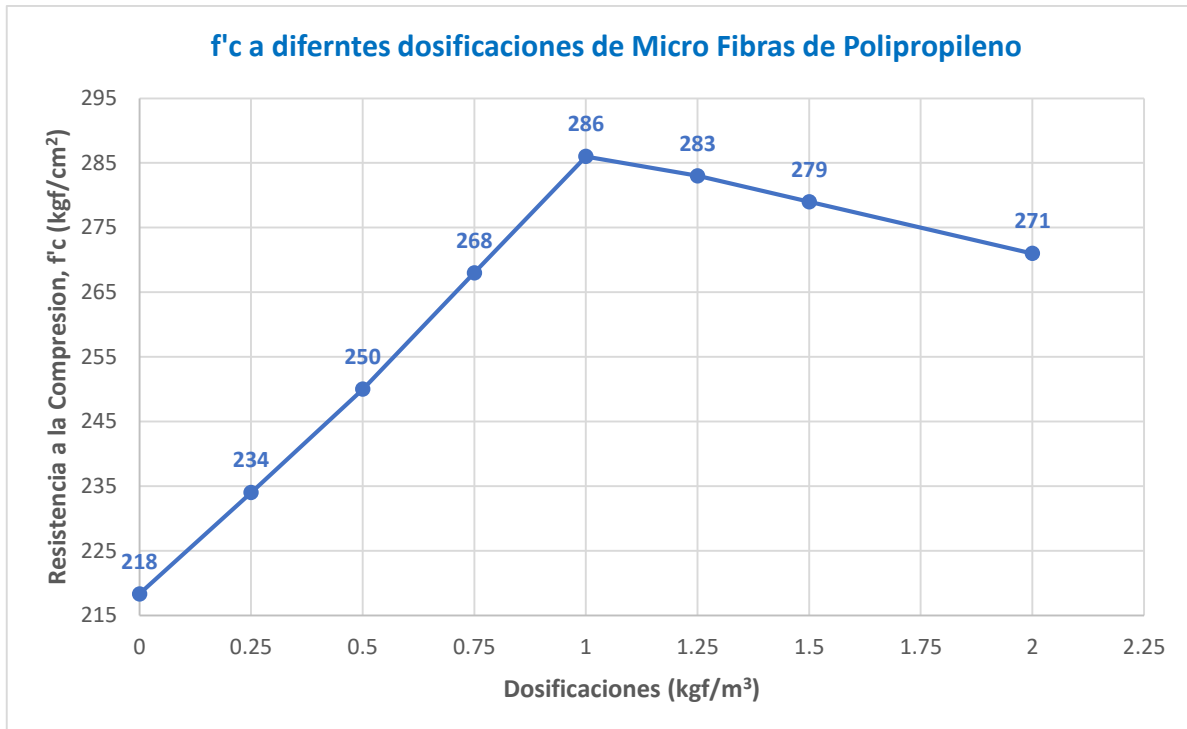
TABLA DE DOSIFICACIONES POR RESISTENCIA

DIFERENTES DOSIFICACIONES PARA FIBRAS DE POLIPROPILENO

| | Dosificaciones (kgf/m³) | MR (kgf/cm²) | f'c (kgf/cm²) |
|---|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| Micro Fibra de Polipropileno | 0 | 38.83 | 218 |
| | 0.25 | 38.94 | 234 |
| | 0.5 | 39.05 | 250 |
| | 0.75 | 40.69 | 268 |
| | 1 | 42.33 | 286 |
| | 1.25 | 41.26 | 283 |
| | 1.5 | 40.19 | 279 |
| | 2 | 38.05 | 271 |

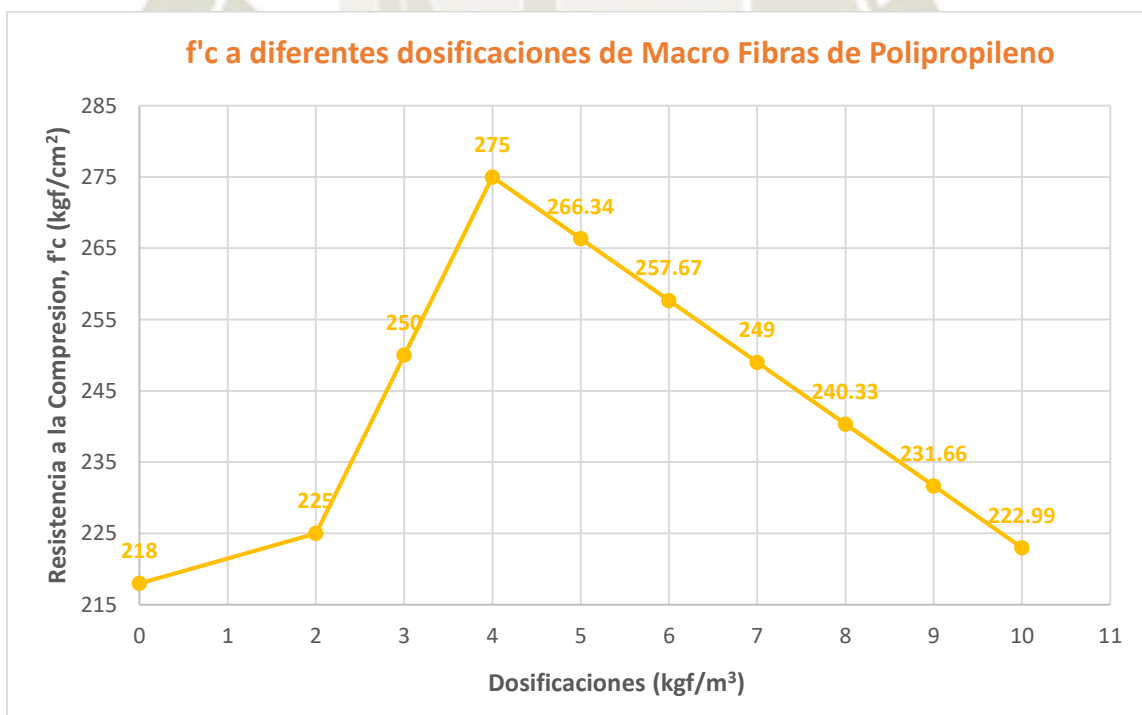
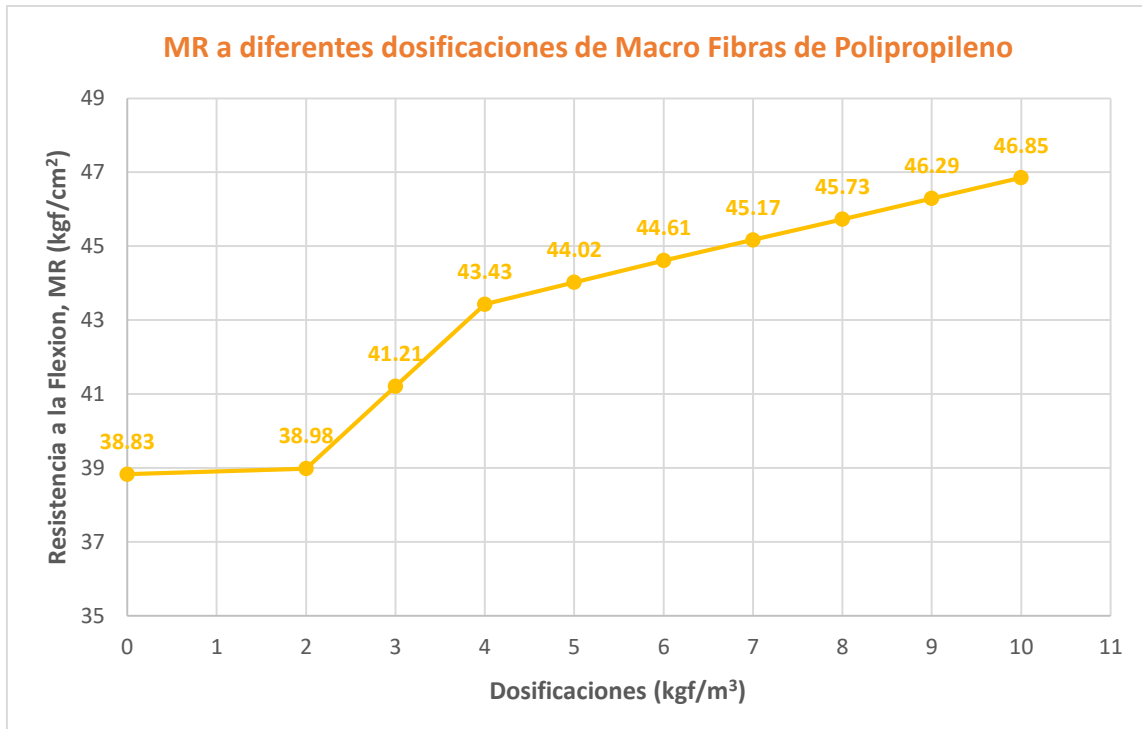
*Las resistencias para las diferentes dosificaciones fueron halladas mediante interpolación lineal a los 7 días de edad para f'c y a los 14 días para MR.





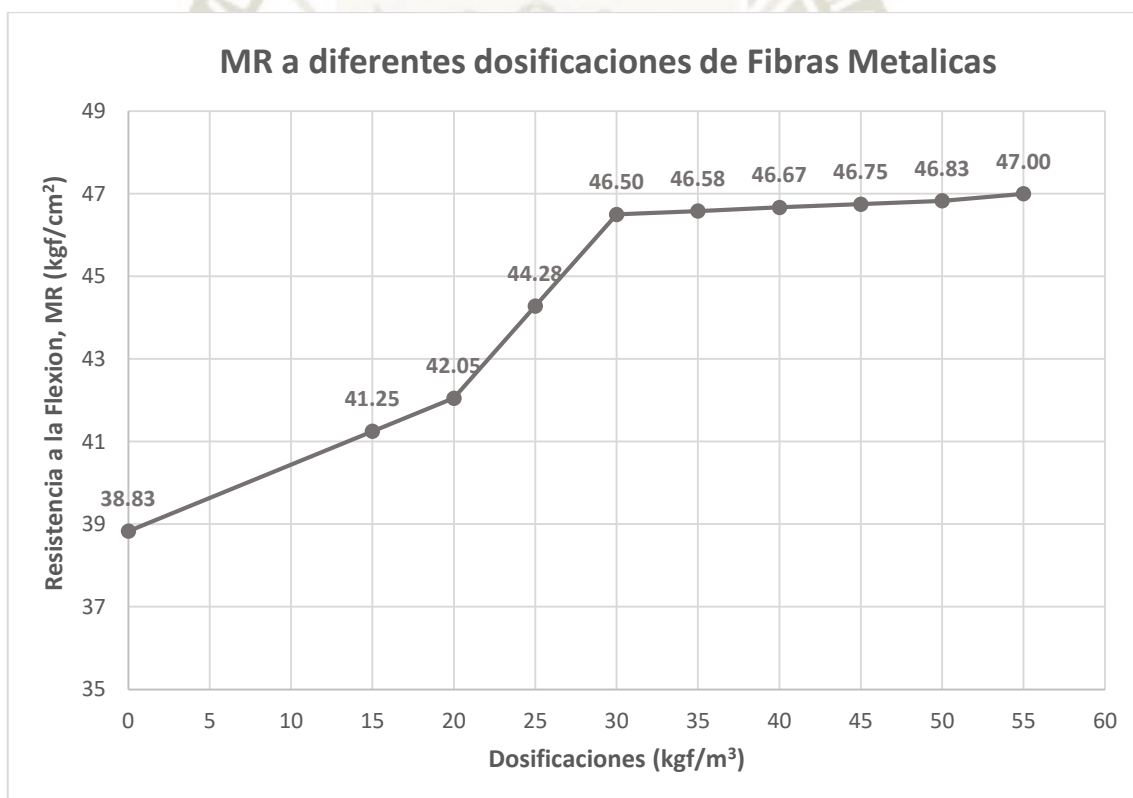
| | Dosificaciones (kgf/m ³) | MR (kgf/cm ²) | f'c (kgf/cm ²) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Macro Fibra de Polipropileno | 0 | 38.83 | 218 |
| | 2 | 38.98 | 225 |
| | 3 | 41.21 | 250 |
| | 4 | 43.43 | 275 |
| | 5 | 44.02 | 266.34 |
| | 6 | 44.61 | 257.67 |
| | 7 | 45.17 | 249 |
| | 8 | 45.73 | 240.33 |
| | 9 | 46.29 | 231.66 |
| | 10 | 46.85 | 222.99 |

*Las resistencias para las diferentes dosificaciones fueron halladas mediante interpolación lineal a los 7 días de edad para f'c y a los 14 días para MR.



| | Dosificaciones (kgf/m ³) | MR (kgf/cm ²) | f'c (kgf/cm ²) |
|-----------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| Fibras Metálicas | 0 | 38.83 | 218 |
| | 15 | 41.25 | 255 |
| | 20 | 42.05 | 267.33 |
| | 25 | 44.28 | 271.50 |
| | 30 | 46.50 | 275.67 |
| | 35 | 46.58 | 278.59 |
| | 40 | 46.67 | 281.50 |
| | 45 | 46.75 | 284.41 |
| | 50 | 46.83 | 287.33 |
| | 55 | 47.00 | 290.25 |

*Las resistencias para las diferentes dosificaciones fueron halladas mediante interpolación lineal a los 7 días de edad para f'c y a los 14 días para MR.



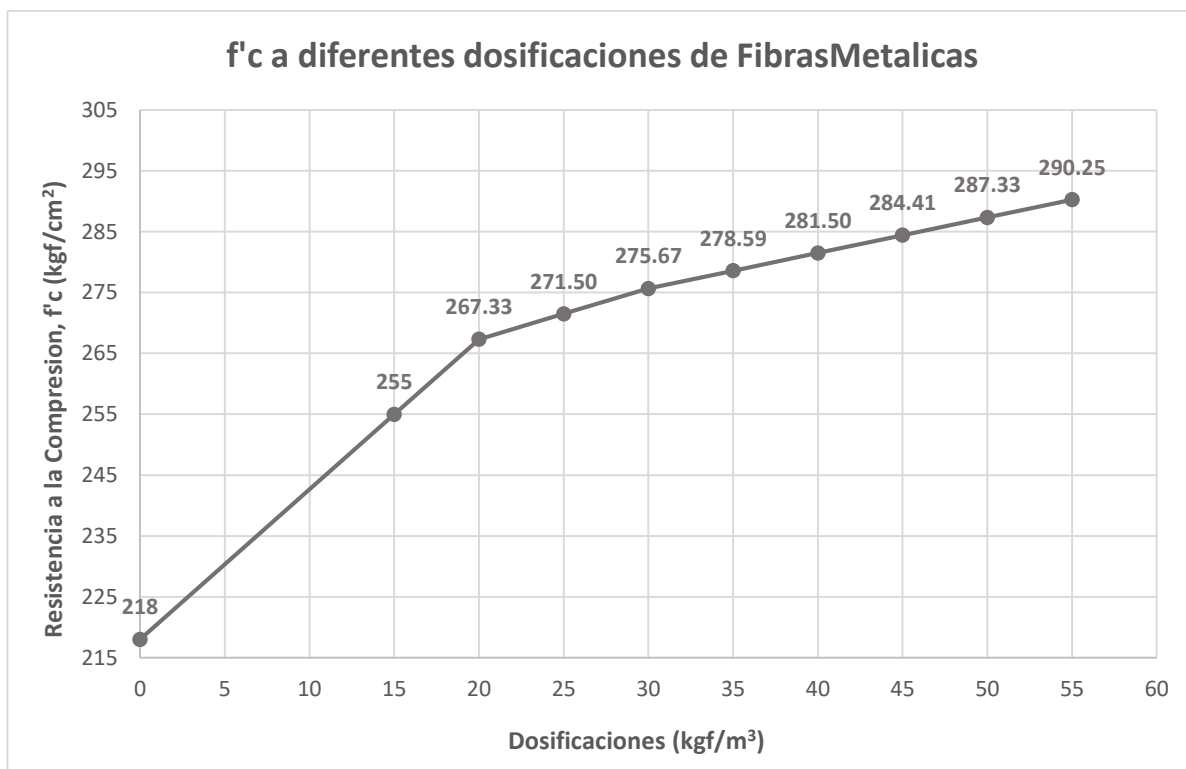


TABLA DE CORRELACIONES GLOBALES

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 363 | OBSERVACIONES |
|----------|---|------------------------------|--------------------|--|
| MR y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $MR = 0.0572(f'cr)^{1.1609}$ | $MR = a\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 7 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $MR = 0.5171(f'cr)^{0.7612}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $MR = 0.1056(f'cr)^{1.025}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $MR = 0.4217(f'cr)^{0.797}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI 363 es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 7 días de Edad**

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 363 | OBSERVACIONES |
|----------|---|------------------------------|--------------------|---|
| MR y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $MR = 0.2695(f'cr)^{0.8567}$ | $MR = a\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 14 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $MR = 0.5129(f'cr)^{0.7502}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $MR = 0.871(f'cr)^{0.6758}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $MR = 0.1815(f'cr)^{0.933}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI 363 es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 14 días de Eda**

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 363 | OBSERVACIONES |
|----------|---|------------------------------|--------------------|---|
| MR y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $MR = 0.1709(f'cr)^{0.9285}$ | $MR = a\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 28 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $MR = 0.1647(f'cr)^{0.9371}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $MR = 0.1403(f'cr)^{0.9777}$ | | |
| MR y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $MR = 0.4994(f'cr)^{0.7668}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 28 días de Edad**

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 368-11 | OBSERVACIONES |
|-----------|---|-------------------------------|------------------------|--|
| f't y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $f't = 0.0262(f'cr)^{1.4952}$ | $f't = 0.56\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 7 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $f't = 0.4146(f'cr)^{0.708}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $f't = 0.1178(f'cr)^{1.092}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $f't = 0.158(f'cr)^{1.0253}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI 368-11 es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 7 días de Edad**

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 368-11 | OBSERVACIONES |
|-----------|---|-------------------------------|------------------------|---|
| f't y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $f't = 0.2125(f'cr)^{0.8122}$ | $f't = 0.56\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 14 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $f't = 0.3201(f'cr)^{0.7012}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $f't = 0.3388(f'cr)^{0.7258}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $f't = 0.3005(f'cr)^{0.7757}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI 368-11 es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 14 días de Edad**

| RELACIÓN | TIPO DE CONCRETO | ECUACIÓN | ACI 363 | OBSERVACIONES |
|-----------|---|--------------------------------|------------------------|---|
| f't y f'c | Concreto convencional f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² | $f't = 0.6096(f'cr)^{0.5371}$ | $f't = 0.56\sqrt{f'c}$ | Las ecuaciones halladas en esta investigación son para resistencias a los 28 días de edad para concreto convencional, con micro y macro fibras de polipropileno y fibras metálicas. |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MIC-POL | $f't = 0.1876(f'cr)^{0.8699}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MAC-POL | $f't = 0.20548(f'cr)^{0.8609}$ | | |
| f't y f'c | Concreto f'c = 280, 300, 350 y 420 kgf/cm ² + MET | $f't = 0.5564(f'cr)^{0.6141}$ | | |

Nota: La fórmula del ACI 368-11 es para concreto a los 28 días de edad.

***Correlación a los 28 días de Edad**





ANEXO N° 4
CONSTANCIAS DE LABORATORIO



Arequipa - Perú

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

Que la Señorita y Señor Bachiller en Ingeniería Civil:

YURELA VANESA FLORES CURASI

(COD – 2013801052)

JUAN CARLOS MENDOZA HUARAYCHIRI

(COD - 2013801401)

Han realizado ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

"ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (f_t) Y COMPRESIÓN (f_c) DE CONCRETO $f_c = 280, 300, 350, 420$ kgf/cm² PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Los ensayos efectuados por los Bachilleres fueron los siguientes:

| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL |
|--------|--|----------|----------------|-------------------|
| TTI-01 | Contenido de Humedad de Agregados | 9 | S/5.00 | S/45.00 |
| TTI-02 | Análisis Granulométrico de Agregados Grueso y Finos - Incluye Módulo de Fineza | 6 | S/13.00 | S/78.00 |
| TTI-08 | Peso Unitario Suelto A°G° | 3 | S/6.00 | S/18.00 |
| TTI-09 | Peso Unitario Varillado A°G° | 3 | S/9.00 | S/27.00 |
| TTI-08 | Peso Unitario Suelto A°F° | 3 | S/6.00 | S/18.00 |
| TTI-09 | Peso Unitario Varillado A° F° | 3 | S/9.00 | S/27.00 |
| TTI-06 | Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso | 3 | S/11.00 | S/33.00 |
| TTI-07 | Peso Específico y Absorción de Agregado Fino | 3 | S/11.00 | S/33.00 |
| TTI-10 | Abrasión Los Angeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores a 1 1/2" | 3 | S/28.00 | S/84.00 |
| TTI-24 | Compresión de Probetas de Concreto de 4" y 6 " | 204 | S/3.00 | S/612.00 |
| TTI-24 | Compresión de Probetas de Concreto de 4" y 6 " Tracción | 144 | S/3.00 | S/432.00 |
| TTI-17 | Valor Equivalente de Arena en Agregado Fino | 3 | S/33.00 | S/99.00 |
| TTI-53 | Limite Líquido | 1 | S/9.00 | S/9.00 |
| TTI-05 | Material Mas Fino que el Tamiz 75 µM (N° 200) | 3 | S/10.00 | S/30.00 |
| | | | TOTAL: | S/1,545.00 |



Arequipa - Perú

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/ 1 545.00

El costo cancelado por dichos ensayos es de: S/ 541.00* (Comprobante BO17-00002617)


*Según descuento opción "C" por derecho de uso de laboratorio por tesis, de acuerdo a tarifario 2019 aprobado por el Consejo de Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el 10/06/2019 y el 04/09/2019

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 04 de Octubre del 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA


.....
Dr. In. ALEJANDRO VÍCTOR H. DALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL
EPIC- FAICA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL



CONSTANCIA

La que suscribe, Ing. Patricia Carpio Salazar, Líder de calidad

HACE CONSTAR:

Que los Señores Bachilleres en Ingeniería Civil:

| | |
|---------------------------------|------------------|
| JUAN CARLOS MENDOZA HUARAYCHIRI | (COD-2013801401) |
| YURELA VANESA FLORES CURASI | (COD-2013801052) |

Han realizado los ensayos en el Laboratorio de Supermix correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

“ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (f'_t) Y COMPRESIÓN (f'_c) DE CONCRETO $f'_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kgf/cm}^2$ PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA”

Los ensayos efectuados por los señores Bachilleres fueron los siguientes:

Norma ASTM C-78: Método de prueba estándar para la resistencia a flexión del concreto

- 9 Viguetas de concreto convencional $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
- 9 Viguetas de concreto convencional $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
- 9 Viguetas de concreto convencional $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
- 9 Viguetas de concreto convencional $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Norma ASTM C-1609: Standar test method for flexural Performance of fiber-reinforced concrete

- 18 Viguetas de concreto $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ con micro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ con micro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ con micro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ con micro fibras de polipropileno

- 18 Viguetas de concreto $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ con macro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ con macro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ con macro fibras de polipropileno
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ con macro fibras de polipropileno

- 18 Viguetas de concreto $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ con fibras metálicas
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ con fibras metálicas
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ con fibras metálicas
- 9 Viguetas de concreto $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ con fibras metálicas

Los ensayos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Supermix, se llevaron a cabo entre el 30/07/19 y el 04/09/19. Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para continuidad en el trámite de titulación.



**CONCRETOS
SUPERMIX**
Productos de Alta Resistencia
ING. PATRICIA CARPIO SALAZAR
Líder de Control de Calidad
CIP. 106565



ANEXO N° 5
HOJAS TÉCNICAS DE MATERIALES
UTILIZADOS



FICHA TÉCNICA / Versión 2019

IP CEMENTO MULTI-PROPÓSITO Alta Durabilidad

DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| REQUISITOS | CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP | | REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595 | | REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I) | |
|---------------------------------------|---|-------------|--|-----|---|-----|
| REQUISITOS QUÍMICOS | | | Kgf/cm ² | MPa | Kgf/cm ² | MPa |
| MgO (%) | 1.5 a 2.4 | | 6.00 Máx. | | - | - |
| SO ₃ (%) | 1.5 a 2.3 | | 4.00 Máx. | | - | - |
| Pérdida por ignición (%) | 1.5 a 3.8 | | 5.00 Máx. | | - | - |
| REQUISITOS FÍSICOS | | | | | | |
| Peso específico (gr/cm ³) | 2.77 a 2.85 | | - | | - | |
| Expansión en autoclave (%) | -0.05 a 0.03 | | -0.20 a 0.80 | | - | |
| Fraguado Vicat inicial (minutos) | 170 a 270 | | 45 a 420 | | - | |
| Contenido de aire | 2.5 a 8.0 | | 12 Máx | | - | |
| Resistencia a la compresión | Kgf/cm ² | MPa | Kgf/cm ² | MPa | Kgf/cm ² | MPa |
| 1 día | 80 a 104 | 7.8 a 10.2 | - | - | - | - |
| 3 días | 175 a 200 | 17.1 a 19.6 | 133 Mín. | 13 | 122 Mín. | 12 |
| 7 días | 225 a 260 | 22.0 a 25.4 | 204 Mín. | 20 | 194 Mín. | 19 |
| 28 días | 306 a 350 | 30.0 a 34.3 | 255 Mín. | 25 | - | - |
| Resistencia a los sulfatos | % | | % | | % | |
| % Expansión a los 6 meses | < 0.021% | | 0.05 Máx | | - | |
| % Expansión a 1 año | < 0.023% | | 0.10 Máx | | - | |

YURA

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® ViscoCrete®-3330

ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO RANGO PARA CLIMAS FRÍOS

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades.

USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto premezclado.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
 - Concreto pre-fabricado.
 - Acelera la fragua del concreto.
 - Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.
 - Concreto para climas fríos.
 - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)
 - Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
 - Concreto de alta resistencia.
 - Concreto autocompactante.
 - El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-3330 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia)
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados)
- Alta impermeabilidad
- Menor relación agua – cemento la impermeabilidad.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y segregación.
- Aumenta la cohesión del concreto.
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento.
- Reduce la carbonatación del concreto

Sika® ViscoCrete®-3330 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la norma ASTM C-494 tipo F y ASTM C-1017 tipo I

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques

- Granel x 1 L
- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1,000 L

Hoja De Datos Del Producto
Sika® ViscoCrete®-3330
Junio 2019, Versión 01.01
021301011000000179

1 / 3

| | |
|--------------------------------------|---|
| Vida Útil | 1 año a partir de la fecha de producción |
| Condiciones de Almacenamiento | El producto debe de ser almacenado en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5°C y 35 °C. |
| Densidad | 1.08 +/- 0.01 |

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Como plastificante o superplastificante:

Sika® ViscoCrete®-3330 se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 40 segundos del tiempo de mezclado. El uso de Sika® ViscoCrete®-3330 garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-3330 debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos. El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S. Cuando se trabaja con relaciones a (material cementante) bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.

DOSIFICACIÓN

- Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento.
- Para concretos fluidos y autocompactantes: 1 % - 2 % del peso del cemento.

LIMITACIONES

Para Concretos Fluidos y Concretos Autocompactantes.

Sika® ViscoCrete®-3330 también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado.

Cuando el Sika® ViscoCrete®-3330 está Congelado.

Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.

Combinaciones.

Sika® ViscoCrete®-3330 puede combinarse con los siguientes productos
Sika®: Sika® CNI, Sika® Fume y SikaAer®, SikaRapid® - 1 entre otros.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

Hoja De Datos Del Producto
Sika® ViscoCrete®-3330
Junio 2019, Versión 01.01
021301011000000179

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® PE

FIBRA SINTÉTICA PARA EL REFUERZO DE CONCRETO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFiber® PE, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros. SikaFiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados. Durante la mezcla SikaFiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)
- Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de SikaFiber® PE sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la comprensión.
- La acción del SikaFiber® PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

CERTIFICADOS / NORMAS

A los concretos a los que se agregado SikaFiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

| | |
|--------------------------------------|---|
| Empaques | Bolsa de 600 g |
| Apariencia / Color | Fibra de color crema |
| Vida Útil | 1 año |
| Condiciones de Almacenamiento | El producto debe de ser almacenado en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados. |
| Densidad | 1.17 kg/L |

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® PE
Mayo 2019, Versión 01.01
021408021010000014

1 / 2

INFORMACIÓN TÉCNICA

| | |
|------------------------------|---|
| Absorción de Agua | < 2% |
| Resistencia a la Tensión | 468 kg/cm ² |
| Módulo de Elasticidad | 15,000 kg/cm ² |
| Elongación de Rotura | 26% |
| Resistencia a la Alcalinidad | Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias. |

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Se agrega, en planta o a pie de obra, directamente a la mezcla de concreto o mortero. Una vez añadido el SikaFiber® PE, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. No disolver en el agua de amasado.

DOSIFICACIÓN

- Hasta $f'c = 300$ kg/cm², utilizar 600 g de SikaFiber® PE por m³ de concreto.
- Para concretos de alta resistencia, mayores a $f'c = 300$ kg/m², utilizar 1 kg de SikaFiber® PE por m³ de concreto.
- Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SikaFiber® PE por m³ de concreto.

LIMITACIONES

SikaFiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaFiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaFiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

BUILDING TRUST



HOJA TÉCNICA

Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

1/4

DATOS BÁSICOS

| | |
|-----------------------|--|
| FORMA | <p>ASPECTO Fibra monofilamento deformada mecánicamente.</p> <p>COLORES Blanco</p> <p>PRESENTACIÓN Caja x 5 kg</p> |
| ALMACENAMIENTO | <p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.</p> |
| NORMAS | <p>Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado. ▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete. ▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018. ▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.) ▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14. ▪ EFNARC panel cuadrado-2005 ▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto. ▪ ACI 506 Guía para Shotcrete. ▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas. |
| DATOS TÉCNICOS | <p>ABSORCIÓN DE AGUA 0%</p> <p>GRAVEDAD ESPECÍFICA 0.92</p> <p>LARGO DE LA FIBRA 48 mm</p> <p>ANCHO DE LA FIBRA 1.2855 mm</p> <p>ESPESOR DE LA FIBRA 0.3325 mm</p> <p>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN 620 Mpa</p> <p>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Baja</p> <p>FIBRAS POR KILO 32,760 unidades +/- 3%</p> <p>PUNTO DE FUSIÓN 440 °C</p> <p>PUNTO DE ABLANDAMIENTO 170 °C</p> <p>RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS Alta.</p> |

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

| | |
|--|---|
| | <p>COMPATIBILIDAD</p> <p>Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.</p> <p>PRECAUCIONES</p> <p>No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.</p> |
| <p>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</p> | |
| <p>DETALLES DE APLICACIÓN</p> | <p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.</p> |
| <p>MÉTODO DE APLICACIÓN</p> | <p>DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS</p> <p>El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.</p> <p>ACABADO</p> <p>Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.</p> |
| <p>BASES</p> | <p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p> |
| <p>RESTRICCIONES LOCALES</p> | <p>Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.</p> |
| <p>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</p> | <p>Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.</p> |
| <p>NOTAS LEGALES</p> | <p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en</p> |

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

3/4

BUILDING TRUST



CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® LHO 45/35 NB

FIBRA DE ACERO PARA REFUERZO DEL CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PROYECTADO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikafiber® LHO - 45/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete). Sikafiber® LHO - 45/35 NB son fibras de acero que cumplen con la relación longitud / diámetro (l/d) mínima requerida para obtener un concreto dúctil.

USOS

Sikafiber® LHO - 45/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y ciementos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- ? Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- ? Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- ? Reducción de la fisuración por retracción.
- ? No afecta los tiempos de fraguado.
- ? Su condición de fibras sueltas le permite ser usadas en mezclas de concreto, concreto proyectado (shotcrete) vía húmeda y vía seca.
- ? Relación longitud / diámetro igual a 45 para un rendimiento estándar.
- ? Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

Sikafiber® LHO - 45/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

| | |
|--------------------------------------|---|
| Empaques | Sacos de papel x 20 kg. |
| Apariencia / Color | Fibras color negro |
| Vida Útil | Indefinido |
| Condiciones de Almacenamiento | Los sacos de Sikafiber® LHO - 45/35 NB deben de ser almacenados protegidos de la humedad. |

Hoja De Datos Del Producto
SikaFiber® LHO 45/35 NB
Junio 2019, Versión 01.01
021408011000000012

1 / 2

INFORMACIÓN TÉCNICA

| | |
|--------------------------|--------------|
| Resistencia a la Tensión | > 800 Mpa |
| Módulo de Elasticidad | >220,000 Mpa |
| Elongación de Rotura | 4% máx. |

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sikafiber® LHO - 45/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso: En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme. En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

DOSIFICACIÓN

Normalmente entre 20 y 50 kg. de Sikafiber® LHO - 45/35 NB por m³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de las Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja Técnica
Edición 6, 10/04/07, LC
Sika® Backer Rod

Sika® Backer Rod

Material de Respaldo para Selladores

Descripción

General

Es una varilla de largo continuo de espuma de poliolefina extruida. Cuenta con una capa exterior sin absorbencia y una red altamente resistente, que contiene celdas abiertas, las cuales no expulsan gas al ser perforadas.

Campos de aplicación

- Juntas de expansión y contracción, donde son aplicados sellantes en frío
- Juntas nuevas de expansión y contracción
- Juntas con dimensiones irregulares
- Se adecua fácilmente a distintos tamaños y formas de aberturas y no expide gases si es pinchado durante la instalación

Ventajas

- Fácil aplicación
- No emite gases
- Químicamente inerte
- No es absorbente
- Se adapta a irregularidades de las juntas
- Se adapta al ancho de varias juntas
- Ofrece una superficie suave y sin polvo
- Actúa como barrera para evitar la adherencia con la superficie

Datos Básicos

Aspecto

Espanja

Color

Gris

Presentaciones

| | Diámetro en Pulgadas | Diámetro en mm | Dimensión de la junta mm |
|--|----------------------|----------------|--------------------------|
| | 5/8" | 15.8 | 11.85 |
| | 1/2" | 12.7 | 9.5 |
| | 1/4" | 6.35 | 7.12 |

Almacenamiento

Almacenar indefinidamente en un lugar limpio en su empaque original

Datos Técnicos

Densidad

1.2 – 1.3 kg/l

Límites de temperatura

-40°C a +70°C

Absorción del agua ASTM D 1622

0.03 – 0.10 kg/m³

Gaseado (Nº de burbujas) ASTM C 1253

<1

Compresión recuperada ASTM D 5249

>9

Deflexión ASTM D 5249

>20.5 kPa

Resistencia ASTM D 1623

>200 kPa



| | |
|---|--|
| Aplicación Método de aplicación | <ul style="list-style-type: none"> ■ Seleccionar el Sika® Backer Rod en un diámetro aproximadamente 25% más grande que la junta ■ Cortar el Sika® Backer Rod al largo deseado o dispensar directamente del rodillo ■ Colocar el Sika® Backer Rod en la junta a la profundidad especificada ■ Presionar el Sika® Backer Rod uniformemente dentro de la junta usando un rodillo circular u otra herramienta similar ■ Aplicar el sellante elástico Sikaflex sobre el Sika® Backer Rod siguiendo las instrucciones de su hoja técnica. |
| Importante | No usar con sellantes de aplicación caliente. |
| Instrucciones de Seguridad Precauciones de manipulación | Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico. |
| Observaciones | La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe |
| Nota Legal | <p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando estos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados, así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, el uso de los productos Sika en condiciones diferentes a las mencionadas, puede generar riesgos que no son cubiertos por la garantía de Sika. Sika no es responsable de los daños o lesiones que puedan ocurrir como consecuencia del uso de los productos Sika en condiciones diferentes a las mencionadas. En la práctica, el uso de los productos Sika en condiciones diferentes a las mencionadas, puede generar riesgos que no son cubiertos por la garantía de Sika.</p> <p>escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.</p> <p>productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a los que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe</p> |

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°5 la misma que deberá ser destruida”



Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin"
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: industria@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe





ANEXO N° 6
EXPEDIENTE TÉCNICO URB.
MAGISTERIAL III

ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
INGENIERO CIVIL. CIP 59876

PROYECTOS DE INGENIERIA - ESTUDIO DE SELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETOS 159
ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO: GEOTECNICOS Y DE MATERIALES

Calle El Panamericano 107 El Cercado. Tel: 3111632 / 319638996. RPS: 3137587 e-mail: spc_laboratorio@hotmail.com / RUC: 26156260595

INFORME TECNICO

DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO EN FRIO

“MEJORAMIENTO DE LAS VIAS DE ACCESO VEHICULAR Y PEATONAL
DE LA URB. MAGISTERIAL III ETAPA, DISTRITO DE YANAHUARA,
PROVINCIA DE AREQUIPA”

Yanahuara - Arequipa

Arequipa, Agosto del 2013

DP/ Mejoramiento de las vías de acceso vehicular y peatonal de la Urb. Magisterial III Etapa / Yanahuara / Arequipa

ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
INGENIERO CIVIL CIP 59876

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO
ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO: GEOTECNICOS Y DE MATERIALES

160

Calle El Páramo N° 107, El Cercado, Telf: 2141633, 21963800, RPM: 343758, E-mail: spc_laboratorio@hotmail.com, R.C. 20456260995

1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por finalidad determinar los espesores estructurales del pavimento asfáltico en frío que servirá para el asfaltado de las vías de acceso vehicular de la Urb. Magisterial III Etapa del distrito de Yanahuara, provincia y departamento de Arequipa.

Las vías en referencia se consideran como Vías Urbanas Secundarias TIPO I. El periodo de diseño de esta vía pavimentada se considera en diez años, con respecto al factor camión se ha analizado para la máxima carga por eje según la Norma Nacional de Vehículos el MTC.

Para la estructuración del pavimento asfáltico en frío se ha utilizado la metodología de la AASHTO 93, el cual considera diferentes variables según las características de la vía y propiedades geotécnicas de la sub-rasante.

2.- PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA SUBRASANTE

La zona de estudio presenta la unidad geológica Q-al, depósitos aluviales de formación reciente. Estos se encuentran en los cauces de ríos, torrenteras, quebradas y superficies eriazas, como material de acarreo, compuesto por gravas, arenas de gruesas a medias, limos, cantos rodados y a veces cenizas volcánicas.

3.- CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE SUB RASANTE

Se ha obtenido un valor representativo de la capacidad de soporte de la subrasante para tener mayor confiabilidad para el diseño.

| TRAMO P. FLEXIBLE | AASHTO | CBR diseño |
|-------------------|--------|------------|
| SUB-RASANTE | A-2-4 | 8.84 % |

4.- DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASHTO 1993

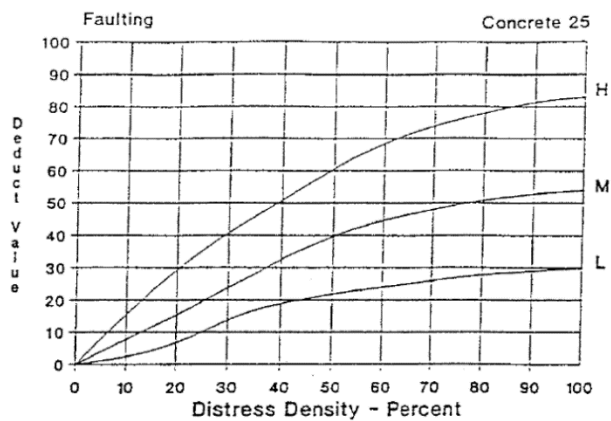
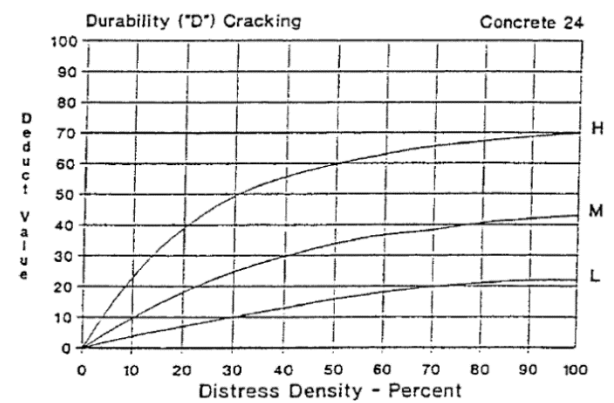
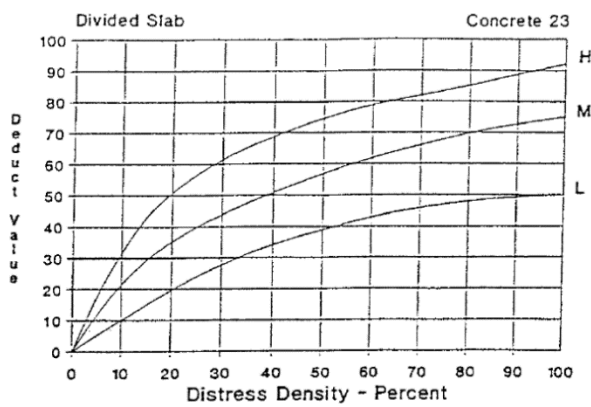
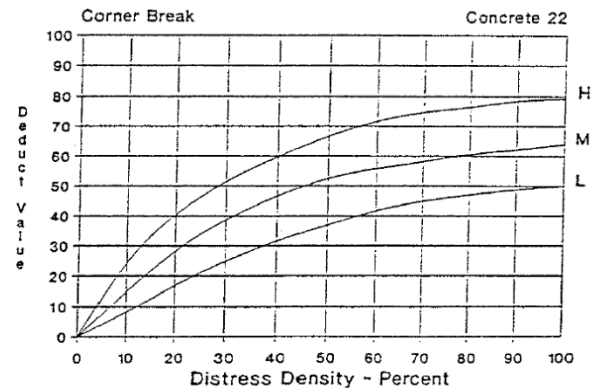
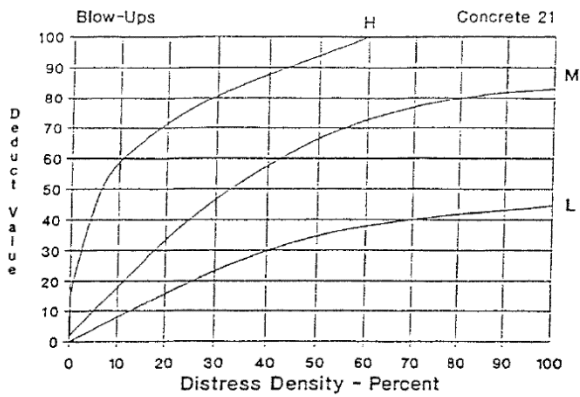
La metodología AASHTO es reconocida a nivel mundial porque se basa en valiosa información experimental. Consiste en determinar un Número Estructural (SN) requerido por el pavimento a fin de soportar el volumen de tránsito satisfactoriamente durante su periodo de diseño.

El procedimiento desarrollado es conforme con lo expuesto en Guide for Design of Pavement Structures 1993. Dentro de las consideraciones del método están:

DP/ Mejoramiento de las vías de acceso vehicular y peatonal de la Urb. Magisterial III Etapa / Yanahuara / Arequipa



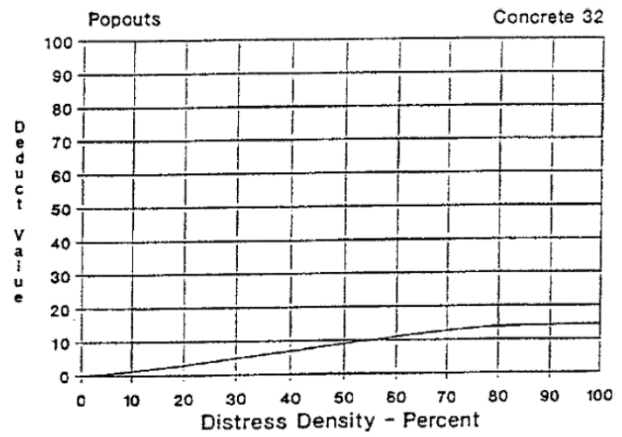
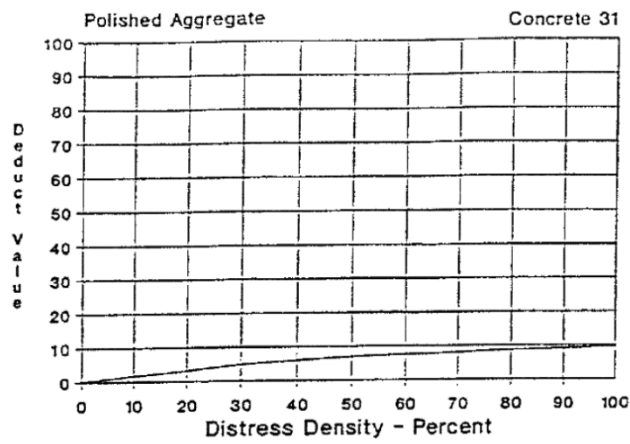
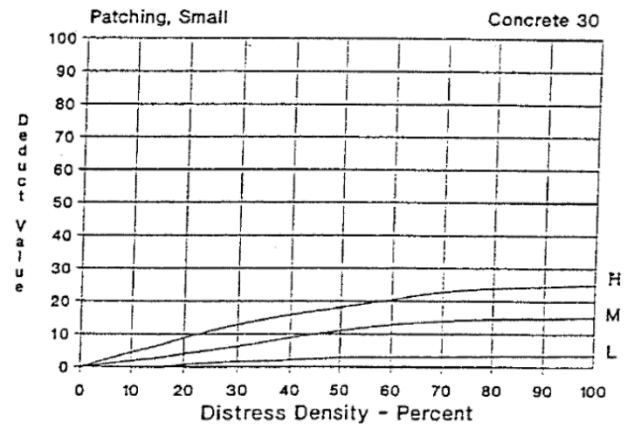
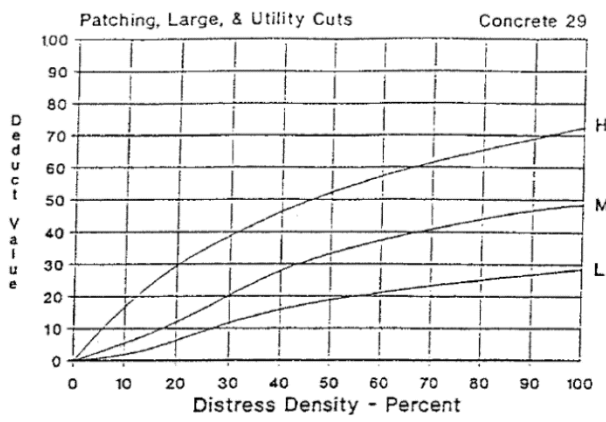
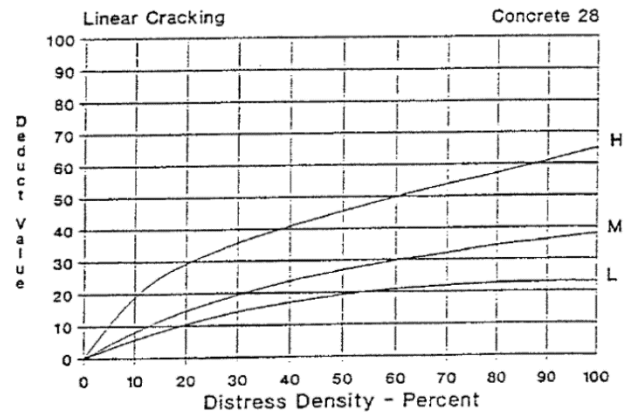
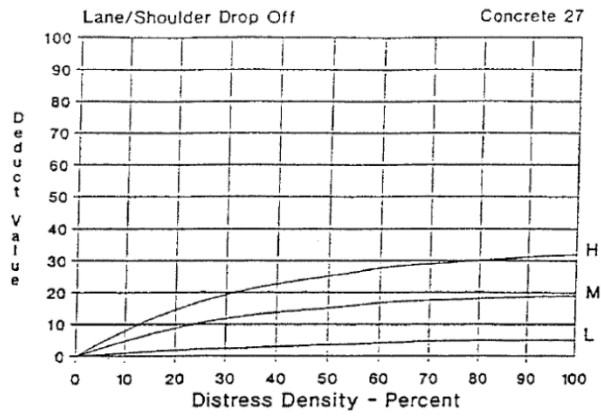
ANEXO N° 7
ESTUDIO DE CONDICIÓN DE
ÍNDICE DE PAVIMENTO (PCI)

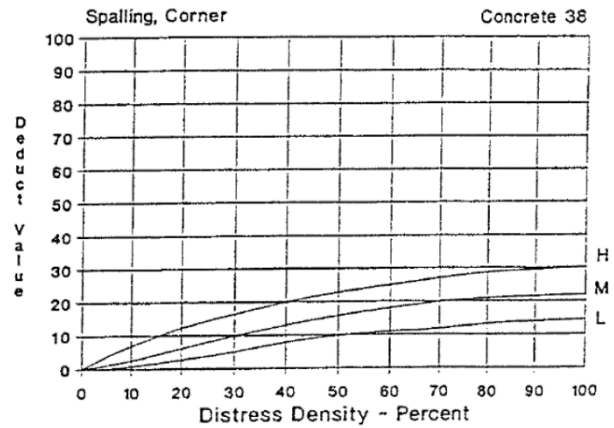
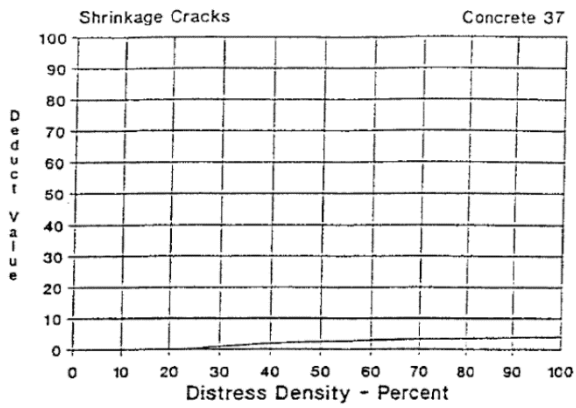
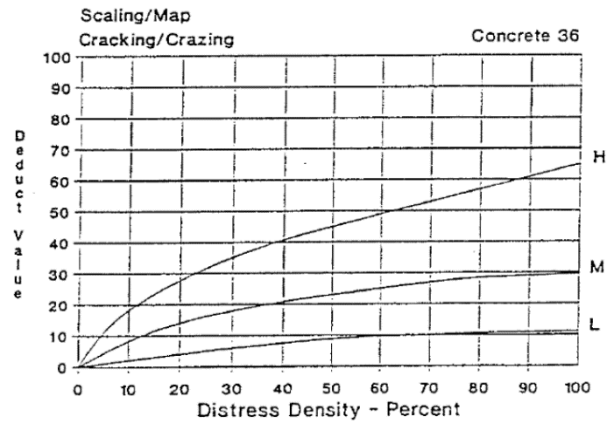
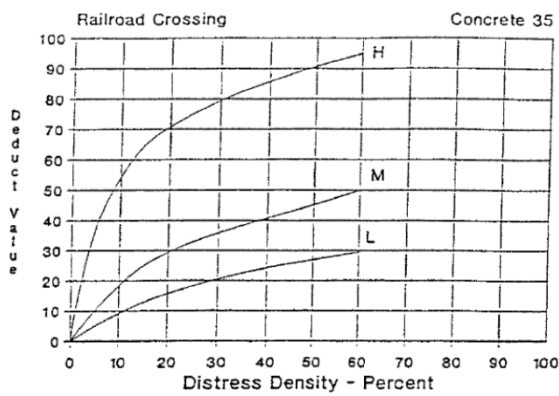
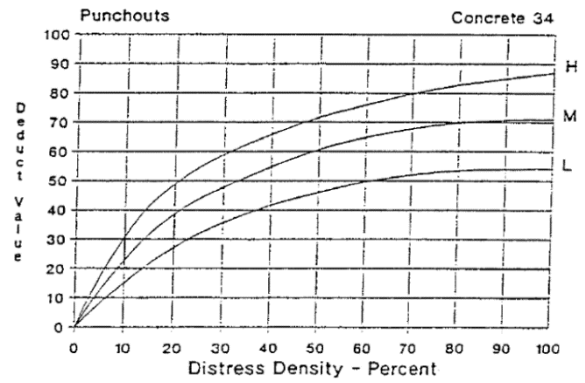
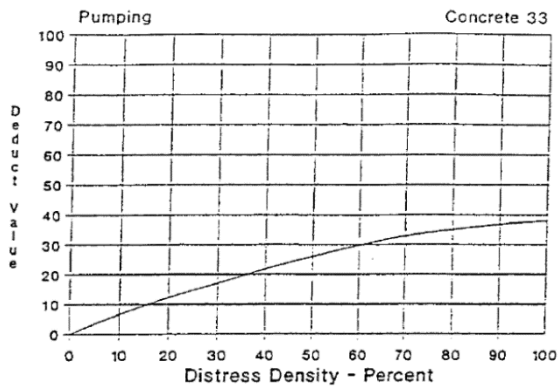


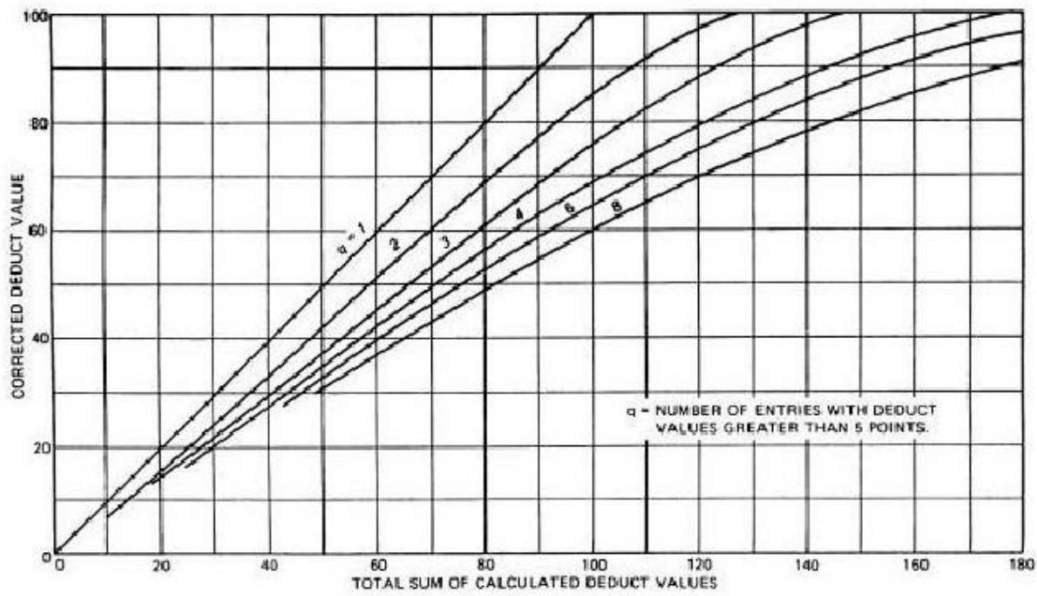
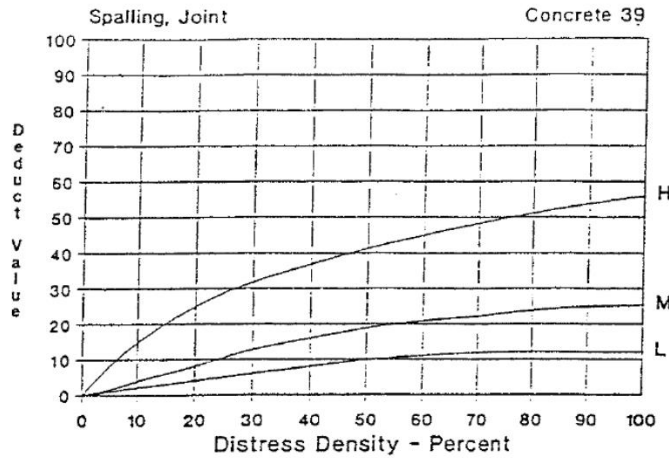
El daño en el sello de junta no es medido por densidad. La severidad de este daño es determinado por la condición general del sellador para una unidad de muestra en particular.

Los Valores Deducidos (VD) para los tres niveles de severidad son:

- Low : 2 puntos
- Medium : 4 puntos
- High : 8 puntos







| ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO | |
|---|--|
| TESIS: | "Análisis de la correlación del Módulo de Rotura (MR) vs. la resistencia a tracción indirecta (f't) y compresión (f'c) de concreto f'c = 280, 300, 350, 420 kgf/cm ² para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa" |
| NORMA: | ASTM D 6433 - 18: "STANDARD PRACTICE FOR ROADS AND PARKING LOTS PAVEMENT CONDITION INDEX SURVEYS" |

| DATOS GENERALES DE LA VIA | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ZONA: Z-01 | PROGRESIVA INICIAL: 0.52 km | UNIDAD DE MUESTREO: : UM-03 |
| | PROGRASIVA FINAL: 1.02 km | CARRIL: DERECHO |

| Tipo de Daño | | | |
|--------------|---------------------------|----|-----------------------------|
| N° | Daño | N° | Daño |
| 21 | Blow up / Buckling | 31 | Pulimiento de agregados |
| 22 | Grieta de esquina | 32 | Poouts |
| 23 | Losa dividida | 33 | Bombeo |
| 24 | Grieta de durabilidad "D" | 34 | Punzonamiento |
| 25 | Escala | 35 | Curce de vía férrea |
| 26 | Sello de junta | 36 | Desonchamiento |
| 27 | Desnivel Carril / Berma | 37 | Retracción |
| 28 | Grieta lineal | 38 | Descascaramiento de esquina |
| 29 | Parqueo (grande) | 39 | Descascaramiento de junta |
| 30 | Parqueo (pequeño) | | |

| Daño | Severidad | N° Losas | Densidad (%) | Valor deducido |
|------|-----------|----------|--------------|----------------|
| 21 | L | 1 | 5.00% | 5 |
| 22 | H | 1 | 5.00% | 15 |
| 23 | L | 4 | 20.00% | 20 |
| 23 | M | 2 | 10.00% | 20 |
| 23 | H | 8 | 40.00% | 69 |
| 25 | L | 1 | 5.00% | 2 |
| 25 | M | 1 | 5.00% | 5 |
| 26 | L | 3 | 15.00% | 2 |
| 26 | M | 4 | 20.00% | 4 |
| 26 | H | 7 | 35.00% | 8 |
| 28 | H | 4 | 20.00% | 30 |
| 29 | L | 1 | 5.00% | 1 |
| 34 | L | 3 | 15.00% | 21 |
| 34 | M | 1 | 5.00% | 15 |
| 34 | H | 3 | 15.00% | 42 |
| 36 | L | 8 | 40.00% | 8 |
| 36 | M | 1 | 5.00% | 5 |
| 38 | L | 1 | 5.00% | 0 |
| 38 | M | 2 | 10.00% | 3 |
| 38 | H | 1 | 5.00% | 3 |
| 39 | L | 6 | 30.00% | 6 |
| 39 | M | 4 | 20.00% | 8 |
| 39 | H | 2 | 10.00% | 15 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| ESQUEMA | | | |
|---------|-----|-----|-----|
| 29L | | 23L | |
| 34H | | 39L | |
| 36L | | | |
| 39L | | | |
| 21L | 23H | 23M | |
| 28H | 34H | 39L | |
| 36L | 39L | | |
| 23H | | 23H | |
| 34L | | 28H | |
| 39L | | 39L | |
| 26H | | 23H | 38M |
| 28H | | 26H | |
| 36L | | 34L | |
| 38M | | 36L | |
| 23M | | 23H | 39H |
| 26M | | 26H | |
| 36L | | 34L | |
| 39M | | 36L | |
| 23H | 39M | 23H | 25L |
| 25M | | 26H | 34M |
| 26M | | 36L | 38H |
| 34H | | 39H | |
| 26L | | 26M | |
| | | 36M | |
| 23L | | 23L | |
| 26L | | 26L | |
| | | 36L | |
| 26M | | 22H | |
| 28H | | 23H | |
| 39M | | 26H | |
| | | 39M | |
| 26H | | 23L | |
| 38L | | 26H | |






















ANEXO N° 8
ESTUDIO DE TRANSITO
VEHICULAR

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | LUNES |
| FECHA: | 30/09/2019 |

| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 420 | 10 | 62 | 9 | 40 | 5 | 2 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 564 |
| 07-08 | 1012 | 15 | 89 | 2 | 79 | 8 | 3 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1219 |
| 08-09 | 985 | 12 | 50 | 13 | 60 | 7 | 3 | 0 | 29 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1161 |
| 09-10 | 750 | 15 | 58 | 35 | 38 | 12 | 2 | 0 | 38 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 952 |
| 10-11 | 750 | 21 | 68 | 27 | 31 | 7 | 1 | 0 | 28 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 941 |
| 11-12 | 700 | 20 | 50 | 11 | 28 | 8 | 0 | 0 | 32 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 851 |
| 12-13 | 760 | 17 | 77 | 11 | 34 | 7 | 3 | 0 | 21 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 932 |
| 13-14 | 800 | 25 | 65 | 15 | 45 | 10 | 6 | 0 | 30 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 997 |
| 14-15 | 860 | 12 | 48 | 25 | 63 | 9 | 3 | 0 | 28 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1050 |
| 15-16 | 896 | 20 | 75 | 15 | 92 | 7 | 1 | 0 | 28 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1136 |
| 16-17 | 850 | 13 | 45 | 5 | 62 | 6 | 6 | 0 | 29 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1018 |
| 17-18 | 900 | 7 | 80 | 15 | 60 | 9 | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1087 |
| 18-19 | 950 | 18 | 70 | 16 | 30 | 6 | 5 | 0 | 19 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1117 |
| 19-20 | 919 | 20 | 60 | 7 | 27 | 11 | 3 | 0 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1063 |
| 20-21 | 851 | 15 | 52 | 14 | 32 | 8 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 979 |
| 21-22 | 830 | 12 | 36 | 3 | 14 | 5 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 908 |
| TOTAL | 13233 | 252 | 985 | 223 | 735 | 125 | 49 | 0 | 342 | 28 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15975 |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | MARTES |
| FECHA: | 01/10/2019 |

| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 395 | 11 | 32 | 2 | 42 | 3 | 2 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 501 |
| 07-08 | 1162 | 8 | 54 | 9 | 79 | 6 | 4 | 0 | 30 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1355 |
| 08-09 | 975 | 11 | 50 | 18 | 56 | 7 | 5 | 0 | 26 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1151 |
| 09-10 | 770 | 15 | 60 | 36 | 41 | 13 | 2 | 0 | 30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 969 |
| 10-11 | 760 | 21 | 76 | 28 | 33 | 10 | 3 | 0 | 25 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 964 |
| 11-12 | 715 | 26 | 55 | 19 | 32 | 7 | 0 | 0 | 30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 886 |
| 12-13 | 775 | 18 | 80 | 9 | 30 | 9 | 4 | 0 | 22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 950 |
| 13-14 | 827 | 21 | 70 | 18 | 40 | 9 | 5 | 0 | 33 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1025 |
| 14-15 | 860 | 13 | 50 | 30 | 67 | 8 | 3 | 0 | 28 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1067 |
| 15-16 | 849 | 16 | 60 | 26 | 88 | 9 | 3 | 0 | 33 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1085 |
| 16-17 | 872 | 15 | 65 | 7 | 67 | 7 | 5 | 0 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1064 |
| 17-18 | 890 | 8 | 85 | 14 | 53 | 9 | 6 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1075 |
| 18-19 | 920 | 18 | 70 | 15 | 30 | 6 | 4 | 0 | 19 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1085 |
| 19-20 | 918 | 21 | 65 | 6 | 25 | 13 | 4 | 0 | 16 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1071 |
| 20-21 | 850 | 13 | 60 | 15 | 28 | 10 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 984 |
| 21-22 | 810 | 16 | 38 | 6 | 15 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 896 |
| TOTAL | 13348 | 251 | 970 | 258 | 726 | 132 | 51 | 0 | 352 | 29 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16128 |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | MIERCOLES |
| FECHA: | 02/10/2019 |

| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 440 | 17 | 43 | 4 | 52 | 4 | 4 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 582 |
| 07-08 | 1047 | 12 | 55 | 12 | 82 | 7 | 4 | 0 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1240 |
| 08-09 | 990 | 10 | 53 | 16 | 54 | 5 | 4 | 0 | 24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1159 |
| 09-10 | 762 | 12 | 62 | 30 | 38 | 10 | 2 | 0 | 33 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 951 |
| 10-11 | 755 | 18 | 78 | 30 | 22 | 7 | 3 | 0 | 28 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 948 |
| 11-12 | 710 | 20 | 58 | 20 | 35 | 6 | 0 | 0 | 39 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 890 |
| 12-13 | 765 | 19 | 70 | 12 | 30 | 6 | 4 | 0 | 21 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 929 |
| 13-14 | 834 | 9 | 59 | 22 | 54 | 7 | 1 | 0 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1004 |
| 14-15 | 850 | 12 | 55 | 30 | 60 | 9 | 2 | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1045 |
| 15-16 | 840 | 14 | 62 | 23 | 90 | 7 | 3 | 0 | 32 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1074 |
| 16-17 | 870 | 13 | 68 | 8 | 65 | 8 | 5 | 0 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1066 |
| 17-18 | 889 | 7 | 86 | 16 | 50 | 7 | 7 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1074 |
| 18-19 | 923 | 19 | 77 | 14 | 31 | 7 | 3 | 0 | 17 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1093 |
| 19-20 | 925 | 22 | 60 | 8 | 25 | 13 | 3 | 0 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1071 |
| 20-21 | 879 | 14 | 58 | 12 | 26 | 10 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1008 |
| 21-22 | 815 | 16 | 39 | 3 | 18 | 7 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 904 |
| TOTAL | 13294 | 234 | 983 | 260 | 732 | 120 | 48 | 0 | 338 | 23 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16038 |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | JUEVES |
| FECHA: | 03/10/2019 |

| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 450 | 19 | 45 | 6 | 55 | 3 | 4 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 598 |
| 07-08 | 1092 | 15 | 64 | 16 | 81 | 7 | 6 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1300 |
| 08-09 | 966 | 13 | 51 | 15 | 41 | 8 | 3 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1130 |
| 09-10 | 750 | 14 | 60 | 35 | 39 | 12 | 1 | 0 | 32 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 945 |
| 10-11 | 780 | 22 | 70 | 28 | 32 | 10 | 2 | 0 | 30 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 980 |
| 11-12 | 710 | 22 | 50 | 23 | 35 | 7 | 0 | 0 | 35 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 884 |
| 12-13 | 765 | 19 | 80 | 10 | 32 | 5 | 4 | 0 | 22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 940 |
| 13-14 | 847 | 23 | 75 | 20 | 35 | 8 | 4 | 0 | 35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1049 |
| 14-15 | 855 | 11 | 51 | 28 | 66 | 7 | 2 | 0 | 26 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1048 |
| 15-16 | 839 | 15 | 65 | 21 | 89 | 8 | 2 | 0 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1071 |
| 16-17 | 880 | 16 | 63 | 6 | 70 | 6 | 4 | 0 | 27 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1074 |
| 17-18 | 885 | 9 | 80 | 13 | 55 | 10 | 5 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1070 |
| 18-19 | 940 | 21 | 80 | 16 | 28 | 5 | 4 | 0 | 16 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1112 |
| 19-20 | 925 | 20 | 65 | 8 | 25 | 12 | 4 | 0 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1076 |
| 20-21 | 870 | 13 | 55 | 11 | 29 | 11 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 997 |
| 21-22 | 830 | 15 | 32 | 3 | 14 | 9 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 911 |
| TOTAL | 13384 | 267 | 986 | 259 | 726 | 128 | 47 | 0 | 364 | 20 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16185 |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | VIERNES |
| FECHA: | 04/10/2019 |

| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 485 | 10 | 33 | 3 | 40 | 2 | 1 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 590 |
| 07-08 | 1078 | 13 | 66 | 10 | 81 | 7 | 4 | 0 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1279 |
| 08-09 | 970 | 15 | 53 | 18 | 40 | 5 | 5 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1141 |
| 09-10 | 769 | 15 | 70 | 35 | 36 | 9 | 4 | 0 | 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 969 |
| 10-11 | 775 | 20 | 72 | 26 | 29 | 9 | 5 | 0 | 30 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 973 |
| 11-12 | 720 | 30 | 50 | 20 | 28 | 7 | 2 | 0 | 29 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 888 |
| 12-13 | 770 | 20 | 81 | 9 | 36 | 6 | 3 | 0 | 22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 950 |
| 13-14 | 800 | 23 | 75 | 16 | 36 | 8 | 5 | 0 | 35 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1001 |
| 14-15 | 850 | 13 | 50 | 26 | 69 | 8 | 3 | 0 | 24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1045 |
| 15-16 | 841 | 17 | 64 | 23 | 87 | 7 | 7 | 0 | 33 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1081 |
| 16-17 | 860 | 13 | 64 | 10 | 65 | 9 | 6 | 0 | 26 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1055 |
| 17-18 | 895 | 10 | 87 | 16 | 50 | 7 | 7 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1081 |
| 18-19 | 915 | 18 | 79 | 13 | 28 | 9 | 3 | 0 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1081 |
| 19-20 | 921 | 22 | 61 | 6 | 29 | 10 | 3 | 0 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1065 |
| 20-21 | 875 | 15 | 53 | 10 | 31 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 986 |
| 21-22 | 819 | 14 | 37 | 2 | 16 | 8 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 903 |
| TOTAL | 13343 | 268 | 995 | 243 | 701 | 113 | 58 | 0 | 341 | 21 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16088 |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |




















| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | SABADO |
| FECHA: | 05/10/2019 |

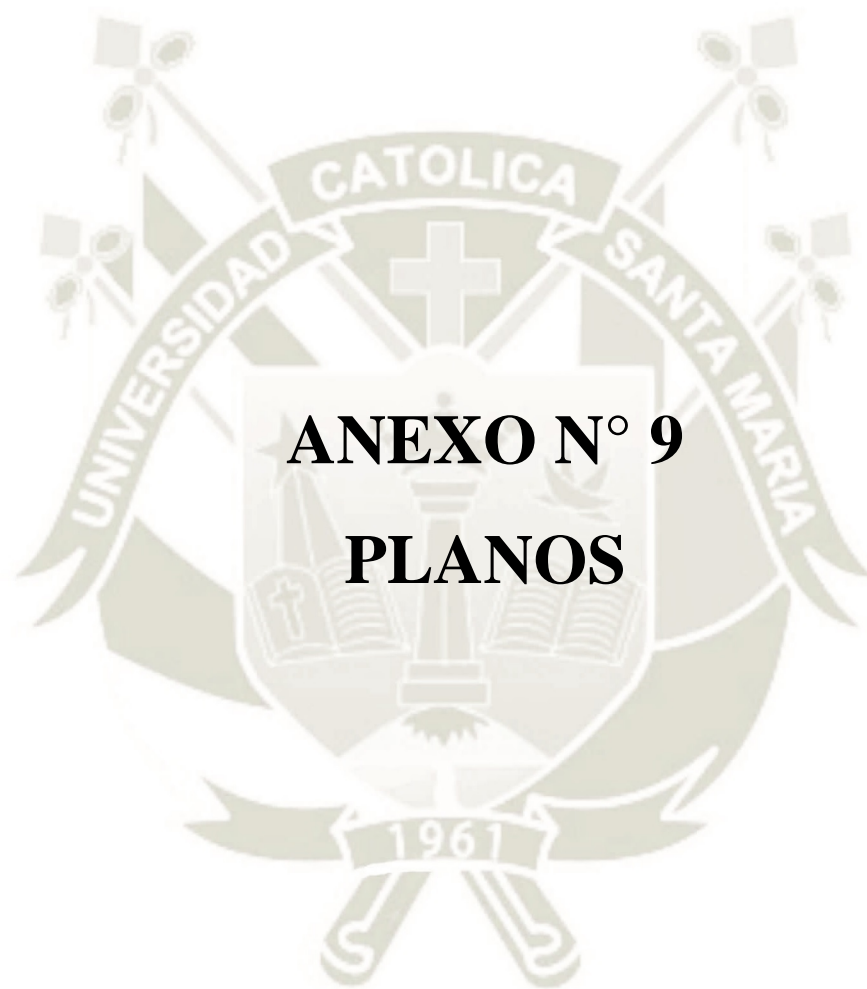
| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 396 | 8 | 30 | 5 | 25 | 2 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 480 |
| 07-08 | 723 | 10 | 49 | 11 | 30 | 5 | 1 | 0 | 22 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 853 |
| 08-09 | 894 | 11 | 59 | 22 | 42 | 6 | 1 | 0 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1063 |
| 09-10 | 921 | 10 | 57 | 19 | 40 | 6 | 2 | 0 | 33 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1089 |
| 10-11 | 952 | 9 | 56 | 15 | 25 | 6 | 1 | 0 | 38 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1104 |
| 11-12 | 1011 | 14 | 62 | 21 | 33 | 6 | 0 | 0 | 37 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1187 |
| 12-13 | 1021 | 10 | 63 | 16 | 31 | 6 | 1 | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1175 |
| 13-14 | 1000 | 12 | 65 | 14 | 40 | 5 | 0 | 0 | 24 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1163 |
| 14-15 | 980 | 14 | 60 | 13 | 41 | 6 | 1 | 0 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1137 |
| 15-16 | 854 | 13 | 63 | 15 | 36 | 6 | 1 | 0 | 23 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1015 |
| 16-17 | 864 | 13 | 45 | 12 | 30 | 6 | 3 | 0 | 30 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1005 |
| 17-18 | 853 | 11 | 46 | 13 | 38 | 5 | 0 | 0 | 11 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 980 |
| 18-19 | 849 | 13 | 48 | 15 | 36 | 6 | 0 | 0 | 12 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 983 |
| 19-20 | 860 | 10 | 50 | 16 | 34 | 6 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 985 |
| 20-21 | 841 | 14 | 55 | 12 | 32 | 7 | 1 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 970 |
| 21-22 | 796 | 11 | 40 | 8 | 29 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 891 |
| TOTAL | 13815 | 183 | 848 | 227 | 542 | 89 | 13 | 0 | 330 | 25 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16080 |

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

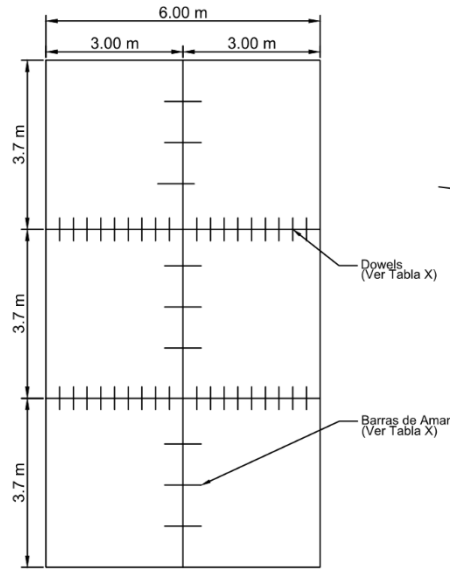
| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | AV. METROPOLITANA TRAMO - 2 | | |
| SENTIDO | CARRIL DERECHO | E ← | S → |
| UBICACIÓN | DISTRITO DE YANAHUARA | | |

| | |
|----------|------------|
| ESTACION | E1 |
| DIA: | DOMINGO |
| FECHA: | 06/10/2019 |

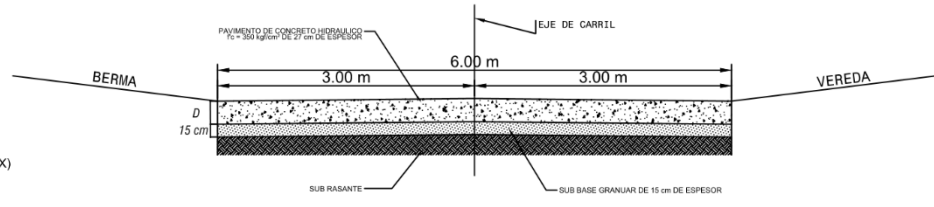
| HORA | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|
| | | | PICK UP | PANEL | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 06-07 | 342 | 8 | 16 | 6 | 10 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 389 |
| 07-08 | 373 | 9 | 33 | 3 | 14 | 2 | 0 | 0 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 449 |
| 08-09 | 579 | 9 | 36 | 10 | 23 | 6 | 1 | 0 | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 678 |
| 09-10 | 650 | 7 | 38 | 5 | 21 | 6 | 1 | 0 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 741 |
| 10-11 | 675 | 8 | 40 | 7 | 20 | 5 | 1 | 0 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 770 |
| 11-12 | 600 | 9 | 32 | 8 | 24 | 6 | 2 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 693 |
| 12-13 | 648 | 10 | 30 | 4 | 22 | 6 | 1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 731 |
| 13-14 | 700 | 6 | 31 | 3 | 23 | 5 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 778 |
| 14-15 | 720 | 8 | 34 | 8 | 25 | 6 | 0 | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 811 |
| 15-16 | 719 | 12 | 40 | 7 | 21 | 5 | 1 | 0 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 818 |
| 16-17 | 747 | 15 | 51 | 2 | 22 | 7 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 857 |
| 17-18 | 770 | 16 | 55 | 2 | 34 | 6 | 3 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 893 |
| 18-19 | 750 | 15 | 51 | 1 | 32 | 5 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 863 |
| 19-20 | 741 | 10 | 56 | 1 | 30 | 6 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 852 |
| 20-21 | 650 | 12 | 45 | 2 | 35 | 6 | 2 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 761 |
| 21-22 | 575 | 8 | 30 | 1 | 23 | 4 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 646 |
| TOTAL | 10239 | 162 | 618 | 70 | 379 | 82 | 23 | 0 | 146 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11730 |



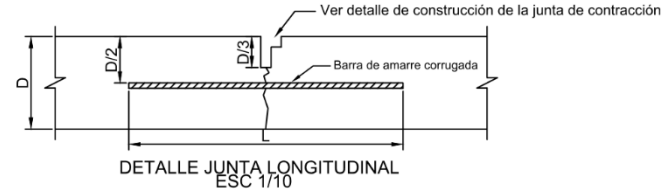
ANEXO N° 9
PLANOS



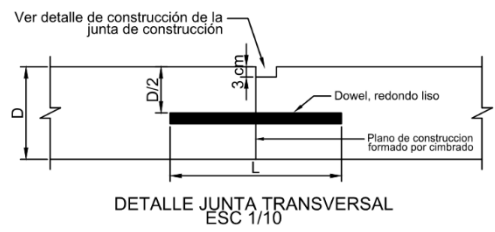
VISTA EN PLANTA LOSA DE PAVIMENTO TIPICA
ESC 1/50



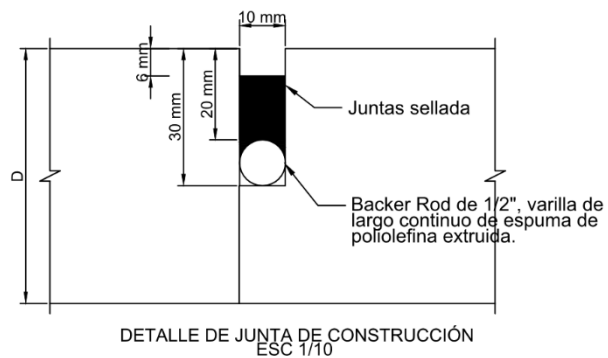
DETALLE SECCIÓN DE VÍA
ESC 1/250



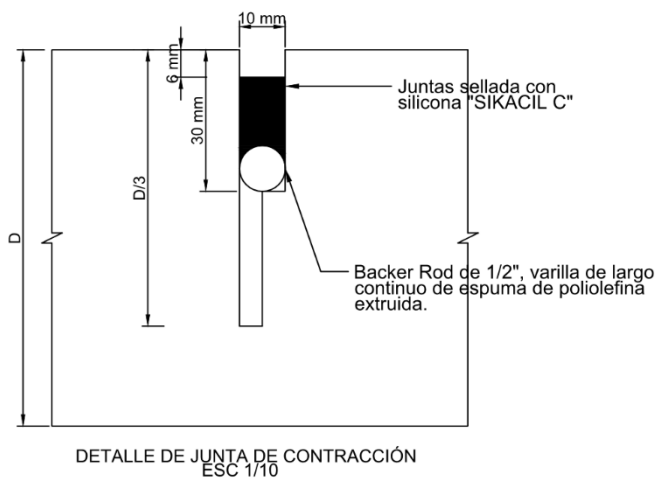
DETALLE JUNTA LONGITUDINAL
ESC 1/10



DETALLE JUNTA TRANSVERSAL
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCIÓN
ESC 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
 RESISTENCIA A LA COMPRESION $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
 MODULO DE ROTURA C.C. $MR = 4.08 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MIC-POL $MR = 4.55 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MAC-POL $MR = 4.54 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MET $MR = 4.35 \text{ MPa}$

CEMENTO YURA TIPO IP

*NOTA: REQUERIMIENTO DE CONCRETO VIAL $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

ACERO
 ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO LISO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SUELOS
 CLASIFICACION AASHTO A-2-4
 CBR SUB RASANTE 9.84%
 CBR SUB BASE GRANULAR 60.00%
 SUB BASE GRANULAR $e = 15 \text{ cm}$

CURADO
 El curado del concreto en obra se llevara cabo mediante productos quimicos, los cuales deben estar certificados, garantizando el correcto curado de la superficie del pavimento.
 En nuestro caso se usara "SikaCem® Curador".

TABLA X : DETALLE DOWELS Y BARRAS DE AMARRE

| Tipo de Concreto | Dowels | Barras de Amarre |
|------------------|---|---------------------------------|
| 280 CC | $\phi = 1 \frac{1}{2}"$, L=51 cm @ 38 cm | $\phi = 5/8"$, L=91 cm @ 91 cm |
| 280 MIC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=91 cm @ 91 cm |
| 280 MAC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=89 cm @ 91 cm |
| 280 MET | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=86 cm @ 91 cm |

TABLA Y: MEDIDAS DETALLE DE JUNTAS

| Tipo de Concreto | D(cm) | D/2 (cm) | D/3 (cm) |
|------------------|-------|----------|----------|
| 280 CC | 31.00 | 15.50 | 10.33 |
| 280 MIC | 30.00 | 15.00 | 10.00 |
| 280 MAC | 29.00 | 14.50 | 9.67 |
| 280 MET | 28.00 | 14.00 | 9.33 |

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

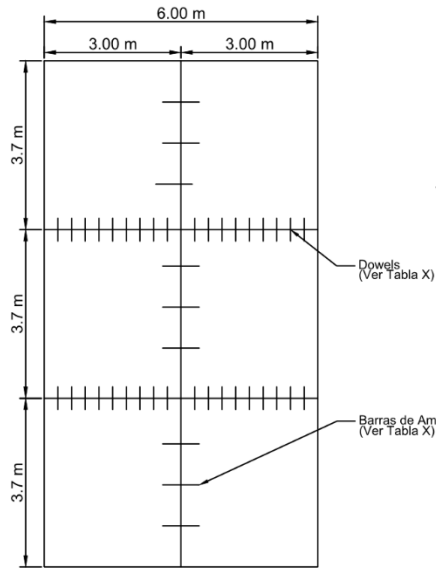
TESIS: "ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (TI) Y COMPRESIÓN (FC) DE CONCRETO $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA"

TESISTAS: BACH. FLORES CURASI, YURELA VANESA
 BACH. MENDOZA HUARAYCHIRI, JUAN CARLOS

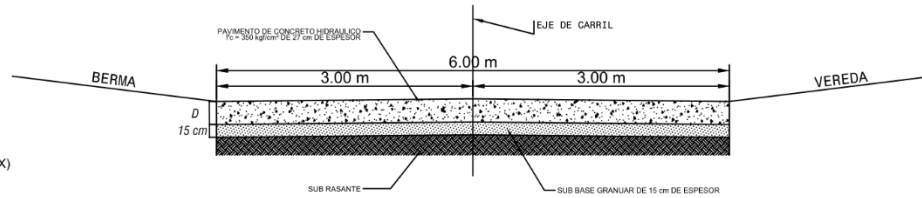
TITULO: DETALLES DE LOSA DE CONCRETO $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ LAMINA

FECHA: NOV.2019 DISTRITO: YANAHUARA ESC INDICADA

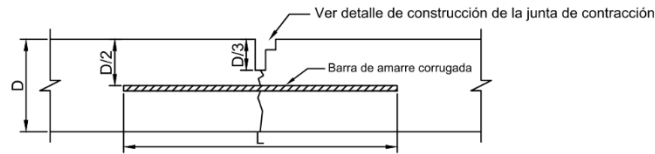
E1



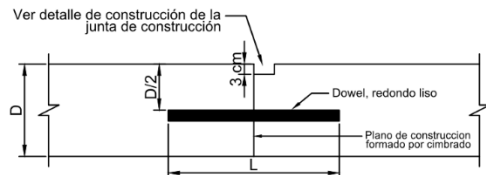
VISTA EN PLANTA LOSA DE PAVIMENTO TIPICA
ESC 1/50



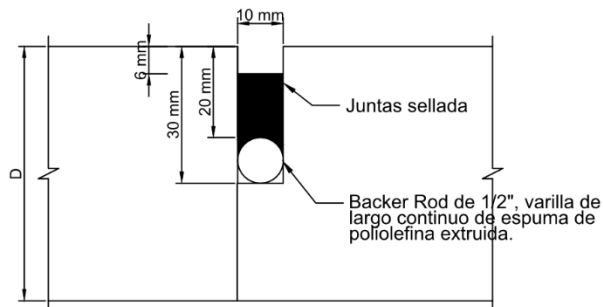
DETALLE SECCIÓN DE VÍA
ESC 1/250



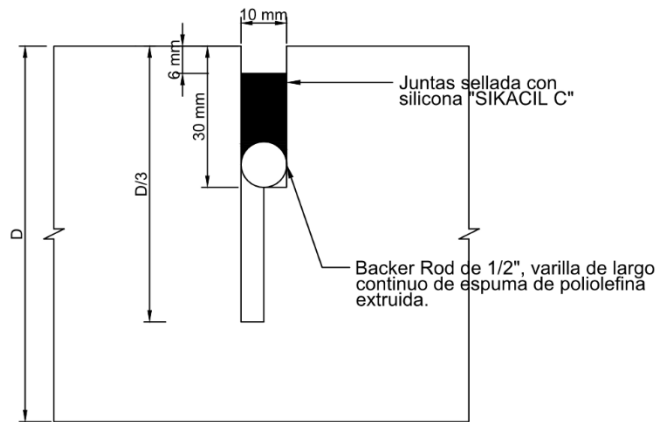
DETALLE JUNTA LONGITUDINAL
ESC 1/10



DETALLE JUNTA TRANSVERSAL
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCIÓN
ESC 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$
 MODULO DE ROTURA C.C. $MR = 4.24 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MIC-POL $MR = 4.61 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MAC-POL $MR = 4.88 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MET $MR = 5.21 \text{ MPa}$

CEMENTO YURA TIPO IP

*NOTA: REQUERIMIENTO DE CONCRETO VIAL $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

ACERO

ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO LISO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SUELOS

CLASIFICACION AASHTO A-2-4
 CBR SUB RASANTE 8.84%
 CBR SUB BASE GRANULAR 90.00%
 SUB BASE GRANULAR $e = 15 \text{ cm}$

CURADO

El curado del concreto en obra se llevara cabo mediante productos quimicos, los cuales deben estar certificados, garantizando el correcto curado de la superficie del pavimento,

En nuestro caso se usara "SikaCem® Curador".

TABLA X : DETALLE DOWELS Y BARRAS DE AMARRE

| Tipo de Concreto | Dowels | Barras de Amarre |
|------------------|---|---------------------------------|
| 300 CC | $\phi = 1 \frac{1}{4}$ ", L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8$ ", L=91 cm @ 91 cm |
| 300 MIC | $\phi = 1 \frac{1}{4}$ ", L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8$ ", L=89 cm @ 91 cm |
| 300 MAC | $\phi = 1 \frac{1}{4}$ ", L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8$ ", L=86 cm @ 91 cm |
| 300 MET | $\phi = 1 \frac{1}{4}$ ", L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8$ ", L=84 cm @ 91 cm |

TABLA Y: MEDIDAS DETALLE DE JUNTAS

| Tipo de Concreto | D(cm) | D/2 (cm) | D/3 (cm) |
|------------------|-------|----------|----------|
| 300 CC | 30.00 | 15.00 | 10.00 |
| 300 MIC | 29.00 | 14.50 | 9.67 |
| 300 MAC | 28.00 | 14.00 | 9.33 |
| 300 MET | 27.00 | 13.50 | 9.00 |



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (TI) Y COMPRESIÓN (FC) DE CONCRETO $f_c = 290, 300, 350, 420 \text{ kg/cm}^2$ PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA"

TESISTAS:
 BACH. FLORES CURASI, YURELA VANESA
 BACH. MENDOZA HUARAYCHIRI, JUAN CARLOS

TITULO: DETALLES DE LOSA DE CONCRETO $f_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$

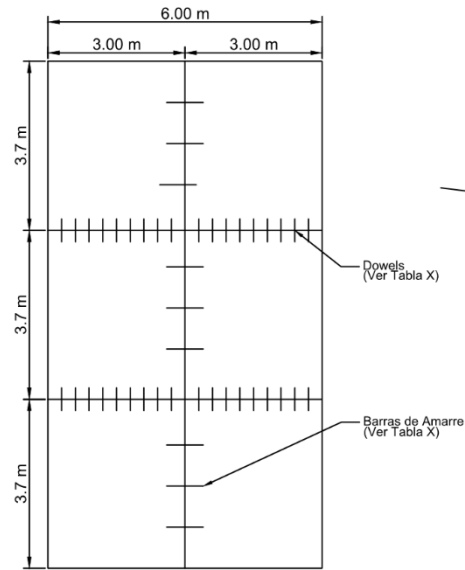
LAMINA

FECHA: NOV.2019

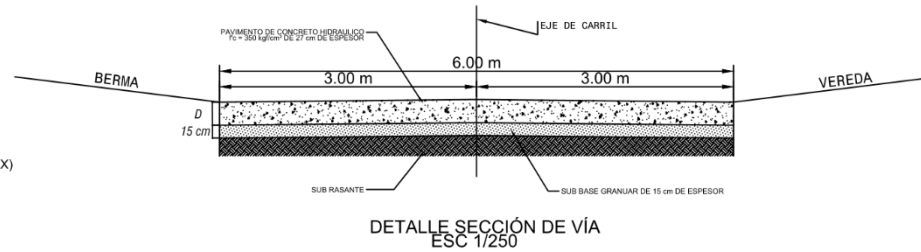
DISTRITO: YANAHUARA

ESC INDICADA

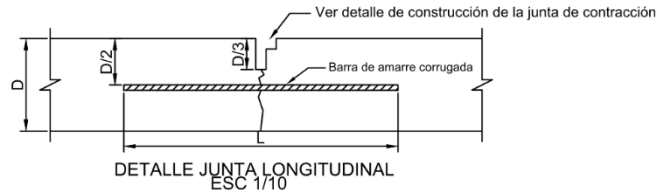
E2



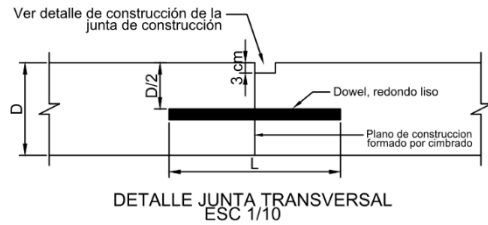
VISTA EN PLANTA LOSA DE PAVIMENTO TIPICA
ESC 1/50



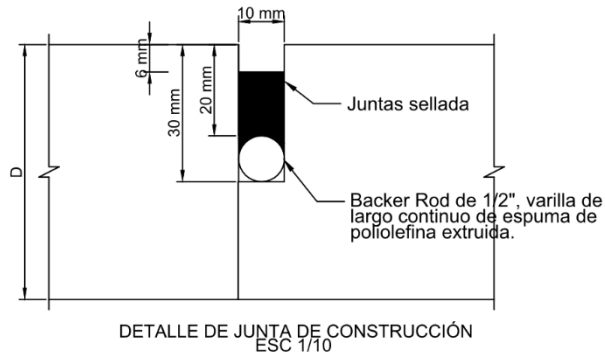
DETALLE SECCIÓN DE VÍA
ESC 1/250



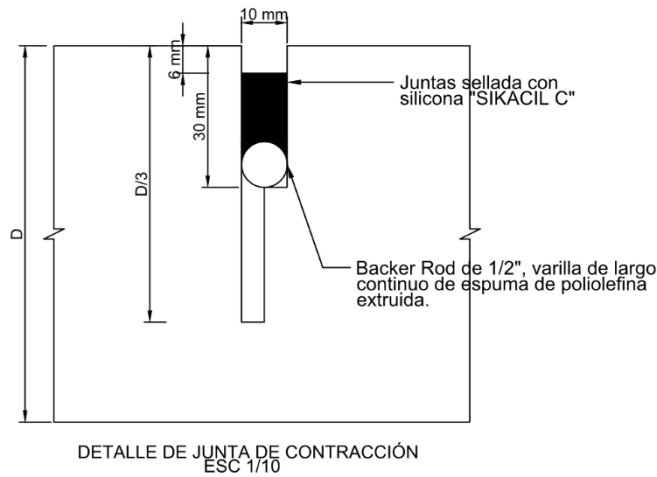
DETALLE JUNTA LONGITUDINAL
ESC 1/10



DETALLE JUNTA TRANSVERSAL
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCIÓN
ESC 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
 MODULO DE ROTURA C.C. $MFR = 4.52 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MIC-POL $MR = 4.85 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MAC-POL $MR = 5.28 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MET $MR = 5.71 \text{ MPa}$

CEMENTO YURA TIPO IP

*NOTA: REQUERIMIENTO DE CONCRETO VIAL $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

ACERO

ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO LISO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SUELOS

CLASIFICACION AASHTO A-2-4
 CBR SUB RASANTE 8.84%
 CBR SUB BASE GRANULAR 60.00%
 SUB BASE GRANULAR $e = 15 \text{ cm}$

CURADO

El curado del concreto en obra se llevara cabo mediante productos quimicos, los cuales deben estar certificados, garantizando el correcto curado de la superficie del pavimento.

En nuestro caso se usara "SikaCem® Curador".

TABLA X : DETALLE DOWELS Y BARRAS DE AMARRE

| Tipo de Concreto | Dowels | Barras de Amarre |
|------------------|---|---------------------------------|
| 350 CC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=89 cm @ 91 cm |
| 350 MIC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=86 cm @ 91 cm |
| 350 MAC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=84 cm @ 91 cm |
| 350 MET | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=82 cm @ 91 cm |

TABLA Y: MEDIDAS DETALLE DE JUNTAS

| Tipo de Concreto | D(cm) | D/2 (cm) | D/3 (cm) |
|------------------|-------|----------|----------|
| 350 CC | 29.00 | 14.50 | 9.67 |
| 350 MIC | 28.00 | 14.00 | 9.33 |
| 350 MAC | 27.00 | 13.50 | 9.00 |
| 350 MET | 26.00 | 13.00 | 8.67 |

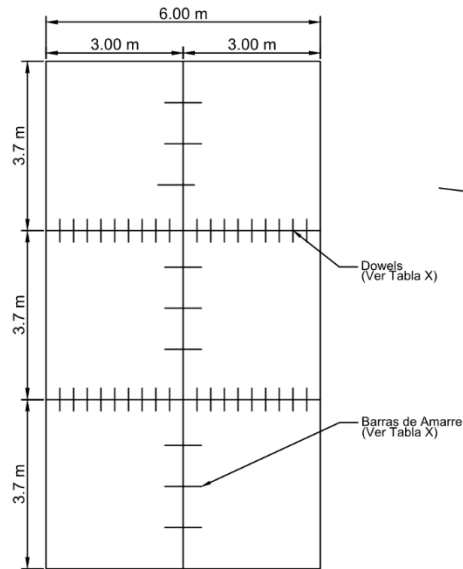


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

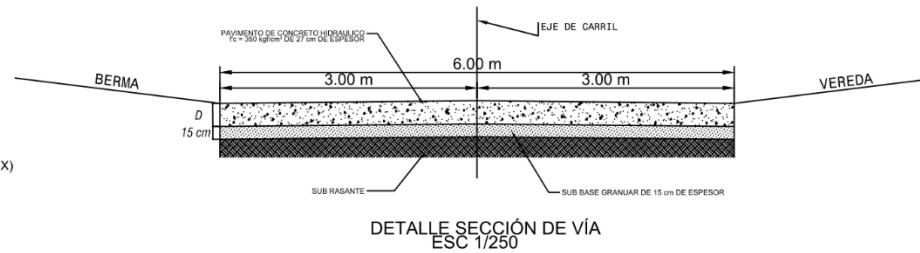
TESIS: "ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (TI) Y COMPRESIÓN (f_c) DE CONCRETO f_c = 280, 300, 350, 420 kgf/cm² PARA PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DIAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA"

TESISTAS:
 BACH. FLORES CURASI, YURELA VANESA
 BACH. MENDOZA HUARAYCHIRI, JUAN CARLOS

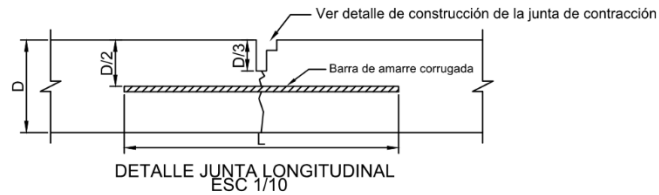
TITULO: DETALLES DE LOSA DE CONCRETO $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ LAMINA
 FECHA: NOV. 2019 DISTRITO: YANAHUARA ESC INDICADA **E3**



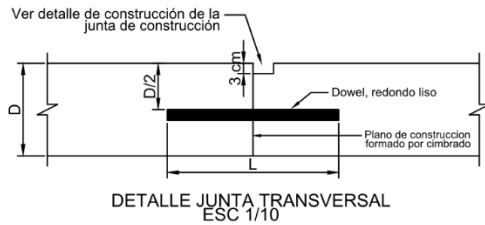
VISTA EN PLANTA LOSA DE PAVIMENTO TIPICA
ESC 1/50



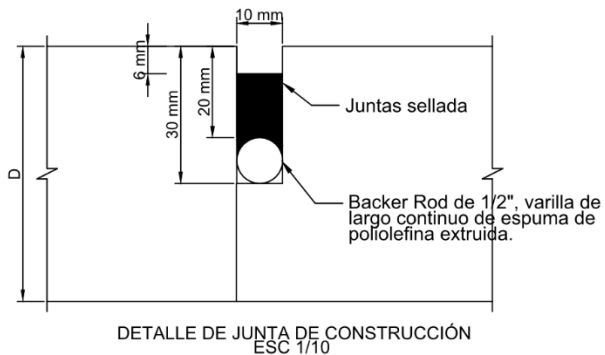
DETALLE SECCIÓN DE VÍA
ESC 1/250



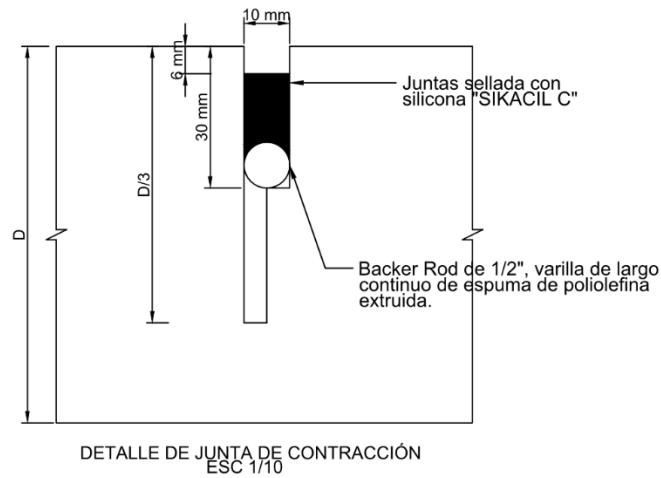
DETALLE JUNTA LONGITUDINAL
ESC 1/10



DETALLE JUNTA TRANSVERSAL
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN
ESC 1/10



DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCIÓN
ESC 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESION $f_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$
 MODULO DE ROTURA C.C. $MR = 5.69 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MIC-POL $MR = 6.15 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MAC-POL $MR = 6.43 \text{ MPa}$
 MODULO DE ROTURA MET $MR = 6.66 \text{ MPa}$

CEMENTO YURA TIPO IP

*NOTA: REQUERIMIENTO DE CONCRETO VIAL $f_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

ACERO

ACERO CORRUGADO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO LISO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SUELOS

CLASIFICACION AASHTO A-2-4
 CBR SUB RASANTE 8.84%
 CBR SUB BASE GRANULAR 60.00%
 SUB BASE GRANULAR $e = 15 \text{ cm}$

CURADO

El curado del concreto en obra se llevara cabo mediante productos quimicos, los cuales deben estar certificados, garantizando el correcto curado de la superficie del pavimento.

En nuestro caso se usara "SikaCem® Curador".

TABLA X : DETALLE DOWELS Y BARRAS DE AMARRE

| Tipo de Concreto | Dowels | Barras de Amarre |
|------------------|---|---------------------------------|
| 420 CC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=82 cm @ 91 cm |
| 420 MIC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=81 cm @ 91 cm |
| 420 MAC | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=81 cm @ 91 cm |
| 420 MET | $\phi = 1 \frac{1}{4}"$, L=46 cm @ 30 cm | $\phi = 5/8"$, L=79 cm @ 91 cm |

TABLA Y: MEDIDAS DETALLE DE JUNTAS

| Tipo de Concreto | D(cm) | D/2 (cm) | D/3 (cm) |
|------------------|-------|----------|----------|
| 350 CC | 26.00 | 13.00 | 8.67 |
| 350 MIC | 25.00 | 12.50 | 8.33 |
| 350 MAC | 25.00 | 12.50 | 8.33 |
| 350 MET | 24.00 | 12.00 | 8.00 |



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL MODULO DE ROTURA (MR) V.S. LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (TI) Y COMPRESIÓN (f_c) DE CONCRETO f_c = 280, 300, 350, 420 kgf/cm² PARA PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS METÁLICAS A LOS 7, 14 Y 28 DIAS DE EDAD EN LA AV. METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA"

TESISTAS:
 BACH. FLORES CURASI, YURELA VANESA
 BACH. MENDOZA HUARAYCHIRI, JUAN CARLOS

TITULO: DETALLES DE LOSA DE CONCRETO f_c = 420 kgf/cm²

LAMINA

FECHA: NOV.2019 DISTRITO: YANAHUARA ESC INDICADA

E4